

자동굴절검사기를 이용한 연령에 따른 객관적 조절력 평가

Evaluation of Objective Accommodation Power in Different Age Groups Using an Auto Accommodation Refractometer

강동완 · 엄영섭 · 임재원 · 강수연 · 김효명 · 송종석

Dong Wan Kang, MD, Young Sub Eom, MD, Jay Won Rhim, MD, Su Yeon Kang, MD,
Hyo Myung Kim, MD, PhD, Jong Suk Song, MD, PhD

고려대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the objective amplitude of accommodation in various age groups using an autorefractometer and to compare the results with subjective assessments on accommodation. Objective accommodative amplitude of artificial lenses in post-operative cataract patients was also measured.

Methods: In this study, 41 patients who visited Korea University Guro Hospital from July through August 2014 were categorized into 6 different age groups. Accommodative amplitude was measured using long-distance refraction at 5 m and short-distance refraction at 20 cm. In 20 patients, subjective amplitude of accommodation was measured using the minus lens technique and was compared with the measured objective accommodative amplitude. Accommodative amplitude was also measured in 8 patients who received cataract surgery.

Results: The mean accommodative ability in normal people was 2.38 D. The age groups of 10-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, and over 60 years showed accommodative amplitudes of 3.31 ± 0.99 D, 3.25 ± 0.34 D, 3.78 ± 0.68 D, 1.00 ± 0.60 D, 0.22 ± 0.23 D, 0.00 ± 0.00 D, respectively. The results showed a rapid decrease in accommodative ability of patients older than 40 years and demonstrated a correlation between objective and subjective amplitude of accommodation (Pearson's correlation coefficient 0.838). There was a significant difference between objective and subjective accommodative amplitudes in artificial lenses ($p = 0.015$), with average objective and subjective measures of 0.10 ± 0.23 D and 0.59 ± 0.35 D, respectively.

Conclusions: Measuring amplitude of accommodation using an autorefractometer can be useful in assessing results of presbyopia treatment.

J Korean Ophthalmol Soc 2016;57(1):20-24

Key Words: Accommodation, Autorefractometer, Pseudoaccommodation

■ Received: 2015. 4. 17.

■ Revised: 2015. 10. 20.

■ Accepted: 2015. 10. 22.

■ Address reprint requests to **Jong Suk Song, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, Korea University Guro Hospital,
#148 Gurodong-ro, Guro-gu, Seoul 08308, Korea
Tel: 82-2-2626-3178, Fax: 82-2-857-8580
E-mail: crisim@korea.ac.kr

* This study was presented as a narration at the 112th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2014.

* This study was supported in part by Alumni of Department of Ophthalmology, Korea University College of Medicine in 2015.

눈의 굴절력을 바꾸어 보고자 하는 상의 거리에 따라 망막에 정확히 맺히게 초점을 맞추는 기능을 눈의 조절 작용이라 하며, 최대의 조절 능력을 조절력이라 한다. 임상에서 조절력을 쉽게 측정하는 방법으로는 push-up method나 마이너스 렌즈를 이용한 방법 등이 있으나 이러한 방법은 모두 주관적인 방법으로 피검자의 상태나 피로도, 빛의 조도 등 여러 가지 영향을 끼치는 요인이 많아 객관적으로 평가하기가 어려운 단점이 있다.¹⁾

인공수정체안이나 무수정체안에서도 어느 정도의 조절

이 일어나는데 이를 수정체에 의한 조절(Accommodation)과 구별하여 위조절(Pseudoaccommodation)이라 한다.^{2,3} 수정체의 굴절을 자체는 변하지 않으나 동공 크기가 변하며 심도의 깊이가 달라지는 효과, 각막난시, 안축장의 변화, 인공수정체의 이동에 따른 전방 깊이의 변화 등이 위조절에 관여하는 것으로 알려져 있다.^{4,6} 본 연구에서는 자동굴절검사기를 이용하여 다양한 연령대에서 객관적으로 조절력을 평가하여 실제 느끼는 피검자의 주관적인 조절력과 비교하였고, 또한 백내장 수술 후 인공수정체안에서도 객관적인 평가와 주관적인 평가에 따른 조절력을 비교하였다.

대상과 방법

2014년 7월부터 8월까지 고려대학교 구로병원으로 내원한, 특별한 안과질환이 없는 자를 대상으로 하여 연구를 실시하였다. 연령에 따른 조절력의 평가를 위하여 정상 수정체안 41명 41안을 연령별로 10대 이하, 20대, 30대, 40대, 50대, 60대 이상 6군으로 나누어 객관적 조절력을 평가하였다. 또한 그중 20명을 대상으로 마이너스 렌즈 방법을 이용하여 주관적 조절력을 측정하였다. 위조절력의 객관적 및 주관적 평가 방법에 따른 차이를 알아보기 위해 본원에서 백내장 제거술 및 후방 인공수정체 삽입술을 시행 받은 인공수정체안 8명 8안을 대상으로 객관적 및 주관적 조절력을 평가하였다.

본 연구에서 객관적 조절력을 평가하기 위해서 WAM-5500 (Grand Seiko, Hiroshima, Japan) 자동굴절검사를 사용하였다. 피검자는 최대 교정한 안경을 착용한 상태에서 검사를 시작하였으며, 원거리를 평가하기 위해 5 m 거리에 시표를 설치하여 피검자에게 주시하도록 한 뒤 자동굴절검사를 이용한 굴절력을 측정하였고, 근거리 평가를 위하여 시표를 눈앞 20 cm까지 이동시켜 주시하게 한 후 굴절력을

평가하였다(Fig. 1). 본 연구에서는 5 m의 원거리에서 측정된 굴절력과 20 cm의 근거리에서 측정한 자동굴절검사 굴절력의 구면렌즈대응치의 차를 이용하여 객관적인 조절력의 변화를 측정하였다.

피검자가 느끼는 실제의 주관적인 조절력을 평가하기 위하여 마이너스 렌즈 방법을 이용하여 피검자의 주관적 조절력을 측정하였다. 최대 교정된 상태에서 5 m 거리의 1.0 시표를 주시하도록 한 뒤 0.25D 간격으로 마이너스 렌즈를 추가하였다. 시표를 알아볼 수 없을 정도에서의 첨가된 마이너스 도수로 주관적 조절력을 측정하였다. 자료의 통계 처리는 상관계수와 사후다중분석을 이용하여 계산하였으며 모든 통계분석에서 p -value 0.05 이하를 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

결 과

수정체안 41안(41명)을 대상으로 객관적인 조절력을 측정하였다. 10대 이하(11안)에서 평균 $3.31 \pm 0.99D$ 의 조절력을 보였고, 20대(6안)에서 $3.25 \pm 0.34D$, 30대(9안)에서 $3.78 \pm 0.68D$ 로 측정되었다. 40대(6안)부터는 $1.00 \pm 0.60D$ 로 급격히 감소하는 모습을 보여 50대(7안)에서 $0.22 \pm 0.23D$ 60대 이상(2안)에서는 조절력 평균이 $0.00 \pm 0.00D$ 로 측정되었다.

수정체안에서 객관적으로 조절력을 측정한 사람 중 협조가 쉽지 않은 환자 및 소아를 제외한 20세 이상의 성인 20명을 대상으로 피검자가 실제로 느끼는 주관적 조절력을 측정하였다. 20대부터 60대 이상까지 측정하였고, 20대(5안)에서 $4.30 \pm 1.29D$, 30대(8안)에서 $4.16 \pm 0.52D$ 로 측정되었다. 객관적 조절력과 마찬가지로 40대 이상에서 급격한 조절력의 감소를 보여 40대(2안)에서 $0.88 \pm 0.18D$, 50대(3안)에

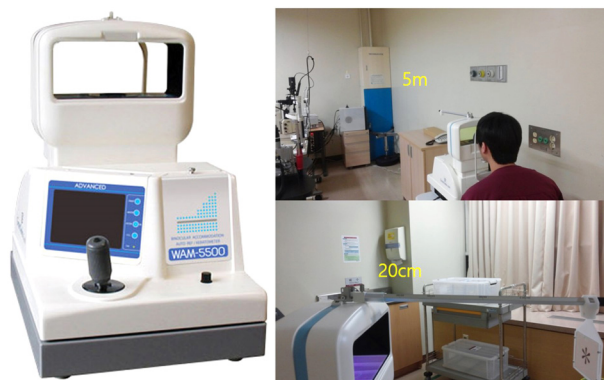


Figure 1. Measurement of objective accommodation power using autorefractometer (WAM-5500, Grand Seiko, Hiroshima, Japan).

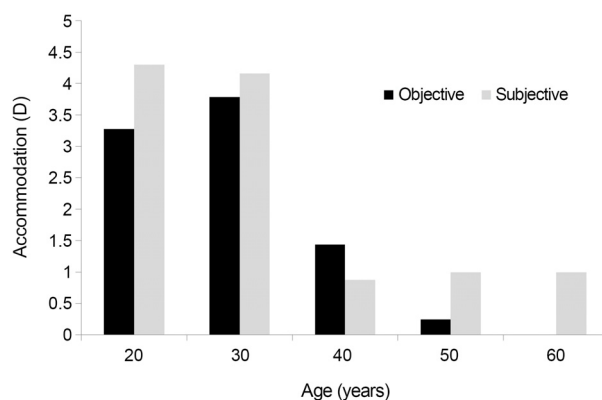


Figure 2. Comparison of mean accommodation power between subjective and objective measurements according to different age groups.

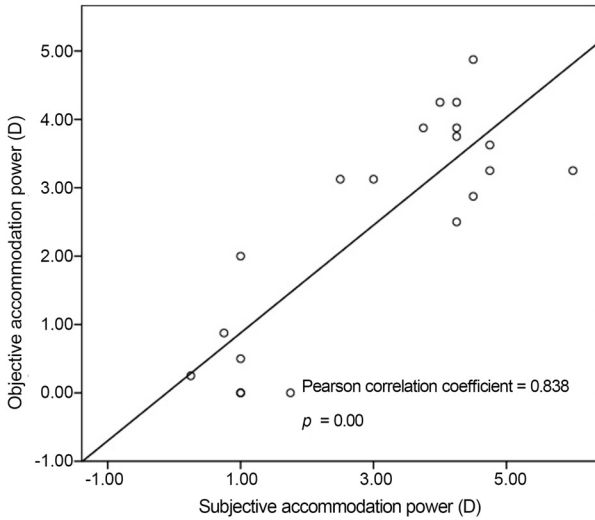


Figure 3. Correlation between objective and subjective accommodation power in phakic eye.

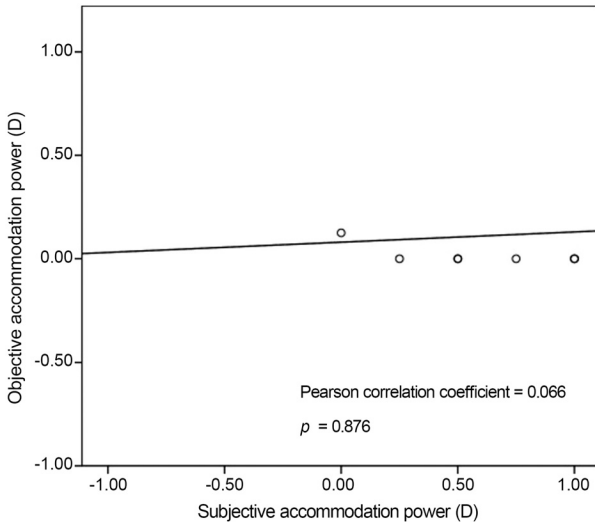


Figure 4. Correlation between objective and subjective accommodation power in pseudophakic eye.

서 $1.00 \pm 0.75D$, 60대(2안)에서 $1.00 \pm 0.00D$ 로 측정되었다.

객관적과 주관적 조절력 모두를 측정한 환자를 비교하였을 때 40대 이상에서 모두 급격한 감소를 보이나 40대 이상에서 객관적 조절력은 연령이 증가함에 따라 계속 감소하는 모습을, 주관적 조절력은 1D 정도로 유지되는 모습을 확인하였다(Fig. 2).

주관적 검사법의 문제점을 확인하기 위해서 실제로 굴절 변화가 전혀 일어나지 않는 인공수정체안(8안)에서의 조절력을 비교하였다. 객관적 조절력은 $0.10 \pm 0.23D$ 로 거의 조절이 일어나지 않은 반면 주관적 조절력은 $0.59 \pm 0.35D$ 로 일정부분 조절이 유지됨을 확인하였고 둘 사이에는 유의한 차이를 보였다($p=0.015$, t -test).

객관적 조절력과 주관적 조절력 사이의 관계를 비교하여 보았을 때 수정체안에서 Pearson 상관계수가 0.838로 유의한 관련성을 보였다($p<0.01$) (Fig. 3). 인공수정체안에서는 객관적 조절력은 0D에 가까운 분포를 보이는 반면 주관적 조절력은 다소 편차가 있어 둘 사이에 유의한 연관성은 없었다(Fig. 4).

고 찰

조절은 모양체소대의 수축과 이완으로 수정체의 두께가 변하고 이로 인해 빛의 굴절이 바뀌어 발생하며, 광선을 정확한 망막면에 결상하게 함으로써 정확한 상을 인식하도록 하는 작용이다.⁷ 조절력을 측정하는 방법으로 push-up method나 마이너스 렌즈를 이용한 주관적인 방법들이 있으나 객관성이 떨어진다는 한계가 있다.¹ 정확한 조절력의 평가를 위하여 사용되고 있는 조절계는 자동굴절검사계를 이용한 방법으로 시표를 등속도로 운동하여 얻어지는 조절기능의 변화를 이용하여 정확하고 객관적이며 조절의 정성적인 분석이 가능하다는 장점이 있으나 많이 보급되지 않아 임상적 이용에 그 한계가 있다.⁸ 본 연구에서는 자동굴절검사를 이용하여 실제 임상에서 보다 간단하게 객관적인 조절력을 측정하여 주관적 조절력과의 비교를 통해 그 유용성을 평가하고자 하였다.

본 연구에서 사용한 WAM-5500 (Grand Seiko)은 open-view 형태의 자동굴절검사로 주시점의 위치를 바꾸어 가며 피검자의 원거리와 근거리의 굴절이상을 측정할 수 있고, 이를 이용하여 객관적인 조절력을 평가할 수 있다.^{9,10} Win-Hall and Glasser^{11,12}는 본 연구에서 사용된 WAM-5500의 전 모델인 WR-5100K (Grand Seiko, Hiroshima, Japan) 자동굴절검사를 이용하여 젊은 정상안과 노안, 유수정체안과 인공수정체안을 대상으로 객관적 조절력을 측정한 바 있다. 그러나 WR-5100K 장비는 open-view 형태를 갖춘 자동굴절검사의 초기 제품으로 자동굴절검사에서 피검자가 무의식적으로 조절을 하지 않도록 open-view 형태를 도입한 것으로 피검자의 정확한 굴절이상을 측정하기 위해 개발되었지만 객관적인 조절력을 측정하기 위해 개발된 장비는 아니었다. WAM-5500은 동일한 open-view 형태의 자동굴절검사기이지만 피검자의 조절력을 객관적으로 측정할 수 있도록 개발된 제품이다. 국외의 몇몇 연구에서는 소아에서 객관적 조절력에 영향을 미치는 인자를 알아보거나 인공수정체안에서 객관적 조절력을 평가하기 위해 이 장비가 사용되었다.^{13,14} 그러나 이전 연구들은 단지 객관적 조절력을 평가하기 위해 WAM-5500 장비를 사용하였을 뿐 이 장비를 이용해 측정된 객관적 조절력과 push-up method나 마

이너스 렌즈 방법 등을 이용해 측정된 주관적 조절력을 비교한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서 처음으로 WAM-5500 장비로 측정된 객관적 조절력과 마이너스 렌즈 방법을 이용해 측정된 주관적 조절력을 비교 평가하였으며, 이전 연구가 소아나 인공수정체안이라는 특정 나이나 상태에서 객관적 조절력을 측정한 것과 달리 본 연구에서는 다양한 연령의 피검자에서 객관적 조절력을 평가하였고 이를 주관적 조절력과 비교하여 상호 연관성을 평가하였다는 데 그 의의가 있다고 생각된다.

조절력은 나이가 들어감에 따라 줄어들며, 조절력이 감퇴되어 근거리 작업에 장애를 주는 상태를 노안이라 한다.¹ 연령에 따른 조절력 감소는 수정체의 핵이 커지고 수분이 감소되어 탄력성이 줄어들며 모양체근이 약해져 모양소대를 충분히 이완시켜 주지 못하는 등 여러 가지 원인에 의한 것으로 생각되고 있다. 정상인에서 연령의 증가에 따른 조절력의 감소에 대하여 많은 보고가 있었고, 한국인에서도 마이너스 렌즈를 이용한 주관적인 연령별 조절력이 보고된 바 있다.⁹

본 연구에서 역시 객관적, 주관적 검사에서 모두 연령에 따른 조절력의 감소를 확인하였다. 유수정체안에서 객관적 과 주관적 조절력 모두를 측정한 환자를 비교하였을 때 40대 이상에서 모두 급격한 감소를 보이나 40대 이상에서 객관적 조절력은 연령이 증가함에 따라 계속 감소하는 모습을, 주관적 조절력은 1D 정도로 유지되는 모습을 확인할 수 있었다. 또한 실제 조절력은 없지만 주관적 조절력이 유지되는 것은 굴절변화는 없지만 위조절 등이 관여함으로써 이러한 결과를 보였음을 추측할 수 있었다. 이는 현재 사용되는 주관적 조절력 측정 검사법의 한계라고 할 수 있으며, 위조절이 아닌 실제 조절력의 평가는 객관적 평가 방법이 더 정확하리라 생각된다. 또한 본 연구를 통해 60세 이상의 피검자에서도 약 1D의 위조절력이 남아 있으며, 인공수정체안에서도 평균 0.59D의 위조절력이 남아 있다는 것을 증명한 것은 나름 중요한 의미를 갖는다고 생각된다.

본 연구에서 30대 이하의 객관적 조절력을 측정하였을 때 10대 이하에서 3.31D, 20대에서 3.25D, 30대에서 3.78D로 비교적 객관적 조절력이 일정함을 볼 수 있었는데, 이는 연구에서 객관적 조절력을 5 m와 20 cm의 구면렌즈대응치 변화를 이용하여 평가하였기 때문으로 생각된다. 실제로는 나이가 어리다면 20 cm보다 좀 더 시표를 가까이 했을 때 더 큰 조절력을 보였을 것이다. 하지만 본 연구에서는 통상적으로 조절력을 평가하는 목적이 40대 이상 조절력이 줄어들어 노안이 왔을 때임을 감안하여 근거리 주시점을 20 cm로 하여 측정을 하였고 젊은 성인이나 소아에서는 근거

리 주시점을 더 가까이하여 측정할 경우 최대 조절력 측정이 가능했으리라 생각된다.

결론적으로 자동굴절검사계를 이용하여 측정된 조절력은 객관적으로 조절력을 평가함에 있어 유용하였다. 특히 40대 이후 조절기능이 떨어져 노안이 온 환자들에게 임상에서 위조절을 배제한 실제의 조절을 평가함에 있어 좀 더 객관적인 조절력을 평가할 수 있으리라 생각된다. 또한 향후 노안의 약물치료나 수술이 개발되어 그 효과를 판정할 때 객관적인 변화를 평가할 수 있는 기본검사로 사용될 수 있다고 생각된다.

REFERENCES

- 1) Michaels DD. Visual Optics and Refraction, 1st ed. St. Louis: The C.V. Mosby company, 1975; 268-81.
- 2) Bettman JW. Apparent accommodation in aphakic eyes. Am J Ophthalmol 1950;33:921-8.
- 3) Sugitami Y, Komori T, Kitoh R, Hayano S. Apparent accommodation (pseudo-accommodation) on pseudophakia. Folia Ophthalmol Jpn 1979;30:326-31.
- 4) Huber C. Planned myopic astigmatism as a substitute for accommodation in pseudophakia. J Am Intraocul Implant Soc 1981;7: 244-9.
- 5) Nakazawa M, Ohtsuki K. Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation of posterior chamber intraocular lenses: optical analysis. Invest Ophthalmol Vis Sci 1984;25:1458-60.
- 6) Ravalico G, Baccara F. Apparent accommodation in pseudophakic eyes. Acta Ophthalmol (Copenh) 1990;68:604-6.
- 7) Duane A. Are the current theories of accommodation correct? Am J Ophthalmol 1925;8:196-202.
- 8) Kabayama T, Fuseya Y, Miyazaki H. A quasi-static study of accommodation with aging in normal cases. Nihon Ganka Gakkai Zasshi 1987;91:494-7.
- 9) Kim BC. The normal value of amplitude of accommodation in Koreans. J Korean Ophthalmol Soc 1979;20:153-7.
- 10) Sheppard AL, Davies LN. Clinical evaluation of the Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM-5500. Ophthalmic Physiol Opt 2010; 30:143-51.
- 11) Win-Hall DM, Glasser A. Objective accommodation measurements in presbyopic eyes using an autorefractor and an aberrometer. J Cataract Refract Surg 2008;34:774-84.
- 12) Win-Hall DM, Glasser A. Objective accommodation measurements in pseudophakic subjects using an autorefractor and an aberrometer. J Cataract Refract Surg 2009;35:282-90.
- 13) Harvey EM, Miller JM, Apple HP, et al. Accommodation in astigmatic children during visual task performance. Invest Ophthalmol Vis Sci 2014;55:5420-30.
- 14) Zamora-Alejo KV, Moore SP, Parker DG, et al. Objective accommodation measurement of the Crystalens HD compared to monofocal intraocular lenses. J Refract Surg 2013;29:133-9.

= 국문초록 =

자동굴절검사기를 이용한 연령에 따른 객관적 조절력 평가

목적: 자동굴절검사기를 이용하여 다양한 연령대에서 객관적 조절력을 평가하고 이를 주관적 조절력 평가 결과와 비교하였다. 또한 백내장 수술 후 인공수정체안에서도 객관적 조절력이 어떠한지 알아보았다

대상과 방법: 2014년 7월부터 2014년 8월까지 고려대학교 구로병원으로 내원한 수정체안 41명 41안을 10대 이하부터 60대 이상까지 6군의 연령대별로 나누어 자동굴절검사기로 측정된 5 m에서의 원거리 굴절값과 20 cm에서의 근거리 굴절값을 이용하여 객관적 조절력을 측정하였다. 또한 20명 20안에서는 마이너스 렌즈 방법을 이용하여 주관적 조절력을 측정하여 객관적으로 측정된 조절력과 비교하였다. 끝으로 백내장 수술 후 인공수정체안 8명 8안을 대상으로 하여 객관적으로 조절력이 어떠한지를 평가하였다.

결과: 정상인의 조절력 평균은 2.38D, 각 연령별 객관적 조절력은 10대 $3.31 \pm 0.99D$, 20대 $3.25 \pm 0.34D$, 30대 $3.78 \pm 0.68D$, 40대 $1.00 \pm 0.60D$, 50대 $0.22 \pm 0.23D$, 60대 $0.00 \pm 0.00D$ 로 40대부터 급격한 감소를 보였으며, 객관적 조절력과 주관적 조절력은 유의한 양의 상관관계를 보였다(Pearson correlation coefficient 0.838). 그러나 주관적 조절력에서는 60세 이상의 피검자에서도 약 1D의 위조조절력이 남아 있었다. 인공수정체안에서의 객관적 조절력은 평균 $0.10 \pm 0.23D$, 주관적 조절력은 평균 $0.59 \pm 0.35D$ 로 유의한 차이를 보였다($p=0.015$).

결론: 자동굴절검사기를 사용한 객관적인 방법으로 조절력을 측정하는 것은 향후 노안과 관련된 약물이나 치료의 효과를 평가하는데 유용하게 사용될 수 있겠다.

〈대한안과학회지 2016;57(1):20-24〉
