J. Korean Oph. Opt. Soc.
Vol. 15, No. 1, pp. 73-78, March 2010

일과 중 조절기능 변화에 관한 연구

이정윤 · 유동식 · 손정식 · 문병연
경운대학교 안경광학과
투고일(2010년 1월 29일), 수정일(2010년 3월 10일), 게재확정일(2010년 3월 19일)

목적: 조절능력의 변화가 빈번하게 발생되는 35세 이상 50세 미만을 대상으로 1차시기(08:00-10:00), 2차시기(13:00-15:00), 3차시기(18:00-20:00)에 걸쳐 조절기능의 변화를 알아보고자 하였다. **방법**: 104명의 피검사자를 비노안과 초기노안으로 분류하여 조절력과 조절용이성, 상대조절력을 검사하였다. **결과**: 좌우안과 양안의 조절력은 비노안과 초기노안 모두 2차시기가 가장 높게 나타났으며, 초기노안은 일일변화에 유의성을 보였다. 조절용이성에서 비노안은 3차시기가, 초기노안은 2차시기가 가장 높았고, 변화에 대한 유의성이 모두 있는 것으로 나타났다. 허성상대조절에 대한 일일변화에서 비노안, 초기노안 모두 1차시기가 가장 높았으며, 실성상대조절은 비노안, 초기노안 모두 2차시기가 가장 높았다. **결론**: 초기노안에서 허성상대조절을 제외한 조절력, 조절용이성, 실성상대조절은 2차시기가 가장 높았다.

주제어: 초기노안, 조절력, 조절용이성, 상대조절력, 근업, 일일변동

서 론

현대사회는 근거리작업(이하. 근업)이 점차적으로 증가하여 일상생활 속에서 조절의 요구가 증가되고 있는 현실이다. 조절력은 10대 이후 점진적으로 감소되어 60세에 이르러서는 거의 모든 조절력을 잃게 된다[1]. 이러한 과정이 진행되는 동안 40대에 이르면 조절력의 감소로 초점거리가 멀어지는 노안이 나타나게 되고, 노안진행은 40~50세 사이에 2년마다 평균 +0.25D, 50세 이 후부터는 8년마다 평균 +0.25D의 조절력 감소가 발생하게 된다[2].

Eskridge 등[3]은 조절부족의 경우 나이에 따른 평균 조절력보다 낮은 조절력, 조절 용이성(accommodative facility)의 감소, 조절 래그의 증가, 그리고 폭주부족의 증상을 동반한다고 하였으며, 약간의 융합성 버전스와 입체시 감소현상과 폭주근점이 멀어지는 현상도 나타난다고 하였다. 조절 능력의 손실 원인은 수정체 섬유의 유연성 손실, 수정체의 크기 증가 및 모양의 변화 그리고 수정체 낭의 탄력성 감소 때문이다. 노안과 관련된 자각증상들은 다양한 방법으로 표현되고, 환자가 피곤할 때 더 심하게 되는데 특히 일과 후나 주말에 더하게 된다[4].

일반적으로 하루중 저녁때가 눈과 전신의 피로로 시력이 좋지 않다고 느끼며, 작업거리가 멀어진다[5]. 본 연구에서는 조절기능의 일일변화에 관한 연구를 통하여 환자에게 알맞은 검사시간에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

연구에 참여한 대상자는 2009년 2월~7월 사이에 대구·경북지역에 거주하고, 전신질환과 안질환 등의 병력이 없으며, 각막 교정수술을 하지 않았고 콘택트렌즈를 착용하지 않는 경우로 하였다. 그리고 자각적 굴절검사 결과 원용시력이 정시(교정시력 1.0 이상 포함)이고 굴절부등은 2.00D 미만의 정상적인 양안시 범위를 갖는 35세~50세(평균 41.89세)의 104명(남 54명, 여 50명)을 대상으로 검사하였다.

피검자들은 ±2.00D 반전복수시험테(flipper)를 이용한 조절용이 검사에서 용이한 반응을 보인 52명(평균 40.23세: 남 24명, 여 28명)을 비노안으로 구분하였으며, 가입도 +1.00D 미만의 초기노안의 증상이 있고, 노안 교정안경 착용경험이 없는 52명(평균 43.56세: 남 30명, 여 22명)을 초기노안으로 구분하였다.

2. 연구방법

교신저자 연락처: 문병연, 730-852 경북 구미시 산동면 인덕리 55 경운대학교 안경광학과
TEL: 054-479-1331, FAX: 054-479-1339, E-mail: bymoon@ikw.ac.kr

피검사자의 조절력, 조절용이성, 상대조절력을 1차시기(08:00~10:00), 2차시기(13:00~15:00) 그리고 3차시기(18:00~20:00)로 나누어 하루에 세 차례 측정하였다. 검사과정에서 발생할 수 있는 조절은 굴절이상의 정확한 교정을 위해서 배제되어야 하므로 눈을 생리적 조절기전이 적은 근시 상태로 만드는 운무법(타각적 구면굴절력 +2.00D)을 실시하였으며[6], 비정시안은 잔여 굴절이상도가 없도록 완전교정하여 굴절이상으로 인해 발생할 수 있는 조절력의 변화를 최소화하였다.

조절력의 검사는 Donders의 push-up 측정법을 이용하여 검사거리 40cm에 시표를 위치시켜 주시하게 한 다음 근거리 시표를 피검사자의 눈앞으로 서서히 이동하여 상이 흐리게 보이는 지점과 눈과의 거리를 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다[7].

Cacho[8]는 조절용이성 검사 시 ±2.00D 반전복수시험테가 조절부족을 판단하는데 가장 적합하고 가장 많이 활용되는 도수라고 하였다. 하지만 본 실험에서는 노안 교정처방을 받지 않은 피검사자라도 ±2.00D 렌즈에 대한 반응이 적절하지 않았으며, 비노안자와 초기 노안자의 동일한 기준을 마련하기 위해 Liu 등[9]이 제시한 바와 같이 ±1.50D 반전복수시험테를 사용하였다. 검사거리 40 cm에서 근용시표를 주시하고 있는 동안 +1.50D/−1.50D를 번갈아 가며 선명하게 보게 되면 1회로 간주하고 1분당 선명하게 본 횟수(cycle per minute: cpm)를 기록하였다[10].

상대조절력은 완전교정된 상태에서 눈앞 40 cm에 고정된 타깃을 주시하고 +0.25D씩 도수를 부가하여 타깃이 최초로 흐릴 때까지 부가된 굴절력(허성상대조절)과 −0.25D씩 부가하여 타깃이 최초로 흐릴 때까지 부가된 굴절력(실성상대조절)을 측정하였다.

측정값의 분석은 SPSS 프로그램(Ver. 12.0 for windows)의 ANOVA을 실시하였고, 결과는 95% 신뢰구간으로 $p<0.05$일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 또한 단순상관분석을 통해 상관계수와 유의확률 값을 기준으로 측정시점간의 상관성을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. Push-up 측정에 의한 조절력의 일일변화

Push-up 측정법에 의해 우안의 조절력을 측정한 결과, 비노안은 2차시기가 6.70±0.604D로 가장 높은 것으로 나타났고, 1차시기와 3차시기는 각각 6.52±0.617D, 6.67±0.604D로 일일변화에 유의성(p=0.276)은 없었다. 초기노안은 1차시기 4.22±0.452D, 3차시기 4.27±0.513D에 비해 2차시기가 4.45±0.434D로 가장 높았으며, 하루중 조절력에 유의한 변화(p=0.032)가 있는 것으로 나타났다. 검사시간에 따른 조절력의 범위는 비노안의 3차시기가 5.87~8.68D로 가장 넓은 것으로 나타났고 2차시기가 5.97~8.43D, 1차시기는 5.72~8.15D 순으로 나타났으며, 초기노안은 3차시기가 3.22~5.07D로 가장 넓은 것으로 나타났고, 1차시기 3.37~5.00D, 2차시기 3.57~5.17D의 순이었다(Table 1).

Table 1. Diurnal changes of accommodative amplitude of oculus dexter

Group	Accommodation Time	M±SD(D)	Range(D)
NP (p=0.276)	Period 1	6.52±0.617	5.72~8.15
	Period 2	6.70±0.604	5.97~8.43
	Period 3	6.67±0.604	5.87~8.68
IP (p=0.032*)	Period 1	4.22±0.452	3.37~5.00
	Period 2	4.45±0.434	3.57~5.12
	Period 3	4.27±0.513	3.22~5.07

NP: nonpresbyopia, IP: incipient presbyopia
M±SD(D): Mean±Standard Deviation (Diopters)
*p<0.05

좌안은 비노안과 초기노안이 6.71±0.622, 4.48±0.405D로 모두 2차시기에 가장 높은 조절력을 나타냈고, 3차시기, 1차시기의 순이었으나 통계적으로 유의한 차이(p=0.276, 0=0.089)를 보이지 않았다.

양안의 조절력은 우안의 조절력과 같은 경향을 보였다. 비노안은 2차시기가 7.10±0.617D로 가장 높았으나 일일변화에서 유의한 차이는 없었으며(p=0.387), 초기노안은 2차시기가 4.90±0.404D로 가장 높았고 유의한 변화를 보였다(p=0.032)(Fig. 1).

우안 조절력의 측정시점간 상관관계 분석결과 비노안의 1차시기와 2차시기(r=0.986), 1차시기와 3차시기(r=0.943)

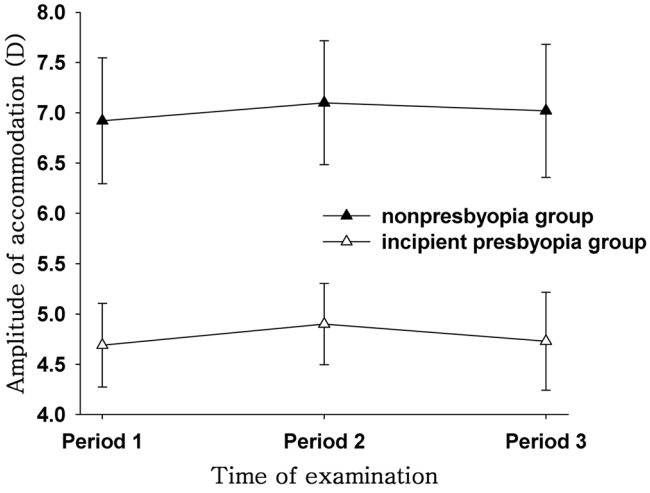

Fig. 1. Diurnal variations of accommodative amplitude of oculus uterque.

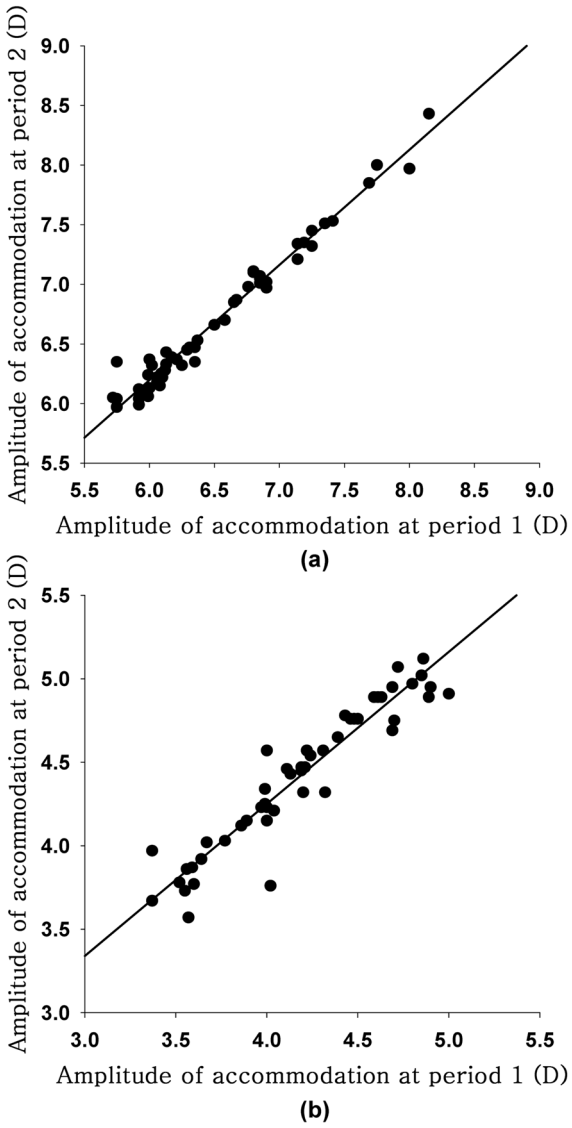

Fig. 2. Pearson's correlations of accommodative amplitude between period 1 and period 2 for nonpresbyopia(a) and incipient presbyopia(b).

는 유의한 상관성(p=0.001)을 보였으나, 2차시기와 3차시기(r=0.948)는 유의성(p=0.279)을 보이지 않았다. 초기노안은 1차시기와 2차시기(r=0.948), 2차시기와 3차시기(r=0.938)는 유의한 상관성(p=0.001)을 보였으나, 1차시기와 3차시기(r=0.936)는 유의성(p=0.054)을 보이지 않았다. 비노안과 초기노안 모두 1차시기와 2차시기의 비교가 가장 높은 상관성을 보였다(Fig. 2).

2. 조절용이성의 일일변화

우안의 조절용이성 측정 결과, 비노안은 3차시기가 14.04±2.011 cpm으로 가장 높게 나타났고, 2차시기 13.96±1.547 cpm, 1차시기 12.81±1.546 cpm였으며, 초기노안은 2차시기가 6.20±1.173 cpm으로 가장 높았고, 3차시기 5.66±1.854 cpm, 1차시기 4.99±1.257 cpm 순으로 나타났다. 검사시간에 따른 조절용이성의 범위는 비노안과 초기노안 모두 3차시기가 8.00~17.00 cpm과 2.50~10.00 cpm으로 가장 넓은 것으로 나타났다(Table 2). 좌안 역시 우안과 비슷한 결과의 일일변동을 나타냈다.

Table 2. Diurnal changes of accommodative facility of oculus dexter

Group	Facility Time	M±SD(cpm)	Range(cpm)
NP (p=0.000*)	Period 1	12.81±1.546	9.00~16.00
	Period 2	13.96±1.547	10.00~17.00
	Period 3	14.04±2.011	8.00~17.00
IP (p=0.000*)	Period 1	4.99±1.257	3.00~ 8.00
	Period 2	6.20±1.173	4.00~ 8.50
	Period 3	5.66±1.854	2.50~10.00

NP: nonpresbyopia, IP: incipient presbyopia
M±SD(cpm): Mean±Standard Deviation (cycles per minute)
*p<0.05

양안으로 검사한 조절용이성은 비노안은 3차시기가 12.97±1.847 cpm으로 가장 높았고, 2차시기 12.92±1.633 cpm, 1차시기 12.08±1.625 cpm 순으로 감소하였으며, 초기노안은 1차시기 4.07±0.953 cpm, 3차시기 4.85±1.789 cpm에 비해 2차시기가 5.29±1.132 cpm으로 가장 높았다(Fig. 3). 따라서 조절용이성 검사 결과, 비노안은 단안과 양안의 조절용이성에서 3차시기가 가장 높고, 2차시기, 1차시기 순으로 감소하며, 초기노안은 단안과 양안의 조절용이성에서 2차시기가 가장 높고, 3차시기, 1차시기 순으로 감소하는 것으로 나타났다. 비노안과 초기노안의 일일 조절용이성은 단안과 양안 모두에서 유의한 변화(p<0.05)가 있는 것으로 나타났다.

측정시점에 대한 우안 조절용이성의 상관관계를 분석한

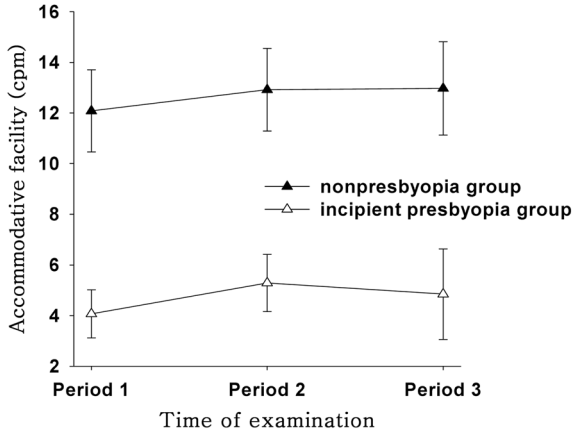

Fig. 3. Diurnal variations of accommodative facility of oculus uterque.

결과, 비노안의 1차시기와 2차시기(r=0.767), 1차시기와 3차시기(r=0.669)는 유의한 상관성(p=0.000)을 보였으나, 2차시기와 3차시기(r=0.765)의 상관성은 유의성(p=0.655)을 보이지 않았다. 초기노안은 1차시기와 2차시기(r=0.891), 2차시기와 3차시기(r=0.852), 그리고 1차시기와 3차시기(r=0.787)에서 유의한 상관성(p=0.001)이 나타났다.

3. 상대조절력의 일일변화

비노안에서 허성상대조절은 1차시기, 2차시기 그리고 3차시기에서 각각 2.67±0.207D, 2.60±0.207D 그리고 2.54±0.198D로 일일변화에 유의성(p=0.006)을 보였다. 초기노안에서는 1차시기, 2차시기, 3차시기에 각각 3.15±0.259D, 2.94±0.152D 그리고 3.06±0.288D로 일일변화에 유의성(p=0.000)이 있는 것으로 나타났다(Fig. 4). 비노안은 0.15D 미만의 변화가 있었으며, 하루 일과 중 후반으로 갈수록 낮은 허성상대조절을 보였는데, 이는 근거리 작업으로 인한 조절이완 기능저하로 판단되어진다. 초기노안에서는 0.25D 미만의 변화가 있었으며, 일정한 경향성이 없었다.

실성상대조절의 일일변화는 비노안에서 1차시기, 2차시기, 3차시기가 각각 −2.83±0.167D, −2.93±0.181D 그리고 −2.83±0.158D로 나타났으며, 하루중 0.15D 미만의 유의한 변화(p=0.003)가 있었다. 초기노안에서는 1차시기, 2차시기, 3차시기가 각각 −0.83±0.315D, −1.21±0.296D 그리고 −1.10±0.372D로 0.40D 미만의 변화를 보였으며, 하루 중 유의한 변화(p=0.000)가 있는 것으로 나타났다(Fig. 4).

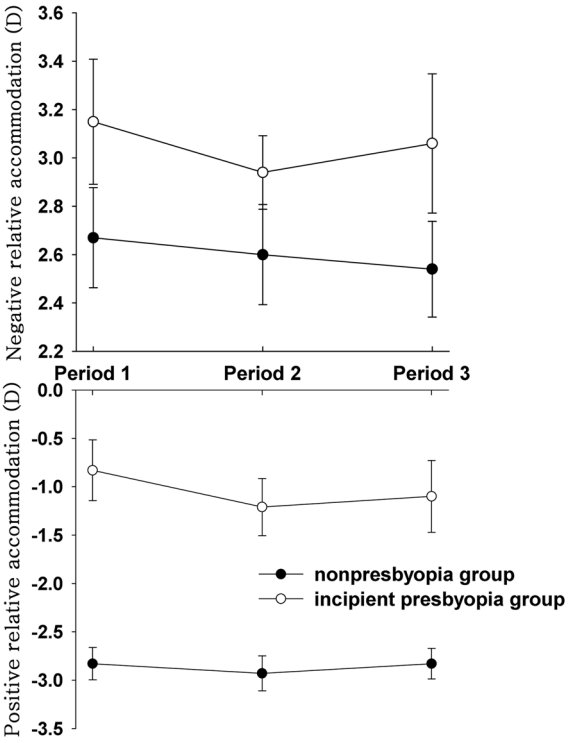

Fig. 4. Diurnal variations of relative accommodation.

허성상대조절의 측정시점간 상관분석 결과, 비노안에서 1차시기와 2차시기(r=0.909), 2차시기와 3차시기(r=0.945), 그리고 1차시기와 3차시기(r=0.890) 모두 유의한 상관성(p=0.000)을 보였다. 초기노안에서도 1차시기와 2차시기(r=0.770), 2차시기와 3차시기(r=0.852), 1차시기와 3차시기(r=0.759) 모두 유의한 상관성(p=0.002)을 나타내었다. 따라서 허성상대조절의 측정시점에 대한 상관성은 비노안과 초기노안 모두에서 2차시기와 3차시기가 가장 강한 상관관계가 있었고, 1차시기와 2차시기 그리고 1차시기와 3차시기 순으로 나타났다.

실성상대조절의 측정시점간 상관관계는 비노안에서 1차시기와 2차시기(r=0.848), 2차시기와 3차시기(r=0.874), 그리고 1차시기와 3차시기(r=0.796) 모두 강한 상관관계를 나타냈다. 1차시기와 2차시기, 2차시기와 3차시기의 상관성은 모두 유의성(p=0.000)을 보였으며, 1차시기와 3차시기의 상관성은 유의성(p=0.884)을 나타내지 않았다. 초기노안에서는 1차시기와 2차시기(r=0.878), 2차시기와 3차시기(r=0.814) 그리고 1차시기와 3차시기(r=0.845) 모두 유의한 상관성(p=0.000)을 나타내었다. 따라서 실성상대조절의 측정시점에 대한 상관성은 비노안은 2차시기와 3차시기가 가장 강한 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 1차시기와 2차시기 그리고 1차시기와 3차시기 순이었으며, 초기노안은 1차시기와 2차시기가 가장 강한 상관관계를 보였고, 1차시기와 3차시기 그리고 2차시기와 3차시기 순으로 나타났다.

+1.00D 미만의 가입도를 보인 초기노안은 상대조절력에 의한 가입도[11]와 0.20D 이내의 차이를 보였지만 같은 경향을 보였다. 허성상대조절에서와 같이 가입도는 1차시기가 가장 높은 값을 가졌으며, 3차시기, 2차시기의 순이었다.

최근에는 과도한 근거리 작업과 실내 생활로 인하여 초기 노안의 연령대가 30대 후반에도 나타나기도 하며, 개개인의 주시거리, 직업 등에 따라서도 초기 노안이 시작되는 시기는 달라질 수 있다[12]. 연구에 의하면 가혹한 근거리 시력이 요구되는 직업과 조절력 감소를 잘 느끼지 못하는 원거리 시력에 의존하는 직업 간에는 노안이 시작되는 시기가 큰 차이를 보일 수 있으며[3], 개인의 습관과 직업 등을 참작하여 근용 처방을 하는 것이 좋다고 하였다[13]. 많은 연구자들이 나이의 변화에 따른 조절력의 변화를 제시하였으나[14-17], 직업과 관련이 있거나 비직업적 활동에 관한 정보의 수집은 노안의 진단에 있어 중요하다[18].

시력은 저녁때가 되면서 빛 구별과 색상을 구별하는 감각이 감소하고, 선명한 시력의 작업거리가 멀어지며, 융합능력이 감소하고, 눈과 전신 피로로 인해 시력이 변화한

다[5]. 박 등은 자각적 방법을 이용한 시력측정에서 오후의 시력이 가장 낮았고 정오의 시력이 가장 좋았으며, 타각적 굴절력 측정에서 오전이 가장 높았고, 정오와 오후에 낮아져 시간이 지나면서 근시의 정도가 감소하는 일일변동을 보인다고 하였다[19].

본 연구의 측정시점에 따른 조절기능의 일일변화에서 1차시기와 3차시기보다 2차시기가 조절력, 조절용이성 모두 가장 높은 것으로 나타났다. 비노안은 조절력 측정에서 일과중 유의한 변화를 보이지는 않았으나, 초기노안은 일일변화에 유의성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 초기노안은 하루중에서 적게나마 조절기능의 변화가 있으며, 이로 인해 근거리 시력에도 변화가 있을 것이다.

결 론

비노안과 초기노안의 분류에 따른 1차시기, 2차시기 그리고 3차시기의 측정시점에 대한 조절기능의 일일변화에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비노안의 조절력은 2차시기가 가장 높게 측정되었으나 일일변화에 대한 유의성을 보이지 않았으며, 초기노안은 2차시기, 3차시기, 1차시기 순으로 일일변화량의 차이를 보였다. 조절력 측정시점에 대한 상관성은 비노안과 초기노안에서 1차시기와 2차시기의 상관관계가 가장 높은 것으로 나타났다.

2. 비노안의 조절용이성은 3차시기가 가장 높고, 2차시기, 1차시기 순으로 나타났으며, 초기노안은 2차시기가 가장 높고, 3차시기, 1차시기 순으로 모두 일일변화에 대한 유의성을 보였다. 측정시점에 대한 상관성은 두 집단에서 1차시기와 2차시기가 가장 강한 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

3. 허성상대조절에 대한 일일변화에서 비노안은 1차시기가 가장 높고, 2차시기, 3차시기 순으로 나타났으며, 초기노안은 1차시기가 가장 높고, 3차시기, 2차시기 순으로 나타났다. 실성상대조절에 대한 일일변화에서 비노안은 2차시기가 가장 높고, 1차시기와 3차시기가 거의 유사하게 나타났으며, 초기노안은 2차시기가 가장 높고, 3차시기, 1차시기 순으로 나타났다.

4. 초기노안에서 허성상대조절을 제외한 조절력, 조절용이성, 실성상대조절은 2차시기가 가장 높고, 1차시기가 가장 낮은 것으로 나타났다.

참고문헌

[1] Charman W. N., “The path to presbyopia: straight or crooked?”, Ophthalmic Physiol. Opt., 9(4):424-430(1989).

[2] Blystone P. A., “Relationship between age and presbyopic addition using a sample of 3645 examinations from a single private practice”, J. Am. Optom. Assoc., 70(8):505-508(1999).

[3] Eskridge J. B., “Clinical objective assessment of the accommodative response”, J. Am. Optom. Assoc., 60(4):272-275(1989).

[4] Milder B. and Rubin M. L., “The fine art of prescribing glasses without making a spectacle of yourself”, 2nd Ed. Triad publishing Co., Florida, pp. 52-53(1991).

[5] Eskridge J. B. and John B., “Clinical procedures in optometry”, Lippincott Williams & Wilkins, pp. 66-71(1991).

[6] 김재도, “임상검안과 안기능 이상 처방”, 신광출판사, pp. 96, 182-185, 201-205(2004).

[7] Alpern M. and Larson B., “Vergence and accommodation, IV. Effect of luminance quantity on the AC/A”, Am. J. Ophthalmol., 49:1140-1149(1960).

[8] Cacho P., Garcia A., Lara F., and Segui M. M., “Diagnostic signs of accommodative in-sufficiency”, Optom. Vis. Sci., 79(9):614-620(2002).

[9] Liu J. S., Lee M., Jang J., Ciuffreda K. J., Wong J. H., Grisham D., and Stark L., “Objective assessment of accommodation Orthoptics: 1. Dynamic, insufficiency”, Am. J. Optom. & Physiol. Opt., 56:285-294(1971).

[10] 신진아, “안기능 검사 이론과 실습”, 2판, 한미의학, pp. 197-198(2007).

[11] 김재도, “임상검안과 안기능이상 처방”, 신광출판사, pp. 123(2004).

[12] Milder B. and Rubin M. L., “The fine art of prescribing glasses without making a spectacle of yourself”, 2nd Ed. Triad publishing Co., Florida, pp. 38-39(1991).

[13] 김시욱, 최억, “한국인 노안의 연령에 따른 근용 첨가도”, 대한 안과학회지, 23(3):621-625(1982).

[14] Donders F. C., “On the anomalies of accommodation and refraction of the eye”, The New Sydenham Society, London, pp. 206-211(1864).

[15] Southall J. P. C., “Introduction to physiologic optics”, Oxford University Press, Oxford, pp. 88(1937).

[16] Duane A., “Normal values of the accommodation at all ages”, JAMA, 59(12):1010-1013(1912).

[17] Hofstetter H. W., “A comparison of Duane's and Donder's tables of the amplitude of accommodation”, Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom., 21(9):345-362(1944).

[18] 김현목, 손정식, 김인수, 조현국, “직업별 초기노안자의 조절력 비교”, 한국안광학회지, 13(4):135-139(2008).

[19] 박상철, 성아영, 김대현, 김덕훈, “근시안의 일일 시력변동에 관한 연구”, 한국안광학회지, 10(1):35-40(2004).

A Study on Diurnal Variations of Accommodation

Jeong-Yun Lee, Dong-Sik Yu, Jeong-Sik Son and Byeong-Yeon Moon

Department of Visual Optics, Kyungwoon University
(Received January 29, 2010: Revised March 10, 2010: Accepted March 19, 2010)

Purpose: The purpose of this study was to examine diurnal variation of accommodation on people whose age are between 35 and 50 years old with frequent alternation of accommodation at period 1 (8:00-10:00), period 2 (13:00-15:00) and period 3 (18:00-20:00). **Methods:** All 104 subjects were separated to nonpresbyopia and incipient presbyopia. Tests were done for amplitude of accommodation, accommodative facility and relative amplitude of accommodation. **Results:** Both nonpresbyopia and incipient presbyopia had the highest amplitude of accommodation in oculus dexter, oculus sinister and oculus uterque at period 2. In addition, the incipient presbyopia showed the statistical significance of daily change. The nonpresbyopia had the most accommodative facility at period 3 and incipient presbyopia had the most accommodative facility at period 2. Their daily variations were statistically significant. Both nonpresbyopia and incipient presbyopia had the most negative relative accommodation of daily change at period 1. Both of them had the most positive relative accommodation at period 2. **Conclusions:** The incipient presbyopia had the highest amplitude of accommodation, accommodative facility, and positive relative accommodation (except the negative relative accommodation) at period 2.

Key words: Incipient presbyopia, Amplitude of accommodation, Accommodative facility, Relative amplitude of accommodation, Near-work, Diurnal variation