

노안의 수술적 치료

박 종 훈 · 김 명 준 | 울산대학교 의과대학 서울아산병원 안과

Surgical treatment of presbyopia

Jong Hoon Park, MD · Myoung Joon Kim, MD

Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

Presbyopia is the progressive reduction in the ability to focus on near objects, and as an age-related condition, the prevalence of presbyopia is expected to increase with the aging of society. A number of corneal surgical procedures are available for the treatment of presbyopia, including monovision laser in situ keratomileusis (LASIK)/ laser-assisted sub-epithelial keratomileusis (LASEK), conductive keratoplasty, presbyopic LASIK, and corneal inlay. Implantation of presbyopia-correcting intraocular lenses (IOLs), such as refractive/diffractive IOLs or accommodating IOLs, is also an option. Despite the variety of treatment options available, a perfect solution has yet to be developed and patients may present with visual or optical complications such as halos, glare, or decreased contrast sensitivity. As such, careful selection and customization of treatment is essential, based on patients' individual needs and requirements for vision.

Key Words: Presbyopia; Monovision; Laser *in situ* keratomileusis; Multifocal intraocular lens; Corneal inlay

서론

노안은 연령이 증가함에 따라 점진적으로 조절력을 상실하게 되는 현상이다. 정시 또는 원시 환자의 경우 주로 근거리 시력저하 증상을 호소하게 되며, 노인인구는 거의 예외 없이 노안을 느끼게 되며 고령화가 진행되면서 꾸준한 증가 추세에 있다. 2005년 발표된 자료에 따르면 전세계적으로 약 10억의 인구가 노안 환자로 추산된 바 있다[1]. 그동안 안과 영역에서 다양한 노안의 수술적 치료가 개발되었으며 현재 시행 중이다[2]. 노안의 수술적 치료는 크게 각막을 이용

한 수술과 인공수정체를 이용한 수술로 구분할 수 있는데 각각에 대하여 간략히 소개하고자 한다[3].

각막을 이용한 노안수술

1. 모노비전 라식, 라섹

모노비전(monovision)이란 한쪽 눈은 원거리를 보도록 하고 다른 쪽 눈은 근거리를 보도록 하는 개념을 말하는데, 가장 기본적인 노안수술의 방법이며 이후에 소개되는 다른 노안수술에서도 많이 활용되는 개념이다. 흔히 굴절이상을 교정하기 위해 시행되는 라식이나 라섹 등의 방법으로 주시안은 정시를 만들어 원거리를 보도록 하고, 비주시안은 근거리를 볼 수 있도록 약간의 근시를 만들어 주는 방법으로 인위적으로 굴절부등을 유도하는 수술법이다. 이러한 방법은 대부분의 경우 일상생활에 불편을 못 느끼지만 양안 시력의 감소, 입체시의 감소, 굴절부등의 적응 실패 등 부작용

Received: February 3, 2014 Accepted: February 17, 2014

Corresponding author: Myoung Joon Kim
E-mail: joon@amc.seoul.kr

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이 있을 수 있다[4]. 374명을 대상으로 시행된 모노비전 라식에 대한 비교적 대규모의 후향적 연구결과를 살펴보면 전체적인 성공률은 92.5%로 보고되었으며 7.5%에서 만족하지 못하여 비주시안을 정시로 맞추는 추가적인 수술을 받았다[5]. 양안의 굴절 부등이 어느 정도가 적당한지에 대해서는 논란의 여지가 있는데, 2.0 디옵터 이하의 비교적 적은 양의 굴절부등이 입체시나 대비감도 면에서 유리하다는 주장과 2.5 디옵터 이상 많은 양의 굴절부등이 적응에 차이가 없으면서 근거리 양안 시력 면에서 유리하다는 주장이 혼재하고 있다[6-8].

2. Conductive keratoplasty

Conductive keratoplasty는 각막에 부분적으로 열을 가하여 각막의 변형을 유발하는 thermokeratoplasty의 한 종류로 40세 이상의 환자에서 원시교정을 목적으로 미국 식품의약국의 허가를 받은 시술이다[9]. Conductive keratoplasty의 원리는 라디오파를 바늘로 전달하여 주변부 각막 실질을 수축 시킴으로써 주변부 각막은 편평해지고 중심부 각막은 볼록해지도록 각막을 변형하는 것이다. 2007년 발표된 연구에서 노안교정을 목적으로 비주시안 단안에 시술했을 때 수술 후 1년까지 근거리 나안 시력이 89%에서 J1 이상을 보였으나 3년째는 78%에서 J3 이상으로 그 효과가 떨어지는 결과를 보였다[10]. 또한 더욱 장기간 경과관찰을 하였던 다른 연구에서도 원시성 퇴행이 확인되어 최근에는 거의 시행되고 있지 않고 있다[11].

3. 노안교정 라식

노안교정 라식은 앞서 소개한 모노비전 라식수술과 달리 각막 자체가 multifocality를 갖도록 레이저를 조사하는 방식의 수술방법이다. 이러한 노안교정 라식수술은 레이저 조사 방식에 따라 크게 multifocal transitional profile, peripheral presby laser *in situ* keratomileusis (LASIK), central presby LASIK으로 구분 할 수 있다[2,12]. Multifocal transitional profile 방식은 마치 다초점 안경처럼 아래쪽 각막을 통해 근거리를 중심부 각막을 통해 원거리를 볼 수 있도록 레이저를 조사하는 방식이다. 이러한 방식

은 수직 코마 수차를 크게 유발하여 최근에는 거의 사용되고 있지 않다[12]. Peripheral presby LASIK은 각막의 주변부를 이용하여 근거리를 볼 수 있도록 레이저를 조사하는 방식으로 각막 주변부의 절삭량이 크기 때문에 주로 원시 환자를 대상으로 시행되고 있다[12]. Central presby LASIK은 각막의 중심부를 이용하여 근거리를 볼 수 있도록 레이저를 조사하는 방식으로 peripheral presby LASIK에 비해 각막 절삭량이 적고, 적응 시간(neural adaptation)이 짧은 것으로 알려져 있다[2]. 하지만 중심부 각막에 레이저를 조사하는 방식의 특성상 시축과의 정렬(alignment)에 민감하게 영향을 받는 단점이 있다. 296안을 대상으로 시행된 노안교정 라식에 대한 보고에서 양안 시력 기준으로 92.8%에서 20/20 이상의 나안 원거리 시력을 보였으며, 94.5%에서 J2 이상의 나안 근거리 시력을 보였다[13].

4. 펌토초 레이저 각막 실질 원형 절개

펌토초 레이저 각막 실질 원형 절개(intrastromal femto-second ring incision)는 펌토초 레이저를 이용하여 각막 실질에 링 모양의 절개를 가하는 각막을 이용한 또 다른 노안교정 수술방법으로 2009년에 소개되었다. Intracor라고도 불리는 수술방법으로 각막 중심부 1.8-3.4 mm 사이에 5개의 실질 절개를 만들어서 중심부 각막을 볼록하게 만들어 굴절력을 높이는 방식이다. 이 수술은 비주시안 단안에만 시술하게 되는데 25명을 대상으로 시행된 연구에서 술전에 비해 의미 있는 근거리 시력 향상을 보였으나 원거리 교정시력은 52%에서 한 줄, 22%에서 두 줄 이상의 감소를 보였다[14].

5. 각막 인레이

각막 인레이(corneal inlay) 삽입은 노안교정을 목적으로 각막 내에 인레이라 불리는 매우 얇은 일종의 임플란트를 삽입하는 수술방법을 말한다. 현재 노안교정을 목적으로 크게 3가지 타입의 각막 인레이들이 시판 중이거나 시판을 준비 중에 있다. 먼저 핀홀(pin hole) 원리를 이용해서 초점심도(depth of focus)를 증가시키는 small aperture inlay인 KAMRA (AcuFocus, Irvine, CA, USA)는 현재 국내에서도 사용중인 것으로 중심부에 1.6 mm 직경의 구멍을 갖는

3.8 mm 크기의 얇은 필름 같은 구조이다. 동공 크기를 인위적으로 작게 만들어주는 효과를 갖는데 이렇게 핀홀을 만들어주면 마치 카메라의 조리개를 조였을 때처럼 초점 심도가 증가되어 근거리 시력의 회복을 도모할 수 있다[15]. 또한 KAMRA 인레이의 주변부에는 약 8,400개의 작은 구멍이 있어서 각막의 산소, 당분의 확산을 저해하지 않도록 설계되어 있다. 비주시안 단안에 삽입되며 펄스 레이저를 이용하여 각막 내에 작은 포켓을 만들어서 삽입하거나 약 200 μm 두께의 각막 피판을 만들어서 라식수술과 병행하여 삽입술을 진행할 수도 있다. 비교적 많은 환자를 대상으로 시행된 최근 연구 결과를 보면, 128안에서 라식수술과 비주시안에 KAMRA 인레이 삽입술을 동시에 진행하였을 때 근거리 나안시력은 원시안에서 7줄 정시안에서 6줄 근시안에서 2줄 향상되었으며 원거리 나안시력 역시 각각 3줄, 1줄, 10줄 향상되었다[16]. 다른 종류의 인레이로 space occupying inlay인 Raindrop 인레이(ReVision Optics, Lake Forest, CA, USA)가 있다. Raindrop 인레이는 빛을 제한하는 핀홀의 원리가 아닌 중심부 각막에 직경 2.0 mm의 작고 투명한 인레이를 삽입함으로써 각막의 전면부를 리모델링하여 근거리 시력을 향상 시키도록 디자인되어 있다. 또한 각막의 nutrient flow를 방해하지 않도록 permeable hydrogel 재질로 만들어져 있으며 수분함량이 80%이며, refractive index가 사람의 각막과 거의 같도록 디자인 되어있는 특징이 있다. 최근 발표된 연구에 따르면 원시성 노안환자를 대상으로 라식과 함께 비주시안에 Raindrop 인레이를 삽입한 결과 수술 후 1주일째 모든 환자에서 나안 근거리 시력이 20/32 이상을 보였으며, 양안 나안 원거리 시력은 20/19로 좋은 결과를 보였다[17]. 또 다른 종류의 인레이로는 refractive annular lenticule인 Flexivue Microlens (Presbia, Amsterdam, the Netherlands)가 있다. 이것은 친수성 아크릴 소재로 되어 있으며 인레이 중심부에는 굴절력이 없으나 주변부에는 굴절력을 갖도록 디자인 되어 삽입안에 multifocality를 유도한다. 역시 이것도 비주시안 단안에 삽입되며 2013년 발표된 연구에서 1년 경과관찰 시 근거리 나안 시력은 75%에서 20/32 이상으로 호전되었으나 수술안에서 원거리 나안 시력은 20/50으로 저하되는 것으로 나타났다. 하지만 양안 나안

원거리 시력은 술전과 차이가 없었으며 대비감도는 다소 떨어지는 것으로 보고되었다[18].

인공수정체를 이용한 노안수술

노안교정수술을 고려할 때 환자의 수정체가 깨끗하다면 앞서 기술한 각막을 이용한 노안수술의 여러 방법들을 시행할 수 있으나, 수정체에 임상적으로 무시하지 못할 정도의 백내장이 진행된 상태라면 수정체를 제거하고 노안교정용 인공수정체를 삽입하는 것을 더욱 적극적으로 고려할 수 있다. 이때 노안교정을 위해 사용될 수 있는 인공수정체는 그 광학 원리에 따라 크게 굴절성 다초점 인공수정체, 회절성 다초점 인공수정체, 조절성 인공수정체로 구분될 수 있다[3].

1. 굴절성 다초점 인공수정체

굴절성 다초점 인공수정체는 인공수정체의 광학부내에 굴절력이 다른 여러 굴절 영역이 존재하여 한 개 이상의 초점이 만들어지도록 설계된 것으로 초기에 소개되었던 다초점 인공수정체의 모델들에 많이 적용되었던 디자인이다. 국내에서 많이 사용되고 있는 굴절성 다초점 인공수정체인 Rezoom (Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA, USA)은 2005년 미국 식품의약국의 허가를 획득한 제품으로 원거리와 근거리를 담당하는 다섯 개의 굴절영역을 갖도록 설계되어 있으며 삼체형 디자인을 채택하였다[19]. 광학적으로 굴절성 다초점 인공수정체는 이후 언급하게 되는 회절성 다초점 인공수정체에 비하여 에너지의 손실은 덜하지만 동공 크기 변화와 인공수정체 중심이탈 시 민감하게 영향을 받는 단점이 있다[2]. 최근에는 비대칭적인 독특한 디자인의 구간 굴절성 다초점 인공수정체가 소개되었다. 구간 굴절성 다초점 인공수정체인 Lentis Mplus (Oculentis GmbH, Berlin, Germany)는 광학부 하측에 근거리를 담당하는 +3.0 디옵터의 영역이 존재한다. 주로 유럽 지역에서 쓰이고 있으며 국내에서도 사용 중으로 비대칭적인 독특한 디자인으로 수직 코마 수차 등 안구 고위 수차는 높게 측정되나 여러 연구에서 양호한 근거리, 중간거리 및 원거리 시력 결과가 발표되었다[20-23].

2. 회절성 다초점 인공수정체

회절성 다초점 인공수정체는 최근 출시되어 사용 중인 다초점 인공수정체에 가장 널리 이용되고 있는 디자인으로 빛의 회절과 간섭 현상을 이용하여 두 개 이상의 초점으로 빛이 나누어 지도록 설계되어 있다. 이러한 회절성 다초점 인공수정체는 굴절성 다초점 인공수정체에 비하여 동공의 변화나 인공수정체 중심 이탈 시 영향을 덜 받는 장점이 있다 [24]. 국내에서 널리 사용중인 Restor (Alcon Laboratories, Irvine, CA, USA) 다초점 인공수정체는 회절성 다초점 인공수정체로 특징적으로 apodization 개념이 사용되었다. Apodization에 의해서 근거리 주시 시 축소되고, 원거리 주시 시 산동 되는 생리적 동공 변화를 최대한 활용 하고자 하였으나, 어두운 조명하에서는 근거리 주시 시에도 동공의 크기가 커서 근거리 기능이 상대적으로 떨어질 수 있다는 단점도 있다. 널리 사용되는 또 다른 회절성 다초점 인공수정체로 Tecnis 다초점 인공수정체가 있다. Tecnis 다초점 인공수정체는 apodization이 사용되지 않아 조명에 무관하게 근거리 시기능을 확보할 수 있는 장점이 있으나, 생리적인 동공의 크기 변화를 고려하고 있지는 않다. 최근에는 원거리와 근거리뿐 아니라 중간거리에도 광학적 초점을 맞춘 삼중초점 다초점 인공수정체도 개발되었으나 국내에는 아직 본격적으로 시판되지 않았다. 외국의 임상 결과를 살펴보면 원거리와 근거리 시력에는 차이가 없으면서 유의하게 중간거리 시력에서 양호한 결과를 보였다는 연구결과들이 있으나, 동일한 빛을 그만큼 더 나눠써야 한다는 점에서 추후 임상 결과를 더 지켜봐야 할 것이다 [25,26].

3. 조절성 인공수정체

앞선 언급한 다초점 인공수정체는 빛을 분할하는 것으로 임상적으로는 상의 선명도가 감소하거나 대비감도 등이 저하될 수 있다. 이러한 단점을 극복 하고자 실제 젊은 사람의 눈처럼 조절을 할 수 있는 다양한 기전의 조절성 인공수정체들이 개발되었다. 광학부의 작동 방식에 따라 single optic, dual optic, curvature changing 등 다양한 시도가 있었으며 국내에도 몇몇 제품들이 소개되었으나 근거리 시력 결과가 일정하지 않고 수정체나 수축되면서 굴절 이상이 유발

되거나 인공수정체 기울어짐이 발생 가능한 점 등의 단점이 있다 [27,28].

결론

이상에서 살펴본 것과 같이 다양한 노안의 수술적 치료방법들이 개발되어 있다. 하지만 빛 번짐 현상, 눈부심, 대비감도 저하, 입체시의 저하 등 여전히 극복해야 할 과제들이 남아있으며 완전한 방법은 없다. 환자의 필요를 세심하게 파악하여 환자를 선택하고 개인의 특성에 따라 적합한 치료방법을 제시하는 것이 현재까지 가장 합리적인 노안의 치료방법이다.

찾아보기말: 노안; 모노비전; 라식; 다초점 인공수정체; 각막 인레이

ORCID

Jong Hoon Park, <http://orcid.org/0000-0002-3767-3474>

Myoung Joon Kim, <http://orcid.org/0000-0003-4945-4858>

REFERENCES

- Holden BA, Fricke TR, Ho SM, Wong R, Schlenther G, Cronje S, Burnett A, Papas E, Naidoo KS, Frick KD. Global vision impairment due to uncorrected presbyopia. Arch Ophthalmol 2008;126:1731-1739.
- Toricelli AA, Junior JB, Santhiago MR, Bechara SJ. Surgical management of presbyopia. Clin Ophthalmol. 2012;6:1459-1466.
- Waring GO 4th, Berry DE. Advances in the surgical correction of presbyopia. Int Ophthalmol Clin 2013;53:129-152.
- Goldberg DB. Comparison of myopes and hyperopes after laser in situ keratomileusis monovision. J Cataract Refract Surg 2003;29:1695-1701.
- Miranda D, Krueger RR. Monovision laser in situ keratomileusis for pre-presbyopic and presbyopic patients. J Refract Surg 2004;20:325-328.
- Goldberg DB. Laser in situ keratomileusis monovision. J Cataract Refract Surg 2001;27:1449-1455.
- Sippel KC, Jain S, Azar DT. Monovision achieved with excimer laser refractive surgery. Int Ophthalmol Clin 2001;41:91-101.

8. Jain S, Ou R, Azar DT. Monovision outcomes in presbyopic individuals after refractive surgery. *Ophthalmology* 2001; 108:1430-1433.
9. McDonald MB, Hersh PS, Manche EE, Maloney RK, Davidorf J, Sabry M; Conductive Keratoplasty United States Investigators Group. Conductive keratoplasty for the correction of low to moderate hyperopia: U.S. clinical trial 1-year results on 355 eyes. *Ophthalmology* 2002;109:1978-1989.
10. Stahl JE. Conductive keratoplasty for presbyopia: 3-year results. *J Refract Surg* 2007;23:905-910.
11. Ehrlich JS, Manche EE. Regression of effect over long-term follow-up of conductive keratoplasty to correct mild to moderate hyperopia. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1591-1596.
12. Alio JL, Amparo F, Ortiz D, Moreno L. Corneal multifocality with excimer laser for presbyopia correction. *Curr Opin Ophthalmol* 2009;20:264-271.
13. Reinstein DZ, Couch DG, Archer TJ. LASIK for hyperopic astigmatism and presbyopia using micro-monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL80 platform. *J Refract Surg* 2009; 25:37-58.
14. Menassa N, Fitting A, Auffarth GU, Holzer MP. Visual outcomes and corneal changes after intrastromal femtosecond laser correction of presbyopia. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:765-773.
15. Dextl AK, Seyeddain O, Riha W, Hohensinn M, Hitzl W, Grabner G. Reading performance after implantation of a small-aperture corneal inlay for the surgical correction of presbyopia: two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37:525-531.
16. Tomita M, Kanamori T, Waring GO 4th, Yukawa S, Yamamoto T, Sekiya K, Tsuru T. Simultaneous corneal inlay implantation and laser in situ keratomileusis for presbyopia in patients with hyperopia, myopia, or emmetropia: six-month results. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:495-506.
17. Chayet A, Barragan Garza E. Combined hydrogel inlay and laser in situ keratomileusis to compensate for presbyopia in hyperopic patients: one-year safety and efficacy. *J Cataract Refract Surg* 2013;39:1713-1721.
18. Limnopoulou AN, Bouzoukis DI, Kymionis GD, Panagopoulou SI, Plainis S, Pallikaris AI, Feingold V, Pallikaris IG. Visual outcomes and safety of a refractive corneal inlay for presbyopia using femtosecond laser. *J Refract Surg* 2013;29:12-18.
19. Munoz G, Albarran-Diego C, Cervino A, Ferrer-Blasco T, Garcia-Lazaro S. Visual and optical performance with the ReZoom multifocal intraocular lens. *Eur J Ophthalmol* 2012; 22:356-362.
20. Venter JA, Pelouskova M, Collins BM, Schallhorn SC, Hannan SJ. Visual outcomes and patient satisfaction in 9366 eyes using a refractive segmented multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2013;39:1477-1484.
21. Alfonso JF, Fernandez-Vega L, Blazquez JI, Montes-Mico R. Visual function comparison of 2 aspheric multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:242-248.
22. Alio JL, Pinero DP, Plaza-Puche AB, Chan MJ. Visual outcomes and optical performance of a monofocal intraocular lens and a new-generation multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:241-250.
23. Alio JL, Plaza-Puche AB, Javaloy J, Ayala MJ. Comparison of the visual and intraocular optical performance of a refractive multifocal IOL with rotational asymmetry and an apodized diffractive multifocal IOL. *J Refract Surg* 2012;28:100-105.
24. Soda M, Yaguchi S. Effect of decentration on the optical performance in multifocal intraocular lenses. *Ophthalmologica* 2012;227:197-204.
25. Mojzis P, Pena-Garcia P, Liehneova I, Ziak P, Alio JL. Outcomes of a new diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2014;40:60-69.
26. Madrid-Costa D, Ruiz-Alcocer J, Ferrer-Blasco T, Garcia-Lazaro S, Montes-Mico R. Optical quality differences between three multifocal intraocular lenses: bifocal low add, bifocal moderate add, and trifocal. *J Refract Surg* 2013;29:749-754.
27. Epstein RH, Liu ET, Werner L, Kohnen T, Kaproth OK, Mamalis N. Capsulorhexis phimosis with anterior flexing of an accommodating IOL: case report and histopathological analyses. *J Cataract Refract Surg* 2014;40:148-152.
28. Menapace R, Findl O, Kriechbaum K, Leydolt-Koepl Ch. Accommodating intraocular lenses: a critical review of present and future concepts. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007;245:473-489.

Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 노안의 수술적 교정 방법에 관하여 각각의 장단점과 원리에 관하여 기술한 곳이다. 국내 인구의 급격한 노령화와 생활 패턴 변화에 따라 노안의 유병이 최근 급격히 늘고 있고, 다양한 수술적 교정법이 소개되고 있는 시점에서 각각의 방법들을 시술 부위별로 나누어 정리한 후, 임상 적용에서의 의미와 중요성 등을 논하였다는 데에 이 논문의 의의가 있다고 판단된다.

[정리: 편집위원회]