

Methods of Determining Near Addition in Presbyopia Using the Accommodative Response

Sung-Jin Kim^a and Ki-Hong Kim^{b,*}

Dept. of Optometry, Daegu Catholic University, Professor, Kyongsan 38430, Korea

(Received: August 11, 2020; Revised: December 4, 2020; Accepted: December 14, 2020)

Purpose: The purpose of this study was to determine addition in presbyopia using the critical points in the range of the accommodative response (AR), which affects addition in the monocular. **Methods:** In order to determine the relationship between the AR and addition in the monocular, 190 patients (35.19±1.43 years, male 72 and female 58) with myopia and 60 patients (61.73±1.13 years, male 32 and female 28) with hyperopia were examined. The values of the AR points of the intraocular lens were obtained using a retinoscope instrument, with a 0.4 MEM Snellen single E card (BC11981 bernell) attached in front of the retinoscopes head (no 18235, Welchallyn, USA). **Results:** The AR_f in the myopia model had a positive (+) mediating effect between the AR_n and AMP, and a negative (-) mediating effect between AR_n and addition. AR_n had a positive (+) direct effect on AMP, and addition but AR_f did not. However, in the hyperopia model with the full corrective refractive powers (AR_f=0.00 D), the accommodation factors had a significant effect on each other in the positive (+) direction. **Conclusions:** If the critical point on the AR_n corresponds to extraocular stimulus of the near point is the C-P=1-AR_f (myopia: -1.00≤AR_f≤0.00 D, ±1.00≤AMP≤±3.00 D), the clinical equation of near addition in presbyopia is given by addition =AR_n-C.P.

Key words: Accommodative response, Addition, Presbyopia, Myopia, Hyperopia

서 론

국가통계포털 100대 지표(korean statistical information service, 2020)의 보고서에서, 우리나라는 65세 이상 노인 인구가 전체 인구의 15.7%이고 중위 연령대가 43.7세이며 기대수명은 남·여 평균 2008년 79.6세에서 2018년 82.7세로 약 9년간 3.1세의 증가폭을 보여 주고 있다.^[1]

2018년도 한국갤럽조사연구소에 의하면, 한국 성인의 스마트폰 사용률이 93%로 2016년부터 20~50대 층에서 남 87%, 여 68%를 넘었다. 스마트폰의 장기간 사용은 가시광선의 범위(380~770 nm)를 벗어나 단파장(459~485 nm) 에너지에 노출되어, 안와 내 생체렌즈에 흡수되지 아니하고 망막까지 도달한다.^[2]

Elaine Kitchel의 선행연구(2000)^[3]에 의하면, 시토크롬(cytochrome)은 철-포르피린을 가지는 헴단백질이고 생리적으로 산화되어 전자를 주는 역할을 하는 단백질로, 자외선에 가까운 블루광선인 단파장이 전자전달 촉매제인 시토크롬산화효소(cytochrome oxidase)의 망막 내에서 억제 작용을 하는데, 체내 효소가 제 역할을 못할 경우 망막신

경에 화학적 부상을 일으켜 세포를 파괴함으로써 황반주름과 나아가 황반변성이 발생한다는 보고가 있다. 이는 연령의 증가에 따른 근거리 가입도의 처방이 근점 조절반응 범위 내에서 가입도 임계점을 기준으로 처방이 되어야 함에도 불구하고 그렇지 못하고 문진에 의한 경우 황반부 중심외에 완전교정에 의하여 화학적 부상의 가능성이 있다.

국민건강보험공단(national health insurance service, 2018)의 보고서에서, 22대 분류별 급여현황 대상자 47,928,961명 중에서, 안와 부속기 질환(code: H00-H59)의 진료환자가 14,821,744명으로 30.93%를 차지하는 등 진료 회전이 높은 것은 향후 안와 내 구조물(orbital contents) 관련 질환 의료비 증가로 노안관련 검안시장은 향후 저비용의 차별화된 블루오션 시장으로 예상된다.^[4] 이와 관련하여 예방의학 차원에서 국내 인구대비 안경 및 콘택트 착용률 보고서에 의하면, 안경 착용 인구가 2015년부터 전체 인구의 54.6%로 과반수를 넘을 뿐만 아니라, 노인인구와 중위 연령대의 증가는 조절반응범위 변화와 잠복원시(latent hyperopia)의 발생으로 중거리 피로 증상과 근거리의 가입도의 증가로 이어진다.^[5] 가입도 처방에 있어서 피 검사자

*Corresponding author: Ki Hong Kim, TEL: +82-53-850-2551, E-mail: kkh2337@cu.ac.kr

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0000-0002-1647-6412, ^bhttps://orcid.org/0000-0003-0876-6169

들의 문진에 의존한 자각적 굴절처방에는 한계가 있다. 40대 중·후반이후 연령에 증가에 따른 조절지연의 현저한 증가에 의한 조절반응범위의 변화에도 불구하고 안와 외 근점 자극에 대한 조절반응에서 가입도를 구하는 임계점의 기준이 없어, 피 검사자의 자의적 판단으로 과잉처방으로 단과장이 자외선이 망막의 황반부 중심외에 완전교정이 될 경우 장기간의 IT기기의 사용으로 인하여 망막 중심외에 단과장에 지속적으로 노출될 수 있다.⁶⁾ 따라서 검영기를 이용하여 안와 외 자극점에 대응하는 안와 내 조절반응범위의 변화량을 확인하여 근시 및 원시안을 구성하는 변수간의 영향관계를 파악하고, 이를 근거로 가입도 산출을 위한 임계점을 밝혀 임상에 효율적으로 적용할 수 있는 노안 근용가입도 산출식을 구하는 데 있다.

대상 및 방법

1. 대상

2020년 1월에서 5월까지 약 5개월 동안, 경기도 양주시에 거주하는 주민을 대상으로 사전에 충분한 설명과 함께 동의를 받아 신체의 변화를 초래하지 않는 비 접촉방식의 측정장비(retinoscope, no 18235, welchallyn, USA)로 근거리 가입도 임계점을 구하기 위하여 검영법을 실시하였다.

연구대상자는 단안 맹이거나, 각막 절삭술 환자, 백내장 환자, 순환기 내과 질환인 당뇨나 고혈압 그리고 가성근시자(pseudomyopia) 등 통계적 오류를 일으키는 대상자는 제외하였다. 그리고 중심외 반사(foveal reflex)가 좋은 대상자 중 근시자 130명(남 72명, 여 58명)과 원시자 60명(남 32명, 여 28명)으로 잠복원시자(latent hyperopia)를 포함해서 총 190명을 선정하였다. 그리고 검사 대상자 중 결측치는 없으며 인구통계학적 빈도분석 결과는 다음과 같다.

Table 1. Frequency analysis of participant demographics

Model	Age	Frequency	Percent (%)	Cumulative percent (%)
Myopia (35.19±1.43 year)	10~19	22	16.90	16.90
	20~29	38	29.20	46.20
	30~39	14	10.80	56.90
	40~49	24	18.50	75.40
	50~59	24	18.50	93.80
	60~69	8	6.20	100.00
	Sub Total		130	100.00
Hyperopia (61.73±1.13 year)	40~49	4	6.70	6.70
	50~59	17	28.30	35.00
	60~69	39	65.00	100.00
	Sub Total		60	100.00

Myopia: Skewness 0.22±0.21, Kurtosis -1.98±0.42

Hyperopia: Skewness 0.14±0.31, Kurtosis -2.05±0.61

근시자 평균은 35.19±1.43세이고 중위수(median)는 33세이며, 남성과 여성은 각각 55.4%, 44.6%이다. 그리고 연령별 분포를 보면 29.20%(20~29세)>18.50%(40~49세)=18.50%(50~59세)>16.90%(10~19세)>10.80%(30~39세)>6.20%(60~69세) 순이다.

노안 근용가입도 산출을 위한 모형이므로 40대 미만의 선천성 원시자(congenital hyperopia)를 제외한 연령 증가에 따른 40대 이상 원시자의 평균은 61.73±1.13세, 중위수는 62세이고 남성과 여성은 각각 53.30%, 46.70%이며, 연령대는 65.00%(60~69세)>28.30%(50~59세)>6.70%(40~49세) 순이다. 각 연령에 따른 인구통계학적 분포에서 근시는 왜도(skewness) 0.22±0.21, 첨도(kurtosis) -1.98±0.42이며, 원시는 왜도 0.14±0.31, 첨도 -2.05±0.61이다. 왜도는 근시 및 원시 모두 절대치 ±3.00 이상과 첨도가 8~20 사이 값이 아니므로 정규성 분포를 이루고 있다(Table 1).

2. 연구모형 및 과제

매개변수인 원점 조절반응(ΔAR_i)을 중심으로, 조절반응진폭(ΔAMP)을 독립변수로 놓고, 근점 조절반응(ΔAR_n)과 가입도(ΔADD) 변수를 종속변수로 하여 다음과 같은 연구과제를 선정하였다.

H₁. 독립변수인 근점 조절반응(AR_n)과 종속변수인 조절반응진폭(AMP)과 가입도(ADD) 사이에 원점 조절반응(AR_i)의 매개효과 검정과 노안 근용가입도 산출을 위한 임계점의 유의성 해석.

H₂. 조절반응(AR_i)을 매개효과로 하여 근점 조절반응(AR_n)과 종속변수인 조절반응진폭(AMP) 그리고 가입도(ADD) 사이에 영향관계와 가입도 임계점을 이용한 노안 근용가입도 산출식의 유의성 해석.

3. 측정장비

본 연구는 안와 내 가입도에 영향을 미치는 변수들의 정량적 크기를 정의하기 위해서 검영기를 사용하여 MEM (monocular estimate method) 검사법을 이용하여 조절인자에 관련된 측정 변수값을 구하기 위해서 스넬린(snellen chart) E 단일문자와 결합된 검영기(no. 18235, welchallyn, USA)와 5단 판부렌즈(tmi-3, hata's retinoscope lens set 5 bar, Japan)의 굴절검사 기기를 이용하였다.¹⁷⁾ 그리고 고정 자극점(stimulus point)은 근거리 0.33 m 및 원거리 3 m 시표를 사용하였고, 검사실의 조도는 50 lx 및 원거리 시표는 200 lx를 사용하였다.

4. 변수의 정의 및 방법

단안의 각막을 정점을 기준으로 각막 외부의 원점에서부터 근점까지 자극에 대응하는 안와 내 반응의 범위는 시축의 절대좌표와 이를 응용한 보조좌표를 이용하였다. 시축의 절대좌표에서 망막을 기준으로 후면은 근점에 대한 조절반응은 + Diopter로 표시 하였고, 망막의 전면은

원점에 대한 조절반응으로 - Diopter로 표시 하였다. 그리고 Fig. 2와 같이 시축의 좌표에서 조절반응범위를 구하기 위해서 안와 외 근점 자극에 대한 안와 내 조절반응점(AR_n)은 시축에서 하측의 절대좌표(AR_n Axis)를 사용하였고, 안와 외 원점 자극에 대한 안와 내 조절반응점(AR_r)의 좌표는 시축에서 상측의 보조좌표(AR_r Axis)를 사용하였다. 그리고 절대좌표와 보조좌표의 차가 항상 ±3.00 D의 차이는 검영기 버전스 값이 항상 0.33 m을 기준으로 하였기 때문이다.

Fig. 1에서 각각 연구모형을 구성하는 변수는, 근시모형에서 단안의 자극에 대응하는 동공반사(pupil reflection)를 이용한 조절반응진폭(AMP), 근점 조절반응(AR_n), 원점 조절반응(AR_r) 그리고 근점 조절반응 내 임계점(critical point)을 기준으로 측정된 가입도(ADD)를 포함해서 4개의 조절인자로 구성하였다. Sarah Hinkley의 18세 미만의 미성년자를 대상자의 조절지연에 관련된 보고서에서 정시를 포함한 굴절이상 안의 대부분 +0.50~+0.75 D의 조절지체(stimulus: 0.40 m)가 있어, 이것은 양(+) 아닌 음(-)의 조절

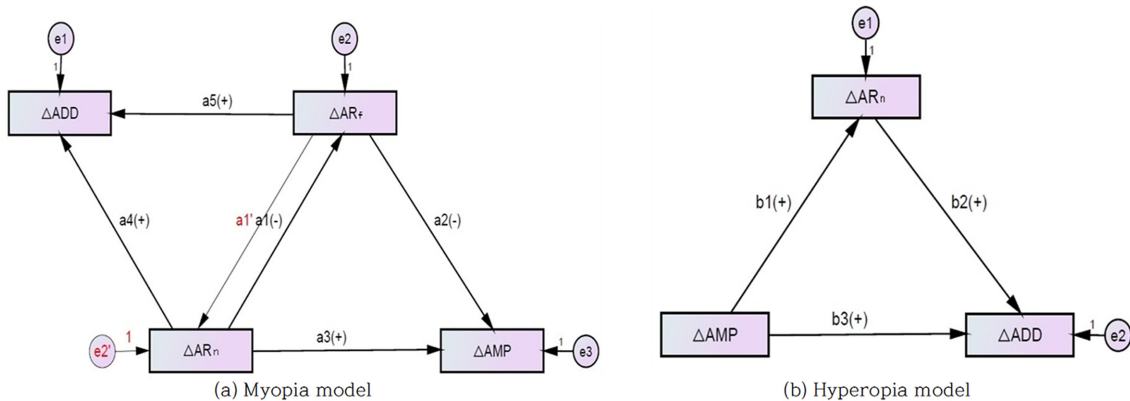


Fig. 1. Myopia model and hyperopia model.

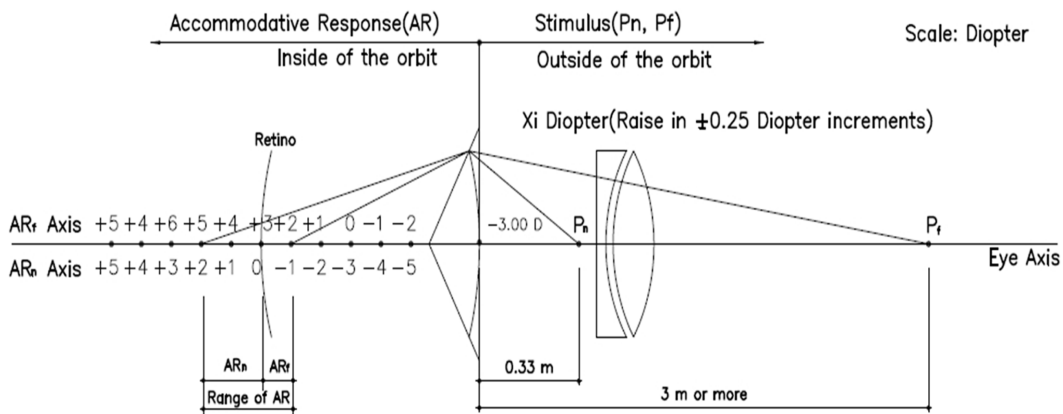


Fig. 2. Techniques methods to find points accommodative response of the par point, accommodative response of the near point accommodative and the range of accommodative response corresponding from the far point in space to the near point corresponding to external stimulus in the monocular.

지체로 이해되어야 하며 원점 조절반응(-)과 무관하지 않다.^[18] 연령의 증가에 따른 원시모형에서 망막에 완전교정을 할 경우, 원점 조절반응(-)의 폭은 거의 소멸에 가깝게 작아지는 데 비하여, 근거리 시력에 대한 조절지체는 증가에도 불구하고 근점 조절반응(+의 증가로 인하여 원점 조절반응을 제외한 나머지 3개의 조절인자(조절반응진폭, 근점 조절반응, 가입도)로 모형을 구성하였고 조절인자들의 정의와 측정방법은 다음과 같다.

단안의 조절반응점 간의 범위(the range of accommodative response corresponding from the far point in space to the near point: AMP)는 동적 검영법을 이용한 것으로 안와 내 시축에서 단안의 조절휴지상태(3.00 m 이상)에 대응하는 원점 조절반응점(AR_f)에서 근점(0.33 m)에 대응하는 안와 내 근점 조절반응점(AR_n)까지 범위의 합(\pm)을 의미하며 단안 시력교정의 기준이 된다. 각막 정점을 기준으로 안경 교정 후 자극에 대응하는 안와 내 조절반응의 범위가 단안마다 동일하거나 그렇지 않기 때문에 ‘단안 조절반응의 고유진폭(natural amplitude)’으로 해석되어 단안의 외부 자극(0.33~3.00 m)에 대한 안와 내 조절반응점 사이의 범위($AR_f \sim AR_n$)를 조절반응진폭(AMP)이라 정의하였다.

조절반응진폭은 단안 내 조절의 특성을 잘 설명해 주며, 연령의 증가 및 안와 내 구조물의 변화에 따른 보상적 변화 등 여러 가지 원인으로 동일하지 않은 경우가 근시모

형(N=130)에서 42.30%, 원시모형(N=60)에서 30.00%의 비율을 보였다. 교정하지 않은 나안상태에서 단안의 조절반응진폭을 구하는 임상식은 ‘AMP=(3-원거리굴절도)+근거리굴절도’의 실험식을 이용하여 조절반응점 사이의 범위(AMP)를 구했다(Table 3, 5).^[18]

원거리 자극에 대응하는 조절반응(accommodative response corresponding to the far point: AR_f)은 근점 조절반응(AR_n)과 조절반응진폭(AMP)의 차($AR_f=AR_n-AMP$)로서 잔류굴절오차(the residual refractive error)를 의미한다.^[9] 그리고 조절폭주를 동반하지 않는 원점 거리에 대한 반응값(-)을 말하며 근시진행과는 상관관계가 유의하지 않다는 보고가 있다.^[10] 측정 방법은 단안의 나안 상태에서 3.00 m 이상(조절휴지상태)의 안와 외 원점 자극에 대응하는 굴절교정 전의 원점 조절반응점(blur point)이며, 단안의 조절반응진폭의 조건에 따른 ± 0.25 D 단계로 가감하여 원방시 교정후의 원점 조절반응점(AR_f)을 기준으로 하였다. 근점 조절반응은 황반부 중심위를 시축상의 절대좌표의 0.00을 기준으로 한다면, 원점 조절반응점은 안와 외 자극을 -3.00 D (1/0.33 m)을 원인으로 하여 절대좌표를 응용하여 ± 3.00 D 차이를 보이는 보조좌표(원점: 절대좌표의 -3.00 D 지점)를 이용하였다. 한편 연령이 증가에 의한 원시안은 원점 조절반응량(-)이 존재하지 않다고 가정하고 완전교정을 하기 때문에 부(-)의 영향관계에 있는 근점 조절반응량(+이 증

Table 2. Comparison analysis of the model fit of myopia and hyperopia models

Model	Model Fit						
	CMIN	DF	p	CMIN/DF	RMR	GFI	CFI
Myopia (N=130)	4.63	1	0.031	4.63	0.00	0.98	0.99
Hyperopia (N=60)	0.00	0	-	-	0.00	1.00	1.00

The absolute fit indices: A model fit indicates how well the default model reflects the input data. CMIN, CMIN/DF, GFI, and RMR are the fit indices.

The incremental fit indices (comparative indices): Evaluation of whether the suitability of the default model fit is higher than that of the null model (independence model) fit. CFI and NFI are the fit indices.

Conformity index acceptance conditions: CMIN ($\chi^2 < 3.84$), CMIN/DF (< 3.00), RMR (root mean square residual < 0.05), GFI (goodness of fit index < 0.90), and CFI (comparative fit index < 0.90).

Table 3. Parameter evaluation of the main variables scale: Diopter

Model	Mean Age	Monocular	AMP	AR_f	AR_n
Myopia (N=130)	35.19±1.43	OD	±2.80±0.04	-0.84±0.02	1.95±0.02
		OS	±2.77±0.03	-0.83±0.02	1.94±0.02
		OU	±2.78±0.03	-0.84±0.02	1.95±0.02
Hyperopia (N=60)	61.73±1.13	OD	±3.05±0.04	-0.01±0.05	2.90±0.05
		OS	±2.91±0.05	-0.02±0.01	3.03±0.05
		OU	±2.98±0.03	-0.02±0.03	2.97±0.03

AMP: the range of accommodative response corresponding from the far point (3.00 m of more) in space to the near point (0.33 m)

AR_n : point in accommodative response corresponding to the near point

AR_f : point in accommodative response corresponding to the far point

OD: oculus dexter, OS: oculus sinister, OU: oculus uterque

가하여 조절지체의 원인이 된다. 따라서 본 연구에서 연령의 증가에 따른 원시모형에서 근거리에 대한 근점 조절지체(+)가 증가하고 반대로 원거리에 대한 원점 조절지체(-)는 감소한 것으로 보고, 황반부 중심외에 완전교정한 값을 기준으로 하였다(Fig. 2).^[11]

근거리 자극에 대응하는 조절반응(accommodative response corresponding to the near point: AR_n)은 망막 황반부 중심외를 기준점으로 한 절대좌표에서 근점거리(0.33 m)에 대응하는 검영기의 반사점(break point)을 구한 값이다.^[12] 측정 방법은 원점 조절반응을 -1.00 D 기준으로 원거리 시력교정 후 단안의 조절반응진폭의 특성에 따른 ± 0.25 D 가감하여 추가적인 굴절교정 후, 시축 망막 후면부 반응범위를 근점 조절반응으로 하였다. 그리고 연령의 증가에 따른 조절반응 변동(fluctuations of the accommodative response)이 점차적으로 감소함에 따라 + 굴절 가입도는 증가를 하여 시축의 망막에서 조절반응의 굴절도는 커진다.^[13] 원거리 시력 굴절교정상태에서 검영기의 MEM 검사에서 근점 자극에 대한 반응으로 시축에서 망막을 경계로 하여 절대좌표의 후면부(+)의 한 지점에 해당되며 교정 후 항상 양(+)의 값을 가진다. 그리고 원점조절반응(AR_p)과 구분하기 위해서 'AR_n'로 표시 하였다.

가입도(addition)는 단안에서 외부자극(0.33m)에 대한 '근점 조절반응-근점 조절반응 내 임계점'을 처방 후 문진에 의해서 확인하였다.^[14] 임상결과에 의하면 근시모형에서는 연령의 증가에 따른 원점 조절반응의 연령별 평균 변화는 유의하지 않았고, 조절반응진폭의 변화에 따른 근점 조절반응 내 임계점(critical point)의 변화의 원인이 되어 가입도가 증가되었다(Table 4). 완전교정한 원시안에서는 비교적 일정한 기준 임계값(+1.00 D)을 가지며, 잠복원시안은 잠복원시의 편차만큼 가입도가 증가 될 수 있다는 점에 주의해야 한다(Fig. 1).

5. 분석방법

조절반응진폭이 3.25 D를 넘는 경우 근점 조절반응의 차이를 확인하기 위해서 추가 교정을 하지 않은 조건의 근시모형은 ΔAMP , ΔAR_p , ΔAR_n 그리고 ΔADD 를 포함한 4개의 변수를 이용하였고, 근점 조절반응의 차이를 확인하기 위해서 잠복원시를 교정하지 않은 조건에서 원시모형은 원점 조절반응을 제외한 ΔAMP , ΔAR_n 그리고 ΔADD 를 포함한 3개의 변수를 이용하여 SPSS(statistical package for social sciences, ver. 21)에서 단안별로 각각 원시 데이터로 코딩하였다. 그리고 양안의 특성을 적용하기 위해, 양안의 조절반응 중에서 $\pm 2.75 \sim \pm 3.00$ D에 근접한 단안을 기준안(dominant eye)으로 하고, 양안의 보상적 변화의 특성을 반영하기 위해서 편차(dominant value-recessive value)

를 이용하였다.

조절반응진폭의 편차를 ΔAMP , 근점 조절반응의 편차를 ΔAR_n , 원점 조절반응의 편차를 ΔAR_p 그리고 가입도의 편차를 ΔADD (이하 조절반응진폭, 근점 조절반응, 원점 조절반응, 가입도라 한다)로 하여 양안의 특성을 잘 나타내도록 하였다. 그리고 안와 내 조절과 관련된 변수 간의 연관성이 높은 관계로 다중공선성(multicollinearity)을 방지하기 위해 평균 중심화(mean centering)를 하였다.

AMOS(analysis of moment structure, ver. 21)을 이용하여 다변량 구조방정식 모형(multivariate structure equation modeling)으로 각 모형적합도(model fit)를 확인하였고, 변수 간의 상대효과를 파악하기 위해서 제약($a_n=b_n$) 및 비제약모형($a_n \neq b_n$)을 이용하여 상대적 효과를 검정하였다. 그리고 각 모형의 직접효과(direct effects)는 변수 간의 영향관계 및 간접효과(indirect effects)는 원점 조절반응의 매개효과 그리고 총효과(total effects)의 영향관계를 확인하여 가입도 기준인 근점 조절반응 내 임계점을 기준으로 노안 근용가입도 산출식을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 연구모형의 적합도 평가

Fig. 1 Myopia model과 Fig. 2 Hyperopia model을 연구모형으로 하여 AMOS의 지수를 확인하여 데이터가 연구모형을 잘 반영하는지 모델적합도(model fit) 평가를 하였다.

근시안의 경우, 매개변수인 원점 조절반응을 포함하여 총 4개의 변수로 구성된 연구모형(default model)에서 연구모형이 입력자료를 설명하는 정도의 절대 적합도를 살펴보면, 모형이 귀무가설이 아닌 연구가설($p=0.031 < 0.05$)이며, 표준카이제곱(normed chi-square: $CMIN/DF$)이 $4.63 > 3.84$ 로 낮지만, RMR(root mean square residual)지수는 $0.00 < 0.05$, GFI(goodness of fit index)지수는 $0.98 > 0.90$ 로 데이터가 모형을 잘 설명을 하고 있다. 그리고 연구모형이 null 모형대비 적합도를 나타내는 대표적인 지수인 충분적합도 CFI(comparative fit index) 지수는 $0.99 > 0.90$ 로 수용 가능한 적합지수를 보인다. 이와 달리 완전교정된 원시안의 경우 근점 조절반응을 매개변수로 총 3개의 변수로 구성된 모형으로 적합도를 살펴보면, 자유도(Df) 및 $CMIN(\chi^2)$ 이 0으로, 모델적합도가 필요가 없고 변수 간의 영향관계만 확인하는 포화모형(saturated model)이다(Table 2).

2. 주요 변수의 모수평가

연령증가에 따른 안와 내 구조물의 변화는 10대에서 가장 적고, 10~20대까지 안와 골격이 성장을 하여 40~50대에서 높게 측정이 되었다.^[15] 그리고 정시안에서 연령에

따른 안수치의 변화의 보고서에서 안축장의 변화에 따른 각막곡률반경, 유리체 깊이 그리고 안축장은 평균 25세를 기점으로 감소양상을 보이면서 유의한 보상적 변화를 보였다.^[16] 또한 굴절도에 따른 안축장과 전방깊이의 상관관계에서 정시안의 평균 안축장은 23.94 mm이고 평균 전방깊이는 평균 3.08 mm인데 비해 -3.00 D 이상 굴절도에서 -1.00 D 증가시 안축장은 0.29 mm, 전방깊이는 0.08 mm 유의하게 증가하였다.^[17]

연령의 증가로 안축장의 변화를 원인으로 하는 굴절변화에 대응한 보상적 변화로 외부 자극에 대응하는 단안의 고유한 조절반응진폭의 범위(이하 조절반응진폭이라 한다)를 가진다. 근시 및 원시모형에서 40대까지는 연령의 증가에 따른 조절반응진폭에서 유의한 변화가 없었고, 50대 전·후에서 근점 조절반응에서 유의한 변화를 보인 것은 조절지체가 근점 조절반응이 원인인 것으로 보인다(Table 4).

50대 전·후 근시안에서 피로도 증가하고, 정시안의 경우 원시안으로 진행을 하여 가입도가 필요하다. 따라서 조절반응의 변화를 원인으로 하여 모델적합도가 상이하하여 근시 및 원시모형으로 별도 분리하여 조절변수의 모수 평가할 필요성이 있다.

근점의 자극(0.33 m)에 대응하는 안와 내 망막 후면부의 시축상 절대좌표의 반응값으로 가입도에 직접적인 영향을 미치는 근거리 자극에 대한 조절반응(AR_n)은 연령의 증가에 따른 원점 조절반응과 부(-)의 영향관계를 가지며, 이 두 반응의 범위의 합인 단안 조절반응진폭의 양안 오차범위에 따라 정상에 해당하는 I군($\pm 0.00 \sim \pm 0.25$ D)과 양안시가 필요로 하는 II군($\pm 0.5 \sim \pm 0.75$ D) 그리고 시기능 운동이 필요한 III군(± 1.00 D 이상)으로 구분하였고, I군은 57.70%, II군은 33.80% 그리고 III군은 8.50%의 차이를 보였다. 양

안이 동일하지 않은 경우는 모집단의 조절지연 보고서(stimulus: 40 cm, Nott Retinoscopy)에서 근시 및 정시에서도 대부분 +0.50~+0.75 D의 조절지연이 있다는 것은, 원점 조절반응이 정상 범위 내 조절지연(-)과 상관관계가 있다는 것으로 이해된다(Table 5).^[18]

근시모형에서 우안의 평균 조절반응진폭(AMP)은 $\pm 2.80 \pm 0.04$ D, 좌안은 $\pm 2.77 \pm 0.03$ D, 중위수(median)와 최빈값(mode)은 ± 3.00 D로 동일하다. 양안 조절반응진폭의 범위는 $\pm 2.13 \sim \pm 3.38$ D로, 평균은 $\pm 2.78 \pm 0.03$ D이며 중위수는 ± 2.75 D이고 최빈값은 ± 3.00 D이다. 따라서 근시안에서 좌안과 우안의 평균차는 $+0.03 \pm 0.00$ D로 근사치며, 중위수와 최빈값은 차이가 없다.

근점 조절반응(AR_n)의 우안 평균값은 1.95 ± 0.02 D, 좌안은 1.94 ± 0.02 D이고, 중위수와 최빈값은 2.00 D로 동일하다. 그리고 양안 조절력의 최소~최대값 범위는 $+1.50 \sim +2.50$ D로 평균 ' 1.95 ± 0.02 D'이다.

굴절에 영향을 미치는 조절인자들 사이의 매개변수이자 판별타당도에 영향을 미치는 원거리 자극에 대한 조절반응(AR_f)은 Fig. 2의 절대좌표를 기준으로 항상 음(-)의 값으로 우안의 평균값은 -0.84 ± 0.02 D, 좌안은 -0.83 ± 0.02 D이며, 중위수와 최빈값은 -1.00 D로 동일하다. 그리고 양안의 원점 조절반응점의 범위는 $-0.25 \sim -1.25$ D이고, 평균 -0.84 ± 0.02 D이며, 중위수는 -0.88 D 그리고 최빈값은 -1.00 D이다.

조절변수의 모수 평가에서 특이한 것은 양안의 원점 조절반응의 중위수와 최빈값이 -1.00 D일 때, 안와 내 조절반응진폭의 중위수가 ± 2.75 D이고 최빈값은 ± 3.00 D이다. 근점 조절반응의 중위수와 최빈값이 2.00 D이라는 것은, 안경 굴절검사에 있어서 근시안의 최적시력의 교정 후 근

Table 4. Analysis of the mean accommodative response in the myopia and hyperopia models as a function of age scale: Diopter

Model	Age	Mean (OD)			Mean (OS)		
		AMP	AR_f	AR_n	AMP	AR_f	AR_n
Myopia (N=130)	10~19	$\pm 2.74 \pm 0.07$	-0.89 ± 0.04	1.85 ± 0.04	$\pm 2.83 \pm 0.07$	-0.90 ± 0.04	1.93 ± 0.05
	20~29	$\pm 2.70 \pm 0.07$	-0.84 ± 0.04	1.86 ± 0.04	$\pm 2.81 \pm 0.06$	-0.90 ± 0.04	1.91 ± 0.04
	30~39	$\pm 2.59 \pm 0.11$	-0.71 ± 0.07	1.88 ± 0.08	$\pm 2.63 \pm 0.10$	-0.75 ± 0.06	1.88 ± 0.06
	40~49	$\pm 2.94 \pm 0.09$	-0.91 ± 0.03	2.03 ± 0.07	$\pm 2.69 \pm 0.08$	-0.77 ± 0.06	1.92 ± 0.06
	50~59	$\pm 2.93 \pm 0.07$	-0.82 ± 0.05	2.11 ± 0.05	$\pm 2.81 \pm 0.06$	-0.80 ± 0.05	2.01 ± 0.06
	60~69	$\pm 3.07 \pm 0.07$	-0.93 ± 0.07	2.14 ± 0.09	$\pm 2.93 \pm 0.09$	-0.82 ± 0.09	2.11 ± 0.07
Hyperopia (N=60)	40~49	$\pm 2.69 \pm 0.16$	-0.00 ± 0.00	2.69 ± 0.16	$\pm 2.81 \pm 0.06$	-0.00 ± 0.00	2.91 ± 0.06
	50~59	$\pm 3.02 \pm 0.06$	-0.02 ± 0.02	2.94 ± 0.09	$\pm 2.90 \pm 0.05$	-0.03 ± 0.02	2.87 ± 0.05
	60~69	$\pm 3.10 \pm 0.05$	-0.01 ± 0.01	3.10 ± 0.05	$\pm 2.93 \pm 0.07$	-0.01 ± 0.01	2.92 ± 0.07

AMP: the range of accommodative response corresponding from the far point (3.00 m or more) in space to the near point (0.33 m)

AR_n : point in the accommodative response corresponding to the near point

AR_f : point in the accommodative response corresponding to the far point

OD: oculus dexter, OS: oculus sinister, OU: oculus uterque

Table 5. Analysis of the mean difference in monocular Δ AMP between the two models

Model	Group by Δ AMP	Frequency	Percent (%)	Cumulative percent (%)
Myopia (N=130)	I ($\pm 0.00 \sim \pm 0.25$ D)	75	57.70	57.70
	II ($\pm 0.50 \sim \pm 0.75$ D)	44	33.80	91.50
	III ($\pm 1.00 \sim \pm 2.00$ D)	11	8.50	100
Hyperopia (N=60)	I ($\pm 0.00 \sim \pm 0.25$ D)	42	70.00	70.00
	II ($\pm 0.50 \sim \pm 0.75$ D)	12	20.00	90.00
	III ($\pm 0.00 \sim \pm 2.00$ D)	6	10.00	100

AMP: the range of accommodative response corresponding from the far point (3.00 m of more) in space to the near point (0.33 m)
 AMP on the dominant monocular: $\pm 2.75 \sim 3.00$ D
 Δ AMP=AMP of the dominant monocular - AMP of the recessive monocular

점 조절반응점 2.00 D는 가입도 검사에 기준점(critical point)이라는 것을 의미한다.

한편, 원시모형 조절반응진폭(AMP)의 경우 우안의 평균값은 $\pm 3.05 \pm 0.04$ D, 좌안은 $\pm 2.91 \pm 0.05$ D이고, 양안 조절반응진폭의 범위는 $\pm 2.50 \sim \pm 3.88$ D로 평균 $\pm 2.98 \pm 0.03$ D이며, 중위수 및 최빈값이 3.00 D이다.

원시모형에서 근거리 자극에 대한 평균 조절반응(AR_n)의 경우 우안은 2.90 ± 0.05 D, 좌안은 3.03 ± 0.05 D이고, 양안에서 조절진폭의 범위는 $\pm 2.38 \sim \pm 3.88$ D에서 평균 $\pm 2.97 \pm 0.03$ D로 중위수 및 최빈값이 3.00 D이다.

조절반응진폭과 근점 조절반응 사이의 매개역할을 하는 원거리 자극에 대한 조절반응(AR_f)의 경우, 우안의 평균값은 -0.01 ± 0.05 D이며, 좌안은 -0.02 ± 0.01 D이다. 그리고 양안의 평균은 -0.01 ± 0.06 D로 유의하지 않았고, 안와 내 조절반응진폭의 평균값과 근거리 자극에 대한 조절반응의 평균값이 유사한 것은 연령에 증가에 따라 근시안을 제외한 정시나 원시에서 정상범위의 조절지연은 소멸하고 근거리에 관련된 조절지연은 증가하기 때문인 것으로 판단된다(Table 3).

3. 변수들 간의 직접효과와 다중상관제곱

Table 6은 변수 간의 직접효과(direct effect)를 나타낸 값이며, Table 7의 다중상관제곱값(squared multiple correlations: SMC)은 독립변수가 종속변수를 설명하는 정도(R^2)를 나타내며, 근시모형에서 원점 조절반응(AR_f)의 다중상관제곱값은 변수 간의 판별성(discriminant validity)을 높여 모델적합도(model fit)를 높이는 원인이 된다.

근시모형에서 매개역할을 하는 원점 조절반응(AR_f)을 포함해서 근점 조절반응(AR_n), 조절반응진폭(AMP) 그리고 가입도(ADD)의 영향관계를 보면, 경로 $a1(\Delta AR_f \leftarrow \Delta AR_n)$ 와 $a2(\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_f)$ 는 부(-)의 영향 관계에 있고, 나머지 변수 간의 관계는 정(+)의 영향 관계에 있다(Fig. 1).

경로 간 영향관계(direct effect)를 살펴보면, AR_f 를 매개변수로 한 경로 $a1(-)$, $a2(-)$, $a3(+)$ 에서 매개변수인 AR_f 와 독립변수인 AR_n 는 부(-)의 영향관계로 $\pm 2.75 D \leq AMP \leq \pm 3.00 D$ 의 경우 AR_n 반응량은 유의한 변화가 없었고, $\pm 1.00 D \leq AMP \leq \pm 2.50 D$ 의 조건에서 원방시 굴절교정을 위해 - Diopter를 증가한 경우 안와 내 조절인자의 보상적 변화로 안와 내 시축에서 망막을 기준으로 AR_f 반응점(-)

Table 6. Regression weights in the myopia and hyperopia models: direct effects

Model	Variable	Un Std				Std	
		Est	SE	CR	p	Est	Label
Myopia (N=130)	$\Delta AR_f \leftarrow \Delta AR_n$	-0.18	0.07	-2.70	0.007	-0.23	a1
	$\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_n$	1.31	0.04	37.15	***	0.79	a3
	$\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_f$	-0.86	0.05	-19.29	***	-0.41	a2
	$\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n$	0.78	0.06	13.83	***	0.69	a4
	$\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_f$	0.93	0.07	13.10	***	0.65	a5
Hyperopia (N=60)	$\Delta AR_n \leftarrow \Delta AMP$	0.95	0.03	35.04	***	0.98	b1
	$\Delta ADD \leftarrow \Delta AMP$	0.42	0.11	3.70	***	0.42	b3
	$\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n$	0.58	0.12	4.96	***	0.57	b2

Δ AMP = AMP of the dominant monocular - AMP of the recessive monocular
 ΔAR_n = AR_n of the dominant monocular - the accommodative response of the recessive monocular
 ΔAR_f = AR_f of the dominant monocular - AR_f of the recessive monocular
 Δ ADD = ADD of the dominant monocular - ADD of the recessive monocular

Table 7. Squared multiple correlations of the myopia and hyperopia models: R²

Model	Mean of age	△AR _f	△ADD	△AMP	△AR _n
Myopia (N=130)	35.19±1.43	0.05	0.70	0.95	-
Hyperopia (N=60)	61.73±1.13	-	0.96	-	0.95

SMC (R²) measures the proportion of total variance in the myopia and hyperopia models; this is accounted for by a set of predictors, △AR_f, △ADD, △AMP, and △AR_n. It provides an estimate of the overall predictive power of a set of predictors. In the myopia model, the AR_n improves the model fit, which affects the discriminant validity of variables. However, hyperopia model does not have AR_n; therefore, the hyperopia model fit is not good.

은 좁아지면서 AR_n 반응점(+)은 커진다. 그리고 독립변수인 AR_n는 종속변수인 AMP와 정(+)의 영향관계로 연령에 따른 조절지체가 증가하여 AMP도 정(+)의 방향으로 증가를 하게 된다(Table 4, 6).

일반적으로 ±2.75 D≤AMP≤±3.00 D의 정상적인 조절반응진폭의 범위 내에서 AR_n 반응량은 유의한 변화를 보이지 않으나, AMP≥±2.50 D의 조건에서 매개변수 AR_n는 종속변수 AMP와 부(-)의 영향을 미치기 때문에 원거리시력의 굴절가입도가 - Diopter 가입량 만큼, 시축상의 망막을 기준으로 AR_f 반응점이 줄면서 AR_n 반응량이 증가를 하여 정(+)의 방향으로 영향을 미치는 AMP는 증가된다. 그리고 경로 a3(△AMP←△AR_n)의 비 표준화 계수(factor loading)가 1.31±0.04로 정(+)의 영향을 미칠 때, 경로 a1(△AR_f←△AR_n) 및 a2(△AMP←△AR_f)에서 변수가 서로 부(-)의 영향을 미치는 것은 매개변수인 AR_f은 변수 간의 길항작용을 하기 때문이다.

한편, AR_f를 매개변수로 한 경로 a1(-), a4(+), a5(+)에서 매개변수인 AR_f은 종속변수인 ADD와 정(+)의 관계에 있다. ±1.00≤AMP≤±3.00 D 조건에서 AR_f의 반응범위가 좁아지면 AR_n의 반응범위가 늘어나 ADD가 일정하게 증가를 하였지만, AMP≥±3.25 D의 조건에서는 AR_f가 시축상의 망막을 경계로 반응점이 증가하면서 근거리 조절지체로 ADD는 유의할 정도로 높아져서 다른 패턴을 보이고 있기 때문에 Fig. 1의 근시모형(a)은 ±1.00≤AMP≤±3.00 D의 조건을 만족하여야 한다. 또한 독립변수인 AR_n은 종속변수

인 ADD에 정(+)의 방향으로 영향을 미치는 것은 AR_n의 AMP와 정(+)의 영향관계에 있고 Table 4에서 연령증가에 따른 AMP의 증가는 결국 ADD에 정(+)의 영향을 주기 때문이다(Table 4, 6).

원시모형을 구성하는 주요 굴절인자는 AR_f을 제외한 AR_n을 매개변수로 하여 독립변수는 AMP이고 종속변수는 ADD로 구성되며 각 변수 간 정(+)의 방향으로 유의하다(Table 6).

두 모형에서 다중상관계수를 확인해 보면, 근시모형에서 AR_f이 존재함으로써(0.05) 모형의 간명성으로 구분할 때 변수들 간의 판별타당도를 높여 모델적합도에 기여한다. 따라서 AR_f은 다른 조절인자 간의 판별성을 높이는 주요 변수가 되며, AR_f을 제외한 완전조정 된 원시안에서는 판별타당도가 낮아 모형을 구성하는 변수들 간의 상관관계가 매우 높아 포화모형이 된다(Table 7).

4. 변수들 간의 매개효과와 총효과 분석

가입도 산출은 Fig. 1(a)의 근시모형에서 독립변수인 AR_n과 종속변수인 AMP 그리고 매개변수인 AR_f 간의 영향관계에 의해서 결정되는 단안의 가입도를 추정하기 위해서 변수 간의 영향관계를 확인할 필요가 있다. 각 변수들을 대상으로 양안의 단안차(dominant value-recessive value)를 이용하여 양안의 특성을 살리고, 평균중심화를 이용한 표준화된 변수들(△AMP, △AR_n, △AR_f, △ADD)을 다변량 구조방정식 모형에 대한 양안의 직접 및 간접

Table 8. Indirect effects (standardized indirect effects) of the unconstrained model (a_n=b_n)

Model	Variable	△AR _n	△AR _f	△ADD	△AMP
Myopia (N=130)	△AR _f	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-
	△AMP	0.16** (0.01**)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-
	△ADD	-0.17** (-0.15**)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-
Hyperopia (N=60)	△AR _n	0.00 (0.00)	-	-	0.00 (0.00)
	△ADD	0.00 (0.00)	-	-	0.55** (0.56**)

The lateral direction is an independent variable, and the longitudinal direction is a dependent variable.

In the myopia model, there is an indirect effect with △AR_f as a mediating variable, △AR_n as an independent variable, and △ADD and △AMP as dependent variables.

In the hyperopia model with the △AR_f of mediating variable extinguish, there is an indirect effect with △AR_n as a mediating variable, △AMP as an independent variable, and △ADD as a dependent variable.

Table 9. Total effects (standardized indirect effects) of the unconstrained model (a_n+b_n)

Model	Variable	ΔAR_n	ΔAR_f	ΔAMP
Myopia (N=130)	ΔAR_f	-0.18** (-0.23*)	0.00 (0.00)	-
	ΔAMP	1.46* (0.89*)	-0.86** (-0.41**)	-
	ΔADD	0.61* (0.54*)	0.93* (0.65*)	-
Hyperopia (N=60)	ΔAR_n	0.00 (0.00)	-	0.95** (0.98**)
	ΔADD	0.58* (0.57**)	-	0.97** (0.97**)

Differences between groups are significant at $p<0.05^*$, $p<0.01^{**}$, $p<0.001^{***}$

The longitudinal direction is the independent variable, and the lateral direction is the dependent variable.

그리고 총효과의 영향 관계를 확인하였다.

Fig. 1의 직접효과는 Table 6이고, 변수 간 매개효과를 검정하기 위한 간접효과는 Table 8이며, 총효과(직접효과+

간접효과)는 Table 9이다. 그리고 각 Table의 횡 방향(lateral direction)은 독립변수이며 종 방향(longitudinal direction)은 종속변수를 나타낸다.

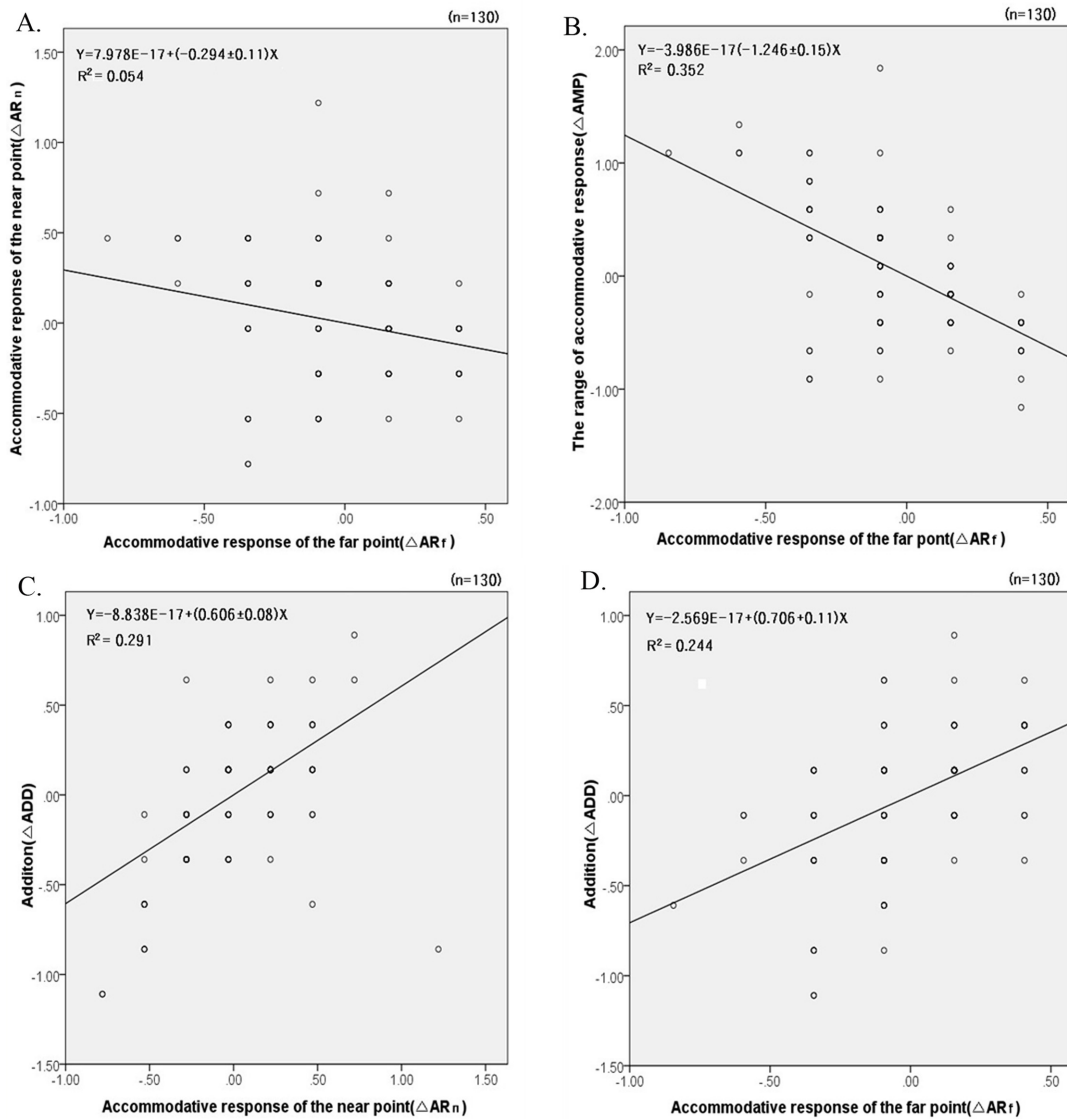


Fig. 3. Estimated curves of ΔAMP , ΔAR_f , ΔAR_n and ΔADD in the myopia model. A. $\Delta AR_n \leftarrow \Delta AR_f$, B. $\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_f$, C. $\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n$, D. $\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_f$.

Fig. 1과 Table 6, 8에서 직접 및 간접효과 영향 관계를 살펴보면, 근시모형에서 ΔAR_f 를 매개변수로 하여 경로 $a_3(\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_n)$ 에서 독립변수인 AR_n 은 종속변수인 AMP에 직접효과와 AR_f 을 매개변수로 한 간접효과 모두 정(+) 영향력을 미치기 때문에 AR_n 과 AR_f 은 AMP에 영향을 미치고 있다. 그리고 경로 $a_4(\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n)$ 는 독립변수인 AR_n 은 종속변수인 ADD에 정(+)의 영향을 미쳤지만, AR_f 을 매개변수로 한 간접효과에는 부(-)의 영향을 미치기 때문에 AR_n 은 ADD에 직접적인 영향력이 크다고 할 수 있다.

Table 9의 총효과에서 경로 a_3 의 총효과는 ΔAR_f 를 매개변수로 하는 정(+)의 간접효과를 포함하고, 경로 a_4 의 총효과는 부(-)의 간접효과를 포함한다. 따라서 단안의 AMP가 일정하다면, 간접효과에 의해서 경로 a_3 의 총효과는 직접효과 보다 0.16의 큰 값을 가지며, 경로 a_4 의 총효과는 직접효과 보다 -0.17의 작은 값을 가진다(Table 6, 8, 9)(Fig. 1).

5. 변수들 간의 회귀곡선 추정

Fig. 3은 근시모형에서 변수 간의 회귀곡선 추정이며, Fig. 4는 잠복원시(latent hyperopia)를 교정하지 않은 원시모형에서 변수 간의 영향 관계를 나타낸 것이다. 잠복원시를 교정하지 않은 이유는 잠복원시를 교정할 경우 AR_n 의 변화량의 차이를 확인이 어렵기 때문이다.

Fig. 3은 Fig. 1(a)의 근시모형에서 ΔAR_n 를 매개변수로 하고 독립변수인 ΔAR_f 와 종속변수인 ΔAMP 로 경로 추정된 근시모형의 영향 관계를 살펴보면, 경로 $a_1'(\Delta AR_n$

$\leftarrow \Delta AR_f)$ 와 $a_2(\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_f)$ 에서 AMOS을 이용한 회귀분석에서 직접효과는 $a_1'(-0.29 \pm 0.11) < a_2(-0.86 \pm 0.05)$ 의 결과를 보여 주었다. 그리고 $\Delta AR_n \leftarrow \Delta AR_f$ 간의 비표준 회귀식은 $Y = 7.978E-17 + (-0.294 \pm 0.11)\chi$ 이고, $\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_f$ 간의 비표준 회귀식은 $Y = -3.986E-17 + (-1.246 \pm 0.15)\chi$ 의 추정곡선 기울기를 보여주고 있다. 따라서 Fig. 3(a)의 경로 a_1' 및 a_2 의 직접효과 및 독립변수와 종속변수 간의 추정곡선 기울기를 비교해볼 때 AR_f 가 AR_n 보다 AMP에 부(-)의 방향으로 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다 ($a_1' < a_2$)(Fig. 3). 그리고 ΔAR_f 를 매개변수로 하고 독립변수인 ΔAR_n 과 종속변수인 ΔADD 의 영향 관계를 살펴보면, 경로 $a_4(\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n)$ 의 직접효과는 0.78 ± 0.06 이며, 경로 $a_5(\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_f)$ 의 직접효과는 0.93 ± 0.07 로 $AMP \geq \pm 3.25 D$ 의 조건에서 추가 교정하지 않을 경우 $a_4 < a_5$ 의 결과를 보여 주었다. 그리고 $\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n$ 간의 비표준 회귀식은 $Y = -8.838E-17 + (0.606 \pm 0.08)\chi$ 이다. $\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_f$ 간의 비표준 회귀식은 $Y = -2.569E-17 + (0.706 \pm 0.11)\chi$ 로 두 경로 간의 원점 조절반응보다 근점 조절반응의 시각적 곡선기울기가 다소 높게 나타나는 것은 상수값이 큰 것이 원인이다. 이는 $AMP \geq \pm 3.25 D$ 의 조건에서 원거리 시력을 위한 안경굴절교정 후 $AMP > \pm 3.00 D$ 을 넘는 잔류굴절오차에 대해서 추가 교정이 필요하기 때문이다($a_4 > a_5$)(Fig. 1, 3).

한편, 잠복원시를 교정하지 않은 Fig. 1(b)의 원시모형에서 ΔAR_n 를 매개변수로 하는 독립변수 ΔAMP 와 그리고 종속변수 ΔADD 사이의 영향관계를 살펴보면, 경로 $b_2(\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n)$ 의 직접효과는 0.58 ± 0.12 이고, 경로 b_3

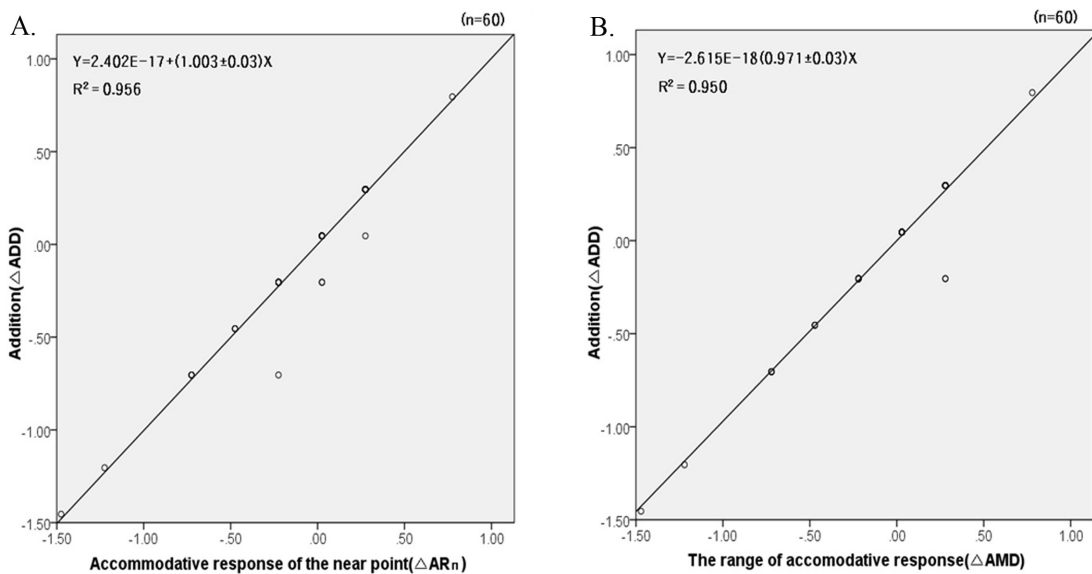


Fig. 4. Estimated curves of ΔAMP , ΔAR_n , and ΔADD in the hyperopia model. A. $\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n$, B. $\Delta ADD \leftarrow \Delta AMP$.

($\Delta ADD \leftarrow \Delta AMP$)의 직접효과는 0.42 ± 0.11 로 거의 유사한 결과를 나타낸다. 그리고 $\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n$ 간의 비표준 회귀식은 $Y = 2.402E-17 + (1.003 \pm 0.03)X$ 이고, $\Delta ADD \leftarrow \Delta AMD$ 간의 비표준 회귀식은 $Y = -2.615E-18 + (0.971 \pm 0.03)X$ 로 기울기가 유사한 것은 단안 내 시축상의 AR_n 와 AMP가 유사함을 말한다($b2 \approx b3$)(Fig. 4).

6. 경로계수 간의 상대적 효과분석

근시 및 원시모형에서 경로계수 간 영향관계는 직접효과와 회귀곡선을 통해 확인이 가능하여도, 다중 회귀분석에서 경로 간 상대적 효과에 대해서 확인할 필요성이 있다. 따라서 비제약모델(unconstrained model: $a_n \neq b_n$)을 디폴트값으로 놓고, 제약모델(constrained model: $a_n = b_n$)의 변수제약(parameter constraints)을 이용하여 절대적합도 지수인 $3.84/1$ (CMIN/DF)과 귀무가설($p > 0.05$)을 기준으로 변수 간의 상대적 유의성 평가를 확인하면 다음과 같은 결과가 도출된다.

Fig. 1(a)에서 근시모형의 수정된 경로 $a1'(\Delta AR_n \leftarrow \Delta AR_f)$ 과 $a2(\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_f)$ 에서 경로 간 유의한 차이를 확인하기 위해서, 비제약모델($a1' \neq a2$)을 디폴트모델로 놓고, 제약모델($a1' = a2$)을 분석한 결과 $21.80/1 > 3.87/1$ (CMIN/DF) 및 $0.00 < 0.05$ (연구가설)로 제약모델보다 비제약모델이 우수하여 경로계수 간의 차이가 있음을 통계적으로 유의하게 나타냈다. 동일 방법으로 경로 $a4(\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n)$ 와 $a5(\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_f)$ 의 경로 간 차이가 유의한 수준인지를 확인해 보면, $3.87/1 > 3.84/1$ 및 $0.049 < 0.05$ (연구가설)로 제약모델보다 비제약모델이 우수하여 두 경로 간 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편 Fig. 1(b)의 ΔAR_n 을 매개변수로 하는 원시모형에서 경로 $b1$ 과 $b3$ 간에 $0.52/1 < 3.84/1$ 및 $0.47 > 0.05$ (귀무가설)을 수용하여 제약모델이 우수하여 경로 간 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 10).

7. 가입도 산출을 위한 임계점

$$(a4: \Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n) - (a3: \Delta AMP \leftarrow \Delta AR_n) = 0.61^* - 1.46^* = -0.85 \text{ (Table 9)}$$

Direct effects(Total effects-Indirect effects) of path a3 = $1.46^* - 0.16^{**} = 1.30$ (Table 8, 9)

Direct effects($a3$)/Total effects($a4$) = $1.30/0.61 = 2.13 \approx 2.00$ (Table 4, 9)

∴ Critical Point = 1.00 D (hyperopia: $AR_f \approx 0.00$ D)

Fig. 1(a) 및 Table 6, 8, 9에서 매개변수 ΔAR_f 를 포함한 경로 $a4(\Delta ADD \leftarrow \Delta AR_n)$ 의 총효과는 0.61^* 이며, $a3(\Delta AMP \leftarrow \Delta AR_n)$ 의 총효과는 1.46^* 로 유의 하였으며 계수 차는 -0.85 이다. 그리고 경로 $a4$ 의 간접효과는 -0.17^{**} 이며 경로 $a3$ 의 간접효과는 0.16^{**} 로 매개변수 ΔAR_f 의 간접효과는 부(-)와 정(-)의 영향관계에 있다. 이는 AR_n 가 가입도에 영향을 미칠 때 매개변수인 AR_f 가 부(-)의 영향을 미치고, 반대로 AR_n 가 AMP에 영향을 미칠 때 매개변수인 AR_f 가 정(+)의 영향을 미친다고 볼 수 있다. 경로 $a3$ 와 $a4$ 에서 매개변수인 AR_f 가 각 경로에 간접효과로 정($+0.16^{**}$)과 부(-0.17^{**})의 영향을 미친다는 것이 확인되었다. 따라서 직접효과의 차 -0.85 는 Table 3. 조절변수의 빈도분석에서 AR_f 의 평균(-0.84 ± 0.02 D)과 근사값으로 AR_f 의 중위수와 최빈값이 -1.00 D의 조건에서 AMP가 평균범위($\pm 2.75 \leq AMP \leq \pm 3.00$ D)의 경우, AR_f 의 기준 범위는 $-1.00 \leq AR_f \leq -0.85$ D'의 조건을 가지게 된다(Table 3, 6, 8, 9) (Fig. 1).

Fig. 1(a) 경로 $a3$ 의 총효과(1.46^*)-간접효과(0.16^{**}) = 1.30 은 AR_f 을 제거한 직접효과로 AR_n 값이라 할 수 있고, 부(-)의 간접효과로 AR_f 을 제외한 경로 $a4$ 의 총효과 0.61^{**} 대비 약 2배의 차이($1.31^*/0.61^{**} = 2.14$)를 보였다. 이것은 AMP에서 AR_f 을 제외한 AR_n 대비해서 매개변수인 AR_f 가 부(-)의 간접효과를 포함한 경로 $a4$ 의 총효과는 1/2의 값을 가진다는 것이다. 나아가 AR_f 의 반응범위(-)가 줄어 AR_n 가 2.00 D라 할 때, AR_n 의 1/2의 범위인 약 1.00 D에서 가입도에 영향을 미친다는 사실을 확인할 수 있다. 또한 Table 6의 경로 $a1(\Delta AR_f \leftarrow \Delta AR_n)$ 에서 안와 외 자극값이 -3.00 D(divergence: 0.33 m) 조건의 근시모형에서 AR_f 가 -1.00 D이면 부(-)의 영향으로 가입도를 결정하는 AR_n 의 반응범위 내 임계점은 반대로 1.00 D가 증가하여 2.00 D가 된다.

따라서 외부의 근거리 자극점(stimulus: -0.33 m)에 대한 가입도를 산출하는 기준이 되는 AR_n 범위 내 임계점은 AR_f 과 서로 부(-)의 방향으로 이동한다는 사실을 확인할

Table 10. Relative effectiveness analysis of the structural weights Assuming the unconstrained model to be correct: ($a_n \neq b_n$)

Model	Constrained Model	DF	CMIN (χ^2)	p
Myopia (N=130)	$a1' = a2$	1	21.80	0.000
	$a4 = a5$	1	3.87	0.049
Hyperopia (N=60)	$b2 = b3$	1	0.52	0.473

Unconstrained model (default model): $a1' \neq a2, a4 \neq a5, b2 \neq b3$

There are significant differences between path a1 and a2 and between a4 and a5 in the myopia model. However, there was no significant difference between paths b2 and b3 in the hyperopia model.

수 있으며, AR_f 의 변화에 따른 가입도를 구하기 위한 AR_n 반응범위 내 가입도 임계점(critical point: C·P) 임상식은 다음과 같다.

$$\therefore \text{Critical Point} = 1 - AR_f \text{ (myopia: } -1.00 \leq AR_f \leq 0.00 \text{ D, } \pm 1.00 \leq \text{AMD} \leq \pm 3.00 \text{ D)}$$

안와 외 자극점(0.33~3.00 m)에 대응하는 안와 내 AMP의 범위가 ± 3.00 D라 한다면, Table 3 조절변수의 빈도분석에서 양안 AR_f 의 평균값은 -0.84 D로 최대 -1.00 D를 넘지 않는 조건에서 근거리 작업시 불편함을 느끼지 못한다. 따라서 통상적으로 임상에서는 -0.25 D의 단위로 처방되기 때문에 안와 내 AR_f 가 -0.75 D이라면, AR_f 과 AR_n 은 서로 부(-)의 영향을 미치기 때문에 AR_n 내 가입도 임계점은 $+1.75$ D로 원방시 교정 후 AR_n 가 $+1.75$ D에 근접할 경우 가입도는 필요하지 않다(Table 3)(Fig. 1).

이와 같이 AR_f 은 AR_n 에 부(-)의 영향을 미치고, AR_n 은 ADD에 정(+)의 영향을 미치기 때문에 가입도 임계점에도 큰 영향을 미친다. 따라서 AR_f 과 관련된 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

대한 안과학회지에 발표된 근시 성인에서 조절마비 전·후와 조절마비제에 따른 굴절 변화 비교(2011)에서 약제 안 내 점안 전·후의 MR 굴절 차이를 비교하기 위해서, 제1약제(tropicamide 0.5% & phenylephrine HCl 0.5%) 점안 1시간 후 0.90 ± 0.22 D의 굴절의 차이가 나타났고, 제2약제(cyclopentolate 1.00%) 점안 후 1.15 ± 0.20 D의 차이를 보였다. 그리고 제3약제(제1약제+제2약제)에서는 1.20 ± 0.21 D의 차이를 보였다(paired t-test, $p < 0.05$).^[19] 3가지 약제 전·후의 평균값은 1.08 D의 차이를 보인다는 것은 약제마다 상이한 차이가 있지만, Fig. 2에서 AR_f 의 보조좌표(AR_f Axis)를 기준으로 평균적으로 -1.00 D의 AR_f 을 가지고 있다는 것을 의미한다. 또한 근거리의 조절마비 전·후 검영법의 비교 관찰연구(1987)에서 조절마비제(cycloplegic refraction: CR) 전의 근거리 검영법 검사와 현성굴절 검사(manifest refraction: MR) 대비 차이가 0.97 D의 차이를 보였고, 조절마비 후 0.59 D의 차이를 보였으며 회귀방정식 $Y = 0.887 + 0.723X$ 의 결과를 나타냈다.^[20] 그리고 국내 일반인 229명을 대상으로 한 선행연구(2013)에 의하면, 10~50세 이하의 정상인을 대상으로 1~5군으로 나누어 근시 및 난시를 CR 및 MR 검사에서, 난시는 통계적 유의성이 없었고 근시 도수에서 0.50 D 이상의 차이를 보이는 경우는 73안(16%)으로 근시도가 높은 군일수록 오차율이 높게 나타났다.^[21] 또한 굴절이상에 따른 조절마비 검사 전·후의 시력변화 비교(2006)에서 동일한 굴절교정에서 조절마비제 점안 후에는 산동(CR) 전 보다 근거리는 평균 0.59 logMAR

의 감소를 보였고, 원거리와 근거리 시력 및 입체시 모두 전반적으로 저하되었다.^[22] 정시안의 경우 0.69 logMAR로 더 큰 저하를 보였다는 것은, 산동제 점안 후 조절마비상태에서 동공확대에 의한 초점 심도가 낮아 시력의 해상도가 낮은 것도 원인이지만, 근시안에서 조절마비제에 의한 AR_f 의 소실로 부(-)의 영향관계에 있는 AR_n 가 일시적으로 늘어났기 때문이다. 따라서 단안의 연령의 증가에 따른 안와 내 보상적 변화에 의한 AR_f 의 변화에도 불구하고 단안의 AMP의 변화가 없기 때문에 조절마비제 점안 전·후의 Diopter의 변화값은 본 연구의 조절변수의 빈도분석에서 AR_f 의 평균(-0.84 ± 0.02 D)과 유사한 값을 가진다(Table 3).

8. 가입도 산출식

$$\begin{aligned} \text{Addition} &= AR_n - 1, \text{ (hyperopia: } AR_f \div 0.00 \text{ D, AMP} \div AR_n) \\ \text{Addition} &= AR_n - \text{C·P, (myopia: } -1.00 \leq AR_f \leq 0.00 \text{ D, } \pm 1.00 \leq \text{AMP} \\ &\leq \pm 3.00 \text{ D, C·P} = 1 - AR_f) \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Addition} = AR_n - \text{C·P}$$

Fig. 1(a) 근시모형에서 경로 a3의 총효과(1.46^*)에서 간접효과를 제외한 직접효과(1.31^{***}) 대비 부(-)의 간접효과를 포함한 경로 a4의 총효과(0.61^*) 차이는 약 2.14배이다. 이것은 가입도에 영향을 미치는 AR_n 범위의 1/2지점이다. 원시모형에서 완전교정($AR_f \div 0.00$ D)한 경우 AR_n 은 $+2.00$ D의 1/2인 $+1.00$ D지점이 가입도의 임계점이 된다면 AR_n 의 범위와 가입도 임계점의 차이가 가입도가 되며 임상식으로 나타내면 ‘Addition= $AR_n - 1$ ’이 된다.

이를 확장하여 $AR_f(-1.00 \leq AR_f \leq 0.00 \text{ D})$ 변수가 존재하는 Fig. 1(a)의 근시모형에서 경로 a1($\Delta AR_f \leftarrow \Delta AR_n$)은 부(-)의 영향관계에 있기 때문에 임계값이 변화에 영향을 주기 때문에 임계값의 절대값은 증가된다. 따라서 원시모형의 노안 근용가입도 임상식 ‘Addition= $AR_n - 1$ ’에서 1 대신 ‘Critical Point = $1 - AR_f$ (myopia: $-1.00 \leq AR_f \leq 0.00 \text{ D, } \pm 1.00 \leq \text{AMP} \leq \pm 3.00 \text{ D})$ ’을 적용하면 근시모형의 노안 근용가입도 임상식은 ‘Addition= $AR_n - \text{C·P}$ ’이 된다.

임상 굴절검사에서 단안 평균 AMP($\pm 2.75 \leq \text{AMP} \leq \pm 3.00 \text{ D}$)의 경우 AR_n 범위 내에서 가입도를 결정하는 임계점은 $+2.00$ D에 근접하며, 연령의 증가에 따른 40대 후반에서는 조절지체의 증가로 AR_n 이 증가하거나 이와 관련하여 AMP의 변화로 AR_f 가 -0.50 D 이하의 경우 경로 a의 부(-)의 영향으로 임계값이 증가를 하여 $+1.50$ D로 근거리 작업시 피로감을 느낄 수 있다. Fig. 2.(b) 원시모형안의 경우 완전교정을 위해 AR_f 가 시축상 절대좌표의 망막의 원점으로 이동할 경우, AR_n 은 부(-)의 영향으로 증가를 하여 AR_n 내에서 가입도 임계점은 $+1.00$ D로 평균 AMP($\pm 2.75 \leq$

AMP $\leq\pm 3.00$ D)의 경우 약 +2.00 D 근접한 임계점을 가지는데 비해서, 원시모형의 경우 +1.00 D 이상의 가입도가 필요하다.

AR_n에 관한 국외 선행연구에서 Morgan(1944)^[23]의 단안 조절 반응량의 기대값은 1.25~1.75 D이며, Stine(1960)^[24]과 Milder(1961)^[25]는 근거리의 잔여 근점 조절반응이 +2.00 D 이하에서 정확한 굴절검사가 가능하였고, Cacho(2002)^[26]는 조절용이성 검사에서 가장 적합한 굴절검사는 +2.00 D의 결과를 보였다. 또한 국내 선행연구에는 정상군과 폭주 부족군에서 허성상대조절력 변화량의 비교 연구에서 주시거리 5 m 완전교정의 조건에서 근거리 주시거리 (fixation distance: 0.33 m)에서 AR_n은 정상군에서 2.33 \pm 0.28 D이고, 폭주 부족군에서 2.16 \pm 0.24 D로 AR_n은 0.17 D 차이가 났다. 그리고 저교정(addition: +0.50 D)에서 AR_n은 2.06 D의 결과를 나타냈다.^[27]

근거리 가입도를 이용한 조절과 버전스 반응의 변화에 관한 선행연구에서 0.40 m 자극에 대한 AMP의 평균은 2.03 \pm 0.06 D(without +2.00 D), 0.60 \pm 0.07 D(with +2.00 D)의 결과를 보더라도, 본 연구에서는 조절지체가 거의 없는 연령 40대 이하의 단안의 AMP가 $\pm 2.75\sim 3.00$ D의 조건에서 AR_n가 약 +2.00 D의 경우 원·근방시에 만족스러운 결과를 나타내었던 것은, 안와 외 근점자극(0.33 m)에 대해서 AR_f(-0.75~1.00 D)을 제외한 나머지(+1.75~+2.00 D)가 AR_n의 반응범위가 되며 AR_n의 반응범위 내 가입도 임계점을 근거로 노안 근용가입도 산출의 기준이 될 수 있다(Fig 1).^[28]

결론

근시자 130명(남 72명, 여 58명), 원시자 60명(남 32명, 여 28명)으로 총 190명을 대상으로 양안 중에서 조절반응 진폭(AMP)의 범위가 $\pm 2.75\sim\pm 3.00$ D에 근접하는 단안을 기준안으로 하여, 양안 편차(기준안-비기준안)를 이용하여 양안 조절인자의 특성을 구했다. 근시모형에서 원점 조절반응(AR_f)을 매개변수로 하여 독립변수인 근점 조절반응(AR_n)과 종속변수인 조절반응진폭(AMP) 및 가입도(ADD)와의 영향관계를 근거로 가입도 임계점(critical point: C·P) 및 노안 근용가입도 산출식 대하여 다음과 같은 3가지의 결론을 얻었다(Table 3, 8, 9)(Fig. 1, 2).

1. 근시모형에서 경로 a3(Δ AMP \leftarrow Δ AR_n)와 a4(Δ ADD \leftarrow Δ AR_n)의 직접효과에서 정(+)의 방향으로 유의하였고, 간접효과에서 경로 a3은 정(+)의 방향, 경로 a4는 부(-)의 방향으로 유의하였다. 그리고 '경로 a4의 총효과-경로 a3의 총효과 = -0.85'로 양안 AR_f의 평균(-0.84 \pm 0.02 D)과 근사값이다. 그러므로 AR_f은 독립변수인 AR_n과 종속변수인 가입도 및 AMP 간에 매개효과가 있다.

2. 근거리 가입도를 산출하는 기준이 되는 AR_n 범위 내 임계점은 AR_f와 서로 부(-)의 영향을 미치기 때문에 AR_f 반응범위의 변화에 따른, AR_n 내 가입도 임계점은 'C·P = 1-AR_f' (myopia: -1.00 \leq AR_f \leq 0.00 D, $\pm 1.00\leq$ AMP \leq ± 3.00 D)이다.

3. 굴절검사에서 완전교정(AR_f \equiv 0.00 D)의 조건인 원시모형에서 AR_n 반응범위 내 가입도 임계점은 +1.00 D이며, 가입도 임상식으로 나타내면 'Addition=AR_n-1'이다. 원시모형의 가입도 산출식에서 1 대신 'C·P=1-AR_f'의 조건식을 만족 한다면, 가입도 임상식으로 나타내면 'Addition = AR_n-C·P'이 된다.

따라서 본 연구는 검영기를 이용한 안와 외 자극점에 대응하는 조절반응 변수들(AMP, AR_f, AR_n)을 측정변수로 하여 가입도(Addition)와의 영향관계를 분석하여 근거리 가입도의 기준이 되는 임계값을 추정하였고, 이를 근거로 노안 근용가입도 산출식을 추정하여 임상에 효율적으로 사용하는데 있다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 대구가톨릭대학교 교내학술연구비의 지원으로 연구되었습니다.

REFERENCE

- [1] KOSIS(Korean Statistical Information Service). Demographics of the 100 indicators korea, 2020. <http://kosis.kr/index/index.do>(30 April 2020).
- [2] Gallup Korea. Research report of 2012-2018 smartphone usage rate, 2018. <http://www.gallup.co.kr/gallupdb/report-Content.asp?seqNo=943>(12 January 2020).
- [3] Kitchel E. The effects of blue light on ocular health. *J Vis Impair Blind.* 2000;94(6):399-403. DOI: <https://doi.org/10.1177/0145482X0009400606>
- [4] NHIS(National Health Insurance Service). The result of research on 22 cases of disease classification, 2018. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=350&tblId=TX_35001_A060(11 March 2020).
- [5] Korean Optometric Association. The rate of use of glasses and contact lens in county, 2015. http://optic.or.kr/Cate_05/content.asp?board_id=cate04_1&re_level=1&ref=40&step=1(10 March 2020).
- [6] Leon A, Rosenfield M, Estrada JM, et al. Lag of accommodation on between 5 and 60 years of age. *Optom Vis Perf.* 2017;5(3):103-108.
- [7] Rouse MW, London R, Allen DC. An evaluation of the monocular estimate method of dynamic retinoscopy. *Am J Optom Physiol Opt.* 1982;59(3):234-239. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-198203000-00006>

- [8] Kim SJ, Kim KH. A measurement model study of the skiascope for best corrected vision acuity. *New Phys: Sae Mulli*. 2017;67(6):765-775. DOI: <https://doi.org/10.3938/NPSM.67.765>
- [9] Gamba E, Sawides L, Dorransoro C, et al. Accommodative lag and fluctuations when optical aberrations are manipulated. *J Vis*. 2009;9(6):1-15. DOI: <https://doi.org/10.1167/9.6.4>
- [10] Koomson NY, Amedo AO, Opoku-Baah C, et al. Relationship between reduced accommodative lag and myopia progression. *Optom Vis Sci*. 2016;93(7):638-691. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000867>
- [11] Weeber HA, van der Heijde RGL. On the relationship between lens stiffness and accommodative amplitude. *Exp Eye Res*. 2007;85(5):602-607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exer.2007.07.012>
- [12] Ryu DK. Comparison of clinical techniques to assess objectively accommodative response. *J Korea Acad Industr Coop Soc*. 2010;11(9):3406-3411. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.9.3406>
- [13] Ovenseri-Ogbomo GO, Nosakhoro E. Age, amplitude of accommodation and near addition power of adult nigerians. *Journal of the Nigerian Optometric Association*. 2018;20(1):14-19.
- [14] Antona B, Barra F, Barrio A, et al. Comparing methods of determining addition in presbyopes. *Clin Exp Optom*. 2008;91(3):313-318. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2007.00159.x>
- [15] Lim DW, Lee JS, Kim HJ. Normative measurements of korean orbital structure. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2001;42(1):1-6.
- [16] Kim CS, Kim SY, Park YH, et al. Change in ocular dimensions with age in patients with emmetropia. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2008;49(3):425-432. DOI: <https://doi.org/10.3341/jkos.2008.49.3.425>
- [17] Lim SJ, Choi O. Interrelationship of the refractory error and the ocular axial length and the anterior chamber depth in the myopia eyes. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1986; 27(3):371-376.
- [18] Hinkley S, Iverson-Hill S, Haack L. The correlation between accommodative lag and refractive error in minors under 18. *Austin J Clin Ophthalmol*. 2014;1(2):1007.
- [19] Shin KM, Chung SA, Lee JB. Comparative study on the efficacy of different cycloplegic agents in myopic adults. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2011;52(2):141-146. DOI: <https://doi.org/10.3341/jkos.2011.52.2.141>
- [20] Seong GJ, Choi O. Comparison of near retinoscopy, retinoscopy under cycloplegia and subjective refraction. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1987;28(1):143-149.
- [21] Jeong WJ, Kang JH, Jeon IC. Difference between manifest refraction(MR) and cycloplegic refraction(CR) with age and myopic value. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2013;18(1):85-91. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2013.18.1.085>
- [22] Yang SW, Lee NY, Kim SY. The effect of cycloplegia on vision and stereopsis: comparison between before and after cycloplegia. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2006;47(9): 1454-1458.
- [23] Morgan MW. The clinical aspects of accommodation and convergence. *Optom Vis Sci*. 1944;21(8):301-313. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-194408000-00001>
- [24] Stine GT. Clinical investigation of a new mydriatic and cycloplegic drug. *EENT Digest*. 1960;22:11-15.
- [25] Milder B. Tropicamide as a cycloplegic agent. *Arch Ophthalmol*. 1961;66(1):70-72. DOI: <https://doi.org/10.1001/archophth.1961.00960010072015>
- [26] Cacho P, Garcia A, Lara F, et al. Diagnostic sings of accommodative insufficiency. *Optom Vis Sci*. 2002;79(9):614-620. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-200209000-00013>
- [27] Kwak HW, Lee SH, Kwak HB. Comparison on accommodative response changes in the normal group and convergence insufficiency. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2014;19(1):79-85. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.1.79>
- [28] Jiang BC, Tea YC, O'Donnell D. Changes in accommodative and vergence responses when viewing through near addition lenses. *Optometry*. 2007;78(3):129-134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.optm.2006.08.017>

조절반응을 이용한 노인 근용가입도 결정 방법

김성진, 김기홍*

대구가톨릭대학교 안경광학과, 교수, 경산 38430

투고일(2020년 8월 11일), 수정일(2020년 12월 4일), 게재확정일(2020년 12월 14일)

목적: 연구의 목적은 단안 가입도에 영향을 미치는 조절반응 범위 내 임계점을 이용하여 노인 근용가입도를 결정하는 것이다. **방법:** 단안에서 조절반응과 가입도 사이의 영향관계를 확인하기 위해서 근시자 130명(남 72, 여 58), 원시자 60명(남 32, 여 28) 총 190명을 대상으로 검사를 진행하였다. MEM 0.4 시력카드의 스넬린(snellen chart) E 단일문자를 검영기헤드(no 18235, welchallyn, USA) 전면에 부착한 검영기를 사용하여 안와 내 조절인자의 변수를 구하였다. **결과:** 근시모형에서 원점 조절반응(AR_f)은 근점 조절반응(AR_n)과 조절반응진폭(AMP) 사이에 정(+)의 매개효과가 있고, 근점 조절반응과 가입도(ADD)에는 부(-)의 매개효과가 있었다. 그리고 근점 조절반응은 조절반응진폭과 가입도에 정(+)의 영향을 미쳤고, 원점 조절반응과는 부(-)의 영향을 미쳤다. 한편, 완전교정($RA_f \div 0.00$ D)된 원시모형에서 조절인자는 서로 정(+)의 방향으로 유의하였다. **결론:** 안와 외 근점 자극에 대응하는 조절반응 범위 내 가입도 임계점이 $C \cdot P = 1 - AR_f$ (myopia: $-1.00 \leq AR_f \leq 0.00$ D, $\pm 1.00 \leq AMP \leq \pm 3.00$ D)이면, 노인 근용가입도 산출식은 $Addition = AR_n - C \cdot P$ 이다.

주제어: 조절반응, 가입도, 노인, 근시, 원시