

공막렌즈의 특징과 환자 선택

Characteristics of Scleral Lenses and Patient Selection

김유정

Yu Jeong Kim, MD, PhD

한양대학교 의과대학 안과학교실

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

Scleral lenses lie on the sclera, not the cornea, and help to improve vision in cases of irregular cornea or ocular surface diseases, and to treat ocular surface diseases with moisture to the cornea. The fitting rate of scleral lenses is increasing due to improvements in scleral lens materials and advancements in anterior segment imaging equipment. In order to successfully fit scleral lenses, it needs to understand the structure and principles of scleral lenses and select appropriate patients. There is no absolute contraindication of scleral lenses, but regular follow-up is recommended for patients who require caution.

Ann Optom Contact Lens 2024;23(1):7-11

Key Words: Characteristics, Contraindication, Indication, Scleral lenses

서 론

공막렌즈는 윤부를 포함한 각막과 접촉이 없고 공막과 결막의 지지를 받는 콘택트렌즈를 말한다. 공막렌즈는 각막이 아닌 공막에 지지함으로 각막형태에 이상이 있는 경우에도 착용 가능하며 시력을 개선시킬 수 있고 렌즈 후면과 각막 앞면 사이 보유 눈물층(tear reservoir)이 있어 안구 표면을 보호하는 데 효과적이다. 공막렌즈의 첫 사용은 19

세기에 유리로 만들어진 공막렌즈에 이어서 폴리메틸메타크릴레이트(poly[methyl methacrylate], PMMA)로 만들어진 공막렌즈가 개발되었으나 산소투과성이 떨어져 사용이 제한되었다. 이후 1983년 rigid gas-permeable (RGP) 재질의 공막렌즈가 개발되면서 산소투과율을 증가시켜 합병증이 감소하였고¹ 전안부 광간섭단층영상이나 각공막지형도와 같은 영상 기기들의 발전으로 공막렌즈 처방이 증가하고 있다. 공막렌즈 처방 비율은 2011년 이후 크게 증가하였으며 2019년에는 2.3%에 도달하였다고 보고하였다.² 본 논문에서는 공막렌즈의 전반적인 특징과 적절한 환자 선택에 대해 알아보하고자 한다.

공막렌즈의 특징

구조 및 원리

공막렌즈는 윤부를 포함한 각막 전체와 볼트(vault)를 형성하여 접촉이 없고 공막과 결막에 지지한다(Fig. 1). 각막의 모양에 상관없이 새로운 매끈한 표면을 만들어 주고 렌즈의 뒷면과 각막 표면 사이에 보유 눈물층이 존재하기 때

■ Received: 2024. 3. 7. ■ Revised: 2024. 3. 10.

■ Accepted: 2024. 3. 11.

■ Address reprint requests to **Yu Jeong Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Hanyang University College of Medicine, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea
Tel: 82-2-2290-8570, Fax: 82-2-2291-8517
E-mail: 21cnasa@naver.com

* This research was supported by a grant of the Korea Health Technology R&D Project through the Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), funded by the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (grant number: HI22C071800).

* Conflicts of Interest: The author has no conflicts to disclose.

Copyright © 2024, The Korean Optometry Society
The Korean Contact Lens Study Society

© Annals of Optometry and Contact Lens is an Open Access Journal. All articles are 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.

문에 시력 개선에 큰 효과가 있고 각막에 지속적으로 수분을 공급해줄 수 있다. 또한 신경 분포가 적은 공막에 지지하여 이물감이 적고 착용감이 우수하다.

공막렌즈는 보통 중심의 광학부(optic zone), 지지대인 공막부(landing or haptic zone), 두 부위를 연결하는 이행부(transition zone)로 구성되어 있다(Fig. 1).³ 광학부는 굴절값을 교정하는 가장 중앙 부위로 광학부의 전면은 난시나 비구면도, 고위수차 등을 줄이도록 제조될 수 있다.^{4,5} 이행부는 여러 커브로 구성되며 곡률 또는 접선 각도를 변경하여 렌즈의 시상 높이를 만들어주고 주변부각막과 윤부의 보유눈물층 깊이를 조절할 수 있다. 공막부는 렌즈의 밀봉(seal off), 압착(suction), 중심잡기(centration), 공막눌림(compression) 등에 관여하며 공막이 눌리는 것을 최소화하고 렌즈 무게가 고르게 분포할 수 있도록 조절해야 한다.^{6,9}

분류

Scleral Lens Education Society에서는 다양한 공막렌즈를 지지되는 부위에 따라서 각공막렌즈(corenal-scleral/semi-scleral, 12.5-15 mm), 미니공막렌즈(mini-scleral, 15-18 mm), 공막렌즈(large scleral, 18-25 mm) 등으로 분류하였다.¹⁰ 각공막렌즈는 공막렌즈보다 눈물 교환은 잘 이뤄지나 보유 눈물층이 적어 안구표면질환 치료 효과는 떨어진다. 하지만 직경이 작아 결막낭 길이가 짧거나 결막붙음증이 있는 경우 적합할 수 있다.

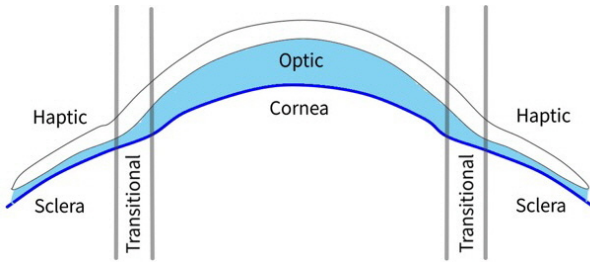


Figure 1. The design and structure of scleral lens.

환자 선택

적응증

공막렌즈의 주요 적응증은 불규칙한 각막에서 시력 개선, 안구표면질환의 치료, 굴절 이상 교정, 스포츠 또는 미용 목적 등이 있다. 2020년 Scleral Lenses in Current Ophthalmic Practice (SCOPE) 연구에 따르면 공막렌즈 처방의 84%는 불규칙한 각막, 10%는 안구표면질환, 2%는 굴절 이상이었다고 보고하였다.¹¹

각막 이상 환자의 시력 개선

공막렌즈는 각막이 아닌 공막에 지지하기 때문에 각막의 모양에 영향을 받지 않아 불규칙한 각막에서 가장 많이 사용되고 있다. 원추각막, 투명각막가장자리변성, 공모양각막 등의 각막확장질환, 각막 이식 후의 난시, 굴절교정 수술 후 발생한 의인성 각막확장증이나 각막 혼탁 등에서 성공적으로 착용 가능하게 하고 시력을 개선시켜 준다(Fig. 2).

Baran et al¹²은 원추각막, 투명각막가장자리변성, 굴절 수술 후 각막확장증을 포함한 89안을 대상으로 Prosthetic Replacement of the Ocular Surface Ecosystem (PROSE) 공막렌즈(BostonSight®, Needham, MA, USA)를 시도하였을 때 모두 성공적으로 착용하였고 시력은 20/70에서 20/25로 향상되었다고 보고하였다. PROSE 공막렌즈를 착용한 36명의 원추각막 환자와 각막확장증으로 각막 이식술을 받은 37명의 환자를 비교하였을 때 공막렌즈 착용 그룹에서 더 우수하고 빠른 시력 회복을 보였다고 하였다.¹³ 또한 급성 각막수종이 있는 원추각막, 투명각막가장자리변성, 각막수종이 있는 공모양각막 환자에서도 성공적으로 공막렌즈 착용이 가능하였으며 시력이 개선됨을 확인하였다.^{14,16} 또한 각막 흉터나 이영양증이 있는 경우도 공막렌즈 착용 전보다 후에 유의하게 시력이 개선되었다.¹⁷

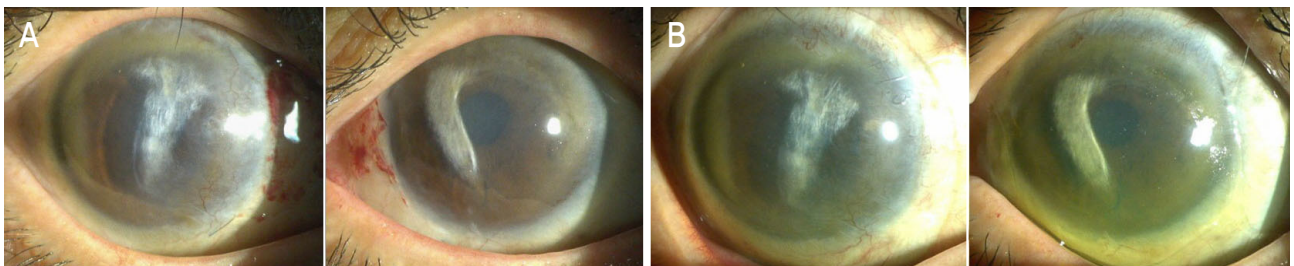


Figure 2. Scleral lens prescription for patients with irregular cornea. (A) Slit-lamp photographs of a patient with central corneal opacities, neovascularization and severe irregular astigmatism. (B) Successful fitting of scleral lens. The best corrected visual acuity improved from count finger before wearing the scleral lens to 0.2 after wearing the scleral lens.

심한 안구표면질환의 치료

공막렌즈는 gas-permeable 재질로 산소투과도를 높이고 눈에 안정적으로 위치하며 각막에 지속적으로 수분을 공급 해주며 눈꺼풀테나 눈깜빡임에 대한 마찰을 차단하여 여러 안구표면질환의 치료와 시력 개선에도 효과적이다. 스티븐스존슨 증후군, 독성표피괴사용해, 화학 화상 등 각막줄기세포결핍, 쇼그렌증후군, 이식편대숙주질환, 방사선 조사 등의 눈물샘 손상으로 인한 심한 안구건조증, 지속각막상피결손, 신경영양각막병증 등에서 약물 치료 등으로 호전되지 않을 때 공막렌즈를 시도해볼 수 있다(Fig. 3).

스티븐스존슨 증후군, 독성표피괴사용해가 있는 환자에서 PROSE 렌즈를 착용하고 시력과 주관적인 증상이 크게 호전되었다고 보고하였다.^{18,19} 그리고 만성 이식편대숙주질환 환자에서 PROSE 렌즈를 착용하였을 때 98%에서 시력이 개선되었고 75%에서 지속 각막상피결손이 회복되었다는 연구가 있다.²⁰ 노출각막병증이나 신경영양각막병증으로 인한 지속각막상피결손에서도 PROSE 렌즈가 시력 개선과 각막재상피화를 달성하였다.^{21,23} 공막렌즈는 쇼그렌증후군이나 심한 건성안 환자에서도 건성안 증상과 징후가 좋아지고 잘 적응하였으며 합병증이 거의 없었다고 밝히고 있다.^{24,25}

굴절 이상

무수정체증이나 고도근시, 고도난시 등의 굴절 이상을 교정하는 데도 이용할 수 있다. Alipur and Hosseini²⁶는 외상으로 인한 홍채각막 손상과 무수정체증 환자 8명에서 미니공막렌즈가 시력을 크게 개선시켰으며 보통 편안한 하루

평균 착용 시간은 11.6시간이었다고 보고하였다. 고도근시나 고도난시 등의 굴절 이상을 교정하는 데에 있어 공막렌즈는 각막 RGP 렌즈에 적응을 못하거나 불규칙 난시가 있는 환자에게 국한되었다.²⁷

상대적 금기 사항

공막렌즈 착용의 절대적인 금기로 알려진 것은 없다. 공막렌즈 착용에 주의가 필요하거나 상대적으로 금기가 되는 사항들은 각막 내피에 이상이 있거나 녹내장이 있는 경우, 그리고 수면 착용이 있다.

각막내피세포 이상

각막내피세포의 감소는 연령, 당뇨, 콘택트렌즈 착용, 안과 수술이나 건성안과 관련 있다고 알려져 있다. 콘택트렌즈 사용이 각막내피세포 밀도에 미치는 영향은 연구에 따라 차이가 있다. Hollingsworth and Efron²⁸은 RGP 렌즈 착용이 각막내피세포 밀도에 영향을 주지 않는다고 보고했고 중앙 각막의 내피세포 밀도 감소는 실제로 세포가 손실되기보다 중앙에서 주변 각막으로 재배치된 것이라는 연구도 있다.²⁹

공막렌즈 착용이 각막내피세포에 미치는 영향을 보고한 연구는 거의 없다. 하지만 각막내피세포의 밀도가 떨어져 있거나 변동계수가 증가된 경우 공막렌즈 착용으로 인한 각막 부종 가능성이 있어 공막렌즈 착용 전 내피세포를 평가하는 것이 중요하겠다.^{30,32}

녹내장

공막렌즈 처방은 녹내장 환자에서 주의가 필요하다. 공막렌즈는 공막 위의 결막에 지지하므로 방수 유출을 방해할 수 있다는 가설들이 있다. 여러 연구에서 공막렌즈를 단기간 착용 전과 후에 안압을 비교하였는데 증가하였다는 보고와 유의한 차이가 없었다는 보고들이 있어 아직 결론을 내리기는 어렵다. 한 연구에서는 공막렌즈 8시간 착용 후 안압이 평균 5.8 mmHg 상승했다는 보고하고 있지만³³ 대부분의 연구는 공막렌즈 단기 착용 후 안압 변화는 미미했다고 보고하고 있다.^{34,37} Kramer et al³⁸은 공막렌즈 착용 전과 1개월과 6개월 후 안압은 증가하는 경향이었으나 유의하지 않았다고 보고하였다. 또한 방수 유출 장치가 삽입되어 있는 경우 공막렌즈의 금기는 아니지만 마찰이 일어나지 않게 주의해야 한다.^{39,40} 녹내장 위험이 있는 경우 공막렌즈 착용 중 정기적으로 안압을 평가하는 것이 도움이 되겠다.

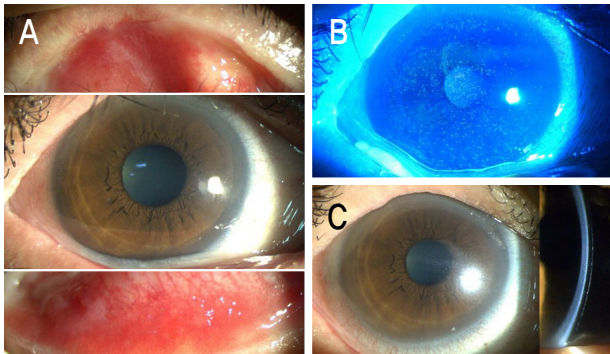


Figure 3. Scleral lens prescription for patients with ocular surface disease. (A) Slit-lamp photographs of a patient with chronic Stevens-Johnson syndrome (SJS). She had conjunctival scarring and cicatrization, corneal scarring, neovascularization, and lid margin keratinization. (B) Fluorescein-stained cornea showed punctate epithelial erosion. (C) Successful fitting of scleral lens for patients with chronic SJS.

수면 착용

공막렌즈를 밤새 착용하는 것은 추천되지 않는다. 지속 각막상피결손 등 심한 안구표면질환이 있는 경우에 공막렌즈의 수면 착용이 효과적이고 안전하다는 보고들이 있다.^{23,41} 하지만 Smith et al³¹은 공막렌즈를 수면 착용하였을 때 주간 착용에 비해 각막 부종 비율이 높았다고 보고하고 있다. 치료 목적으로 꼭 필요한 경우가 아니라면 공막렌즈의 수면 착용은 피하는 것이 좋겠다.

결 론

공막렌즈는 각막 이상이나 안구표면질환이 있는 경우 시력을 개선시키고 각막에 수분을 공급하여 안구표면질환의 치료에 도움을 주며 각막 수술을 지연시킬 수도 있다. 공막렌즈 재질의 개선, 전안부 영상 장비의 발전 등으로 공막렌즈의 처방 비율과 적응증은 늘어나고 있다. 하지만 각막내피세포 이상이나 녹내장이 있는 경우 각막내피세포와 안압을 정기적으로 경과관찰해야 하겠다.

REFERENCES

- 1) Ezekiel D. Gas permeable haptic lenses. *J Br Contact Lens Assoc* 1983;6:158-161.
- 2) Woods CA, Efron N, Morgan P; International Contact Lens Prescribing Survey Consortium. Are eye-care practitioners fitting scleral contact lenses? *Clin Exp Optom* 2020;103:449-53.
- 3) Michaud L, Lipson M, Kramer E, Walker M. The official guide to scleral lens terminology. *Cont Lens Anterior Eye* 2020;43:529-34.
- 4) Gumus K, Gire A, Pflugfelder SC. The impact of the Boston ocular surface prosthesis on wavefront higher-order aberrations. *Am J Ophthalmol* 2011;151:682-90.e2.
- 5) Hussoin T, Le HG, Carrasquillo KG, et al. The effect of optic asphericity on visual rehabilitation of corneal ectasia with a prosthetic device. *Eye Contact Lens* 2012;38:300-5.
- 6) Alonso-Caneiro D, Vincent SJ, Collins MJ. Morphological changes in the conjunctiva, episclera and sclera following short-term miniscleral contact lens wear in rigid lens neophytes. *Cont Lens Anterior Eye* 2016;39:53-61.
- 7) Consejo A, Behaegel J, Van Hoey M, et al. Scleral asymmetry as a potential predictor for scleral lens compression. *Ophthalmic Physiol Opt* 2018;38:609-16.
- 8) Consejo A, Behaegel J, Van Hoey M, et al. Anterior eye surface changes following miniscleral contact lens wear. *Cont Lens Anterior Eye* 2019;42:70-4.
- 9) Macedo-de-Araújo RJ, van der Worp E, González-Méjome JM. In vivo assessment of the anterior scleral contour assisted by automatic profilometry and changes in conjunctival shape after miniscleral contact lens fitting. *J Optom* 2019;12:131-40.
- 10) van der Worp E, Bornman D, Ferreira DL, et al. Modern scleral contact lenses: a review. *Cont Lens Anterior Eye* 2014;37:240-50.
- 11) Nau CB, Harthan JS, Shorter ES, et al. Trends in scleral lens fitting practices: 2020 scleral lenses in Current Ophthalmic Practice

- Evaluation survey. *Eye Contact Lens* 2023;49:51-5.
- 12) Baran I, Bradley JA, Alipour F, et al. PROSE treatment of corneal ectasia. *Cont Lens Anterior Eye* 2012;35:222-7.
- 13) DeLoss KS, Fatteh NH, Hood CT. Prosthetic Replacement of the Ocular Surface Ecosystem (PROSE) scleral device compared to keratoplasty for the treatment of corneal ectasia. *Am J Ophthalmol* 2014;158:974-82.
- 14) Kreps EO, Claerhout I, Koppen C. The outcome of scleral lens fitting for keratoconus with resolved corneal hydrops. *Cornea* 2019;38:855-8.
- 15) Rathi VM, Dumpati S, Mandathara PS, et al. Scleral contact lenses in the management of pellucid marginal degeneration. *Cont Lens Anterior Eye* 2016;39:217-20.
- 16) Rathi VM, Murthy SI, Bagga B, et al. Keratoglobus: an experience at a tertiary eye care center in India. *Indian J Ophthalmol* 2015;63:233-8.
- 17) Parra AS, Roth BM, Nguyen TM, et al. Assessment of the Prosthetic Replacement of Ocular Surface Ecosystem (PROSE) scleral lens on visual acuity for corneal irregularity and ocular surface disease. *Ocul Surf* 2018;16:254-8.
- 18) Papakostas TD, Le HG, Chodosh J, Jacobs DS. Prosthetic Replacement of the Ocular Surface Ecosystem as treatment for ocular surface disease in patients with a history of Stevens-Johnson syndrome/toxic epidermal necrolysis. *Ophthalmology* 2015;122:248-53.
- 19) Heur M, Bach D, Theophanous C, Chiu GB. Prosthetic replacement of the ocular surface ecosystem scleral lens therapy for patients with ocular symptoms of chronic Stevens-Johnson syndrome. *Am J Ophthalmol* 2014;158:49-54.
- 20) Rosenthal P, Croteau A. Fluid-ventilated, gas-permeable scleral contact lens is an effective option for managing severe ocular surface disease and many corneal disorders that would otherwise require penetrating keratoplasty. *Eye Contact Lens* 2005;31:130-4.
- 21) Gervasio KA, Godfrey KJ, Marlow ED, et al. Prosthetic Replacement of the Ocular Surface Ecosystem (PROSE) versus standard of care for postsurgical lagophthalmos and exposure keratopathy: trends in visual outcomes. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2019;35:281-5.
- 22) Chahal JS, Heur M, Chiu GB. Prosthetic replacement of the Ocular Surface Ecosystem scleral lens therapy for exposure keratopathy. *Eye Contact Lens* 2017;43:240-4.
- 23) Lim P, Ridges R, Jacobs DS, Rosenthal P. Treatment of persistent corneal epithelial defect with overnight wear of a prosthetic device for the ocular surface. *Am J Ophthalmol* 2013;156:1095-101.
- 24) La Porta Weber S, Becco de Souza R, Gomes JÁP, Hofling-Lima AL. the use of the esclera scleral contact lens in the treatment of moderate to severe dry eye disease. *Am J Ophthalmol* 2016;163:167-73.e1.
- 25) Bavinger JC, DeLoss K, Mian SI. Scleral lens use in dry eye syndrome. *Curr Opin Ophthalmol* 2015;26:319-24.
- 26) Alipur F, Hosseini SS. Visual management of aphakia with concomitant severe corneal irregularity by mini-scleral design contact lenses. *J Curr Ophthalmol* 2016;28:27-31.
- 27) Jacobs DS, Carrasquillo KG, Cottrell PD, et al. CLEAR - medical use of contact lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2021;44:289-329.
- 28) Hollingsworth JG, Efron N. Confocal microscopy of the corneas of long-term rigid contact lens wearers. *Cont Lens Anterior Eye* 2004;27:57-64.

- 29) Wiffen SJ, Hodge DO, Bourne WM. The effect of contact lens wear on the central and peripheral corneal endothelium. *Cornea* 2000; 19:47-51.
- 30) Giasson CJ, Rancourt J, Robillard J, et al. Corneal endothelial blebs induced in scleral lens wearers. *Optom Vis Sci* 2019;96:810-7.
- 31) Smith GT, Mireskandari K, Pullum KW. Corneal swelling with overnight wear of scleral contact lenses. *Cornea* 2004;23:29-34.
- 32) Michaud L, van der Worp E, Brazeau D, et al. Predicting estimates of oxygen transmissibility for scleral lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2012;35:266-71.
- 33) Aitsebaomo AP, Wong-Powell J, Miller W, Amir F. Influence of scleral lens on intraocular pressure. *JCLRS* 2019;3:e1-9.
- 34) Vincent SJ, Alonso-Caneiro D, Collins MJ. Evidence on scleral contact lenses and intraocular pressure. *Clin Exp Optom* 2017;100: 87-8.
- 35) Cheung SY, Collins MJ, Vincent SJ. The impact of short-term fenestrated scleral lens wear on intraocular pressure. *Cont Lens Anterior Eye* 2020;43:585-8.
- 36) Walker MK, Pardon LP, Redfern R, Patel N. IOP and optic nerve head morphology during scleral lens wear. *Optom Vis Sci* 2020;97: 661-8.
- 37) Fogt JS, Nau CB, Schornack M, et al. Comparison of pneumatometry and transpalpebral tonometry measurements of intraocular pressure during scleral lens wear. *Optom Vis Sci* 2020;97:711-9.
- 38) Kramer EG, Vincent SJ. Intraocular pressure changes in neophyte scleral lens wearers: a prospective study. *Cont Lens Anterior Eye* 2020;43:609-12.
- 39) Tanhehco T, Jacobs DS. Technological advances shaping scleral lenses: the Boston ocular surface prosthesis in patients with glaucoma tubes and trabeculectomies. *Semin Ophthalmol* 2010;25:233-8.
- 40) Nguyen AH, Dastiridou AI, Chiu GB, et al. Glaucoma surgical considerations for PROSE lens use in patients with ocular surface disease. *Cont Lens Anterior Eye* 2016;39:257-61.
- 41) He X, Donaldson KE, Perez VL, Sotomayor P. Case series: overnight wear of scleral lens for persistent epithelial defects. *Optom Vis Sci* 2018;95:70-5.

= 국문초록 =

공막렌즈의 특징과 환자 선택

공막렌즈는 각막이 아닌 공막에 지지하여 각막 이상이나 안구표면질환이 있는 경우 시력을 개선시키고 각막에 수분을 공급하여 안구 표면질환의 치료에 도움을 준다. 공막렌즈 재료의 개선, 전안부 영상 장비의 발전 등으로 공막렌즈의 처방 비율은 늘어나고 있다. 공막렌즈를 성공적으로 처방하기 위해서 공막렌즈의 구조와 원리를 이해하고 적절한 환자를 선택해야 한다. 공막렌즈의 절대적인 금기는 없으나 주의가 필요한 환자들에게는 정기적인 경과관찰을 추천한다.

<검안 및 콘택트렌즈학회지 2024;23(1):7-11>
