

노안교정을 위한 비수술요법

나 경 선 | 가톨릭대학교 의과대학 여의도성모병원 안과

Nonsurgical correction of presbyopia

Kyung-Sun Na, MD

Department of Ophthalmology, Yeouido St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea

This study aimed to describe the basic optical properties for presbyopia correction, including eyeglasses and contact lenses. Conventional eyeglasses are the most established technology for presbyopia correction, and contact lenses have been recognized to have a huge potential in presbyopia correction. However, successful treatment using contact lenses is dependent on age-related factors, such as upper and lower eyelid movements, palpebral aperture, and decreased lacrimal secretion and tear stability. Monovision and multifocality are optical properties of the lens that form the basis of presbyopia correction. The monovision method is based on the principle of neuro-adaptation, wherein one eye automatically selects a clear image and suppresses an unclear image for processing in the brain when there is a difference in the clarity of the images obtained from both the eyes because of anisopia, which is characterized by unequal visual power between the two eyes. Simultaneous views of near and far objects cannot be achieved using eyeglasses, but these can be realized using contact lenses or intraocular lenses. Alternative views of near and far objects can be achieved using a variety of bifocal contact lenses, which function similar to bifocal eyeglasses. Traditional strategies for presbyopia correction, including the use of monovision, bi/tri/multifocal, and progressive eyeglasses and the use of contact lenses, are being challenged by novel strategies involving pharmacotherapy and electrostimulation. Although the immediate prospect of any newly developed innovation remains slim, improved lens profiles would lead to a better match between the lens and the needs of individuals with presbyopia.

Key Words: Presbyopia; Eyeglasses; Contact lenses

서론

평균수명이 늘어나고 노인 인구가 늘어남에 따라 노안에 대한 개념이 예전과는 많이 달라졌다. 당연한 것으로 받아들여 이던 노안에 대해서 교정을 위한 여러가지 방법들이 시도되

고 있다[1,2]. 노안을 치료하는 비수술적 방법은 시각계 앞에 별도의 광학장치를 위치시키거나, 초점이 맺히는 방향을 바꾸어주는 방법(굴절력이 다른 광학면을 통하거나, 단안시, 동시보기, 편회효과 등을 이용) 등이 있을 수 있다[3,4]. 양안에 항상 같은 치료법을 적용하는 것은 아니고, 우세안/비우세안에 따라, 대상자의 작업적 요구도 등에 따라 각기 다른 치료법을 제안할 수도 있다. 또한 노안을 교정할 때는 시기능, 각막과 수정체의 고위수차, 동공의 크기, 주관적인 느낌과 안정성이 모두 고려되어야 하므로[2], 어느 한가지 방법이 다른 방법에 비해 우월성을 가진다고 단언할 수는 없다. 다만 보편적인 의학의 접근과정과 마찬가지로 노안의 치료에 있어서는 수술적 방법보다는 비수술적 방법을

Received: November 14, 2019 Accepted: November 17, 2019

Corresponding author: Kyung-Sun Na
E-mail: drna@catholic.ac.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.

Table 1. Assessment of the optical properties to evaluate different forms of nonsurgical presbyopia treatment modalities

Presbyopic management	Spectacles		Contact Lenses		Pharmacologic therapy	Electro-stimulation
	Bifocal/progressive	Monovision	Simultaneous images/translation	Monovision		
Visual acuity/defocus curves	v	v	v	v	v	v
Contrast sensitivity	v	v	v	v	v	
Reading	v	v	v	v	v	v
Stereopsis		v		v	v	
Straylight & glare			v		v	
Aberrations, pupil size & different			v		v	

먼저 고려하여야 함은 물론이다. 이 글에서는 노안교정의 비수술요법의 최신 지견을 제공하려고 한다. Table 1은 다양한 비수술적 노안치료에서 효능의 평가에 이용하는 항목이다.

안경과 콘택트렌즈의 노안교정에서 차이

임상에서 가장 보편적으로 사용되는 비수술적 노안치료방법은 안경과 콘택트렌즈를 이용한 노안교정이다[3,4]. 이중, 노안의 치료에서 가장 기본적인 방법은 안경착용이다. 아직까지는 근본적으로 조절력을 회복시킬 수 있는 안경은 없으며, 노안현상을 극복하기 위한 처방은 단초점으로 할 수도 있고 두 개 이상의 초점을 가진 다초점으로 할 수도 있다[5,6]. 단초점의 안경은 가장 오래전부터 이용된 방법으로, 대상자의 조절력 저하량에 따라 가까운 것이 잘 보이도록 볼록렌즈를 대어 근거리 초점을 맞추는 것을 돕는 방식이다. 다초점 안경은 위치에 따라 각기 다른 초점거리를 가지기 때문에 거짓조절을 유발할 수 있는 방법이다[5]. 즉, 안경렌즈의 영역을 구분하여서 원거리를 보는 렌즈의 영역, 근거리를 보는 렌즈의 영역 및 중간거리를 보는 영역 등을 렌즈에 삽입하여 본인의 수정체가 못해주는 일을 렌즈가 대신하게 해주는 원리이다. 안경의 광학적인 특성에 따라 노안을 치료하는 효과가 다른지에 대한 연구는 거의 이루어진 것이 없는데, 이는 제조사마다 안경의 광학적 디자인을 공개하고 있지 않기 때문이다.

젊은 시절 콘택트렌즈를 사용하였던 사람들이 노안이 발

생하게 되면, 자연스럽게 콘택트렌즈의 도수를 조절하여 노안을 치료하고 싶어하게 된다. 콘택트렌즈도 안경과 마찬가지로, 단초점 혹은 다초점으로 착용할 수 있다[2-4]. 콘택트렌즈를 이용해본 경험이 있는 노인 인구가 증가함에 따라 미용적 목적에서 다초점 콘택트렌즈의 수요가 보다 증가할 것으로 생각된다. 안경은 각막과 안경사이에 정점간 사이 때문에 단안시를 유도하기 위하여 부등시로 처방하였을 때 원하는 시각적 이득을 얻기가 쉽지 않다[7,8]. 반면에 렌즈는 안경확대등과 같은 상의 크기 변화가 발생하지 않으므로 단안시의 방법도 고려할 수 있으며, 최근에는 다양한 원리와 재료의 다초점 콘택트렌즈가 출시되고 있다.

콘택트렌즈의 단안시를 이용한 노안교정

단안시는 한 눈은 원거리 시력을 목표로, 다른 한 눈은 근거리 시력을 목표로 하는 것으로 부등시에 의해서 양안에서 얻어지는 이미지의 선명도에 차이가 있을 때 뇌에서 자동적으로 선명한 상을 선택하고 희미한 상을 억제한다는 신경적응현상의 원리를 이용한 기술이다. 일반적으로 단안시를 이용한 노안교정은, 우세안으로는 원거리를 보고, 비우세안으로는 근거리를 보도록 시력을 교정하게 되는데, 뇌의 시피질은 상이 정확하지 않는 것은 무시하려는 경향이 있어서 시력교정 후 원거리를 보았을 때 우세안으로 본 것만 인식하고 근거리를 보았을 때는 비우세안으로 본 것만을 인식하게 되는 원리이다[9]. 1958년 Westsmith에 의해 콘택트렌즈를 이용한 단안시로 노안교정이 시도된 이후 대략 80%

의 높은 성공률이 보고되면서 널리 사용되었고[10,11], 이후 레이저 수술에서 단안시의 원리가 이용되면서 90% 이상의 성공률이 보고되었다[12,13]. 효과적인 단안시에 영향을 미치는 요소로 지적되는 것으로는 우세안과 비우세안의 굴절 목표치, 양안 부등시의 크기, 안경을 벗고자 하는 환자의 확고한 동기 유발 등이 있다. 안경 혹은 콘택트렌즈로 단안시를 유도하는 것은 시력에 있어서는 우수할 수 있으나, 대비감도와 양안시 기능에는 부정적인 영향을 보인다[14-16]. 단안시의 성공적인 적용을 위한 또 하나의 요건으로 근거리 시력을 위한 적절한 정도의 굴절부등이 필요하다는 점을 들 수 있으며 통상적으로 1.5 디옵터(diopter)의 부등시가 권장되었다[17]. 그러나 너무 낮은 굴절부등은 충분한 양안 합계를 자극하지 못하고, 너무 높은 굴절부등은 입체시나 고주파영역에서의 대비감도를 저하시키고 시야에 영향을 줄 수 있어 필요한 최소한의 굴절부등을 목표로 하는 것이 중요하다[17,18].

또한 단안시에 대한 적응여부는 환자의 생활패턴 및 동기에 의해 큰 영향을 받는다고 보고된 바 있다[9,11,19]. 단안시는 앞서 언급한 입체시, 대비감도 저하 등 시기능에 부정적인 영향을 줄 수 있으므로 환자 본인이 안경과 콘택트렌즈 사용에 불편함을 느끼고 더 좋은 방법을 찾고자 하는 의지가 있어야 한다는 것이다. 따라서 대상자 선택에 있어 신중하여야 하며 사전에 단안시로 인해 얻을 수 있는 이익과, 발생할 수 있는 부작용 등에 대해 충분한 설명을 하는 것이 대상자의 이해도를 높이고, 스스로의 만족도를 높이는 데 도움을 줄 수 있다.

콘택트렌즈의 다초점 디자인

앞서 논의한대로 안경의 다초점 디자인은 제조사에서 광학적 정보를 제공하지 않기 때문에 본 논문에서는 일반적인 노안교정 렌즈의 원리와 함께, 주로는 콘택트렌즈의 다초점 디자인에 대해 다루도록 하겠다. 노안교정을 위한 렌즈의 디자인은 대표적으로 원근 동시보기와 원근 교대보기이며, 동시보기는 다시 비구면디자인과 동심원 디자인으로

분류된다[3,4]. 원근동시보기는 안경으로는 구현할 수 없으며, 콘택트렌즈 혹은 인공수정체에 이용한다[20-22]. 원근 교대보기는 이중초점 안경렌즈와 같은 디자인으로 콘택트렌즈의 아래쪽에 근거리 도수를 덧댄 다양한 형태가 있다[3,20,21].

원근동시보기는 원근거리의 시력을 보기 위한 적응기간이 다소 필요할 수 있고, 동공의 크기에 따라 시력의 질이 달라질 수 있으며, 콘택트렌즈가 항상 시축의 중심에 위치하여야 좋은 시각적 결과를 얻을 수 있다[20]. 원근교대보기형태 중 가장 대표적인 이중초점렌즈는 렌즈의 아래부분에 프리즘이 덧대어져서 렌즈의 무게중심을 아래로 오게 하여 아랫부분의 덧대어진 부분을 통해 아래쪽으로 보게 되면 노안으로 인한 근거리 시력감소를 보완할 수 있다[21]. 원근교대보기의 단점은 장착이 보다 까다롭고 보는 위치에 따라서 시력이 다르게 보일 수 있으며, 중간거리의 시력이 문제가 될 수 있어, 보통 환자들이 계단을 내려가면서 아래쪽으로 보았을 때 초점이 잘 맞지 않아 힘들어하는 경우가 많다. 또한 콘택트렌즈에 있어서는 안검의 위치와 긴장도에 따라 성패가 좌우될 수 있다. 다초점 콘택트렌즈는 경성콘택트렌즈보다 소프트렌즈로 만들어져 있는 경우가 대부분인데, 이는 소프트렌즈가 움직임이 적고, 동공을 완전히 덮으며, 중심잡기가 용이하기 때문이다[22,23]. 레이저굴절수술 등을 받은 기왕력이 있는 경우에는 각막에 콘택트렌즈를 중심에 위치시키기 어려우므로, 최근에는 공막렌즈 등으로 노안을 교정하는 시도도 이루어지고 있다.

약물치료

노안의 약물치료는 여러가지 축동약과 비스테로이드 항염증제 등을 사용하여 섬모체근의 수축을 유도하려는 시도가 있어왔다[24,25]. 그러나, 아직까지는 명확하게 노안을 치료하는데 효과적이라는 결과는 부재하다. 실험적인 새로운 시도는 동물실험에서 리포산(lipoic acid)의 치료가 농도 의존적으로 수정체의 단백질 이황화물을 감소시키고, 수정체의 탄력도를 증가시킴을 확인한바 있다[26]. 노바티스(Novatis)

사의 EV06은 리포산을 포함하는 프로드러그(prodrug)로서 수정체연화를 통해 조절력을 유지시키는 것을 목적으로 임상 적용 노력 중이다. 임상2상 중인 앨러간(Allergan)사의 AGN-199201 점안제는 알파2 흥분제(alpha adrenoceptor agonist)로서 70% 환자에서 시력표에서 최소 2줄 이상의 근거리 시력호전을 보였다고 알려져 있다.

섬모체근 전기자극

아직까지는 실험적 단계이기는 하지만 전기자극을 통해 섬모체근에 영향을 주려는 시도도 있었다. 네 개의 미소전극이 달린 공막렌즈를 이용하여, 윤부에서 3.5 mm 바깥쪽으로 2주 간격, 4회씩 양안에 전기펄스자극을 주면 섬모체근이 자극된다는 보고가 있었다[27]. 그러나, 섬모체근 자극을 통해 조절력의 회복과 관련된 결과에 대한 보고는 아직 없으므로 노안치료에 있어서 아직까지는 고려될 사항은 아니다.

결론

노안교정에서 비수술적 치료인 안경과 콘택트렌즈의 디자인은 여러가지 형태로 진화 중인 노안교정용 인공수정체에 비하여 훨씬 더 보수적인 경향이 있다. 따라서 비수술적 치료방법 중 어떤 것이 더 좋은가에 대해서도 연구된 바가 많지 않다. 노안교정 콘택트렌즈에서도 양안에 mix and match로 이중초점/삼중초점을 사용하여 효과를 보려는 시도도 있고, 원근동시보기 렌즈에서 중심을 근거리에 두느냐 원거리에 두느냐에 대한 효과비교에 대한 연구결과도 제시되고 있다. 보다 실험적으로는 waveguide로 망막에 상을 투사하여(홀로그래프 등 가상의 이미지) 광학적 교정이 필요 없도록 하는 시도도 이루어지고 있으며, 인지능력 향상 등을 위해 뇌를 자극시켜 노안현상을 극복하도록 하는 신경과적 접근도 있다. 멀지 않은 미래에는 노안을 극복하기 위한 복합적이고 다양한 비수술적 치료가 임상에서 시도될 가능성이 있다.

찾아보기말: 노안, 안경, 콘택트렌즈

ORCID

Kyung-Sun Na, <https://orcid.org/0000-0002-0474-8409>

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Kim HK, Kim HM, Chung SK. Effectiveness of multifocal soft contact lens for presbyopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:727-731.
2. Wolffsohn JS, Davies LN. Presbyopia: effectiveness of correction strategies. *Prog Retin Eye Res* 2019;68:124-143.
3. Charman WN. Developments in the correction of presbyopia I: spectacle and contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt* 2014;34:8-29.
4. Callina T, Reynolds TP. Traditional methods for the treatment of presbyopia: spectacles, contact lenses, bifocal contact lenses. *Ophthalmol Clin North Am* 2006;19:25-33.
5. Jiang GM, Tang SH, Shan Z. Personalizing of spectacles. *Eye Sci* 2012;27:220-224.
6. Alvarez TL, Kim EH, Granger-Donetti B. Adaptation to progressive additive lenses: potential factors to consider. *Sci Rep* 2017;7:2529.
7. Godio LB, Keating MP. Clinical determination of the corrected retinal image size in spectacle-corrected aphakes. *Am J Optom Physiol Opt* 1984;61:160-165.
8. Lewis HT. Parameters of contact lens-spectacle telescopic systems and considerations in prescribing. *Am J Optom Physiol Opt* 1986;63:387-391.
9. Johannsdottir KR, Stelmach LB. Monovision: a review of the scientific literature. *Optom Vis Sci* 2001;78:646-651.
10. Erickson P, Schor C. Visual function with presbyopic contact lens correction. *Optom Vis Sci* 1990;67:22-28.
11. Evans BJ. Monovision: a review. *Ophthalmic Physiol Opt* 2007;27:417-439.
12. Farid M, Steinert RF. Patient selection for monovision laser refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2009;20:251-254.
13. Goldberg DB. Laser in situ keratomileusis monovision. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1449-1455.
14. Gupta N, Wolffsohn JS, Naroo SA. Comparison of near visual acuity and reading metrics in presbyopia correction. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1401-1409.
15. Imbeau L, Majzoub S, Thillay A, Bonnet-Brilhault F, Pisella PJ, Batty M. Presbyopia compensation: looking for cortical predictors. *Br J Ophthalmol* 2017;101:223-226.

16. Sivardeen A, Laughton D, Wolffsohn JS. Randomized crossover trial of silicone hydrogel presbyopic contact lenses. *Optom Vis Sci* 2016;93:141-149.
17. Hayashi K, Yoshida M, Manabe S, Hayashi H. Optimal amount of anisometropia for pseudophakic monovision. *J Refract Surg* 2011;27:332-338.
18. Watanabe K, Negishi K, Dogru M, Yamaguchi T, Torii H, Tsubota K. Effect of pupil size on uncorrected visual acuity in pseudophakic eyes with astigmatism. *J Refract Surg* 2013;29:25-29.
19. Fawcett SL, Herman WK, Alfieri CD, Castleberry KA, Parks MM, Birch EE. Stereoacuity and foveal fusion in adults with long-standing surgical monovision. *J AAPOS* 2001;5:342-347.
20. Perez-Prados R, Pinero DP, Perez-Cambrodi RJ, Madrid-Costa D. Soft multifocal simultaneous image contact lenses: a review. *Clin Exp Optom* 2017;100:107-127.
21. Li SM, Kang MT, Wu SS, Meng B, Sun YY, Wei SF, Liu L, Peng X, Chen Z, Zhang F, Wang N. Studies using concentric ring bifocal and peripheral add multifocal contact lenses to slow myopia progression in school-aged children: a meta-analysis. *Ophthalmic Physiol Opt* 2017;37:51-59.
22. Tuuminen R, Kanclerz P, Grzybowski A. Methodological challenges with randomized clinical trials for multifocal intraocular lenses. *Surv Ophthalmol* 2019 Oct 31 [Epub]. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2019.10.007>.
23. Park SY, Choi YJ, Jung JW, Choi M, Kim EK, Seo KY, Kim TI. Clinical efficacy of pinhole soft contact lenses for the correction of presbyopia. *Semin Ophthalmol* 2019;34:106-114.
24. Abdelkader A. Improved presbyopic vision with miotics. *Eye Contact Lens* 2015;41:323-327.
25. Benozzi J, Benozzi G, Orman B. Presbyopia: a new potential pharmacological treatment. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2012;1:3-5.
26. Garner WH, Garner MH. Protein disulfide levels and lens elasticity modulation: applications for presbyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57:2851-2863.
27. Gualdi L, Gualdi F, Rusciano D, Ambrosio R Jr, Salomao MQ, Lopes B, Cappello V, Fintina T, Gualdi M. Ciliary Muscle electrostimulation to restore accommodation in patients with early presbyopia: preliminary results. *J Refract Surg* 2017;33:578-583.

Peer Reviewers' Commentary

이 논문은 노안 치료법 중에서 여러 가지 비수술적 방법에 대하여 원리, 방법, 효과 등에 대한 최근 지식을 체계적으로 잘 정리하여 설명하고 있다. 단안시, 다초점 안경, 콘택트렌즈, 약물 등 다양한 비수술 요법의 장단점을 잘 정리하여 소개해 주고 있다. 특히, 노안을 치료하는 비수술적 방법으로 시각계 앞에 별도의 광학 장치를 위치시키거나, 초점이 맺히는 방향을 바꾸어 주는 방법도 상세하게 설명하고 있다. 평균 수명이 연장되고, 노인 인구가 늘어나고 있는 시대에 따라 노안 환자는 더욱 늘어날 것이다. 이 논문은 임상 현장에서 노안을 교정하고, 새로운 노안 교정방법을 연구, 개발하는데 좋은 지침이 될 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]