Ocena bezpieczeństwa collamerowych wszczepów fakijnych w korekcji wad wzroku

Safety assessment of using collamer phakic implants in the correction of refractive errors

Krystyna Grzebieluch-Reichert^{1,A–F}, Jarosław Marek^{1,A,E,F}, Marta Misiuk-Hojło^{2,E,F}

¹ Ośrodek Okulistyki Klinicznej Spektrum, Wrocław, Polska

² Katedra i Klinika Okulistyki, Wydział Lekarski Kształcenia Podyplomowego, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Polska

A – koncepcja i projekt badania, B – gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – analiza i interpretacja danych,

D – napisanie artykułu, E – krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Polymers in Medicine, ISSN 0370-0747 (print), ISSN 2451-2699 (online)

Polim Med. 2018;48(1):47–51

Adres do korespondencji

Krystyna Grzebieluch-Reichert

E-mail: kgrzebieluch@wp.pl

Źródła finansowania

Brak

Konflikt interesów

Nie występuje

Praca wpłynęła do Redakcji: 4.01.2019 r.

Po recenzji: 14.01.2019 r.

Zaakceptowano do druku: 14.01.2019 r.

Cytowanie

Grzebieluch-Reichert K, Marek J, Misiuk-Hojło M.

Ocena bezpieczeństwa collamerowych wszczepów fakijnych w korekcji wad wzroku. *Polim Med.* 2018;48(1):47–51.

doi:10.17219/pim/102975

DOI

10.17219/pim/102975

Copyright

© 2019 by Wrocław Medical University

This is an article distributed under the terms of the

Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Streszczenie

Wprowadzenie. Coraz więcej pacjentów z refrakcyjnymi wadami wzroku, u których korekcja okularowa lub soczewkami kontaktowymi jest niewystarczająca, rozważa zabieg chirurgii refrakcyjnej. Dla pacjentów niekwalifikujących się do korekcji laserowej alternatywą są wszczepy fakijne.

Cel pracy. Celem pracy jest ocena bezpieczeństwa stosowania collamerowych wszczepów fakijnych w korekcji wad wzroku podczas rocznej obserwacji.

Materiał i metody. Zbadano 24 oczu 12 pacjentów, którym w celu korekcji krótkowzroczności wszczepiono soczewki fakijne tylnokomorowe Visian ICL. Przed zabiegiem wykonano refraktometrię obiektywną, ocenę ostrości do dali z najlepszą korekcją, pomiar ciśnienia wewnątrzgałkowego, ocenę śródbłonna, topografię rogówki oraz pomiar głębokości komory przedniej. Końcowe badanie obejmowało ostrość widzenia, refrakcję, ciśnienie wewnątrzgałkowe, położenie wszczepu, mikroskopię śródbłonna oraz badanie dna oka.

Wyniki. Średnia refrakcja obiektywna przed operacją wynosiła: sfera $-7,77 \pm 3,55$ dioptrii, a cylinder $1,18 \pm 0,87$ dioptrii. Korekcją okularową uzyskiwano średnią ostrość $0,91 \pm 0,20$ (tablica Snellena). W okresie rocznej obserwacji średnia moc sfery wyniosła $0,475 \pm 0,390$ dioptrii, cylinder $0,46 \pm 0,27$ dioptrii, a ostrość widzenia po zabiegu $1,05 \pm 0,22$ (tablica Snellena). Porównanie wyników w ocenie 12-miesięcznej wykazało istotnie statystycznie większą poprawę po zastosowaniu soczewki fakijnej w stosunku do korekcji okularowej ($p < 0,05$). Nie wykazano istotnych różnic w gęstości komórek śródbłonna w ocenie przed zabiegiem i po nim ($p < 0,05$). Zarówno w trakcie leczenia, jak i całego okresu obserwacji nie stwierdzono powikłań pooperacyjnych.

Wnioski. Ocena bezpieczeństwa prawidłowo wszczepionych soczewek fakijnych ICL wskazuje na dobrą tolerancję implantu collamerowego w komorze tylnej. Implant nie wykazuje negatywnego wpływu na struktury przedniego odcinka, ze szczególnym uwzględnieniem śródbłonna rogówki i soczewki. Ostrość wzroku skorygowana metodą soczewki ICL nie ustępuje ostrości skorygowanej okularami, a w wielu przypadkach może być lepsza. Collamerowe wszczepy fakijne ICL mogą być stosowane jako alternatywa dla soczewek kontaktowych oraz refrakcyjnej wymiany przeziernicy soczewki.

Słowa kluczowe: krótkowzroczność, collamer, soczewka fakijna

Abstract

Background. An increasing number of patients with refractive visual impairments, in whom the correction using spectacles or contact lenses does not meet expectations, consider the possibility of undergoing refractive surgery. Phakic implants are an alternative for patients who are not eligible for laser correction.

Objectives. The aim of the study is to assess the safety of using collamer phakic implants in the correction of vision defects during the annual follow-up.

Material and methods. The study included 24 eyes in 12 patients who were implanted with Visian ICL phakic posterior chamber lenses in order to correct myopia. The examinations carried out before the surgery were as follows: objective refractometry, the assessment of distant visual acuity with the best correction, intraocular pressure measurement, evaluation of the endothelium, corneal topography, and depth of the anterior chamber measurement. The final examinations included visual acuity, refraction, intraocular pressure, implant placement, endothelial microscopy, and funduscopy examination.

Results. Mean objective refraction was: sphere -7.77 ± 3.55 diopters and cylinder 1.18 ± 0.87 diopters. Spectacle correction produced the mean visual acuity of 0.91 ± 0.20 (Snellen). During the period of 1-year follow-up, the mean spherical power was 0.475 ± 0.39 diopters, cylinder 0.46 ± 0.27 diopters and the visual acuity after the procedure 1.05 ± 0.22 (Snellen). The results of the 12-month evaluation showed a statistically significant greater improvement in patients using phakic implants compared to those subjected to spectacle correction ($p < 0.05$). The pre- and post-operative evaluation demonstrated no significant differences in endothelial cell density ($p < 0.05$). No complications were reported both during the surgery and the entire follow-up period.

Conclusions. The results of the safety assessment of using properly implanted ICL phakic lenses show good tolerance of collamer implants in the posterior chamber. They do not have a negative effect on the structures located in the anterior segment of the eye, including the corneal endothelium and the lens.

Key words: myopia, collamer, phakic lens

Wprowadzenie

Coraz większa liczba pacjentów z refrakcyjnymi wadami wzroku, u których korekcja okularowa lub soczewkami kontaktowymi jest niewystarczająca bądź nie jest możliwa ze względów zawodowych, rozważa zabieg chirurgii refrakcyjnej.¹ Dla osób niekwalifikujących się do korekcji laserowej z powodu zbyt dużej wady i cienkiej rogówki alternatywą są wszczepy fakiijne. Ich ogromną zaletą jest odwracalność procedury (możliwość usunięcia z oka).² Wszczepy fakiijne umożliwiają skorygowanie krótkowzroczności, nadwzroczności i astygmatyzmu przy zachowaniu własnej akomodującej soczewki.³ Wcześniej stosowano wszczepy przedniokomorowe, które ze względu na możliwość negatywnego wpływu na śródbłonek rogówki zostały wycofane.

Soczewki fakiijne tylnokomorowe ICL (ang. *implantable collamer lens*) są wszczepiane na całym świecie od ponad 20 lat,¹ w Polsce stosuje się je dopiero od paru lat.

Wszczepy tylnokomorowe Visian ICL (STAAR Surgical AG) są zbudowane z biokompatybilnego collameru. W skład collameru wchodzi kolagen, kopolimer poli-HEMA i chromofor benzofenon. Collamer jest hydrofilny, charakteryzuje się 40% zawartością wody. Współczynnik refrakcji wynosi 1,44. Soczewki wykonane z collameru są wysoce biozgodne, głównie za sprawą dodatku kolagenu. Kolagen przyciąga naturalnie występującą w oku fibronektynę, która tworzy ochronną warstwę wokół soczewki.⁴

Soczewki ICL były wielokrotnie modyfikowane w celu zwiększenia bezpieczeństwa ich stosowania oraz poprawy właściwości optycznych. Podczas wszczepiania

poprzednich modeli należało wykonać irydotomię laserową, aby zapobiec wzrostowi ciśnienia wewnątrzgałkowego oraz powstaniu bloku żrenicznego. Ponadto istniało ryzyko powstania zaćmy przedniej podtorebkowej w wyniku kontaktu wszczepu z soczewką własną z powodu zbyt małej odległości między nimi (ang. *vault*) powodującej zaburzenie przepływu cieczy wodnistej.⁵ Przełomową modyfikacją jest centralny otwór 0,36 mm KS-Aquaport w modelu V4 Visian ICL (STAAR Surgical AG), który umożliwia przepływ cieczy wodnistej do komory przedniej przez żrenicę. Zmiana w budowie wyeliminowała konieczność wykonania irydotomii laserowej oraz zmniejszyła ryzyko jaskry wtórnej związanej z blokiem żrenicznym.⁶

Metoda korekcji wady z użyciem soczewek Visian ICL znajduje zastosowanie u pacjentów w przypadku: krótkowzroczności od $-0,5$ do -20 dioptrii, nadwzroczności od $+0,5$ do $+10$ dioptrii, astygmatyzmu do 6 dioptrii.^{7,8} Przeciwwskazania okulistyczne do zabiegu obejmują: jaskrę, patologie płamki, dystrofię rogówki, anomalie tęczówki, retinopatię cukrzycową, odwarstwienie siatkówki lub stan po leczeniu odwarstwienia, przewlekłe lub nawracające zapalenie błony naczyniowej. Wszczepienia ICL nie powinno się przeprowadzać, gdy gęstość komórek śródbłonna wynosi $<2000 \text{ mm}^2$, głębokość komory przedniej to $<2,8 \text{ mm}$, a także przy braku stabilności wady. Ogólne przeciwwskazania to: cukrzyca, choroby endokrynologiczne, kolagenozy oraz choroby nowotworowe.^{9,10}

Celem pracy była ocena bezpieczeństwa stosowania collamerowych soczewek fakiijnych tylnokomorowych, które zostały prawidłowo wszczepione, zgodnie z zalecanymi kryteriami kwalifikacji.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono zgodnie z zasadami i wytycznymi *Deklaracji helsińskiej*. Przed przystąpieniem do badań wszyscy pacjenci zostali poinformowani o celu i sposobie badania oraz podpisali świadomą zgodę na zabieg.

Zabiegi zostały przeprowadzone w latach 2015–2017 w Ośrodku Okulistyki Klinicznej Spektrum we Wrocławiu.

Badania miały charakter retrospektywnych badań obserwacyjnych (badania kohortowe).

Do badania kwalifikowano pacjentów, którym wszczepiono soczewki faliżne tylnokomorowe Visian ICL w latach 2015–2017, a okres obserwacji był nie krótszy niż rok. Przeanalizowano dokumentację 24 oczu 12 pacjentów spełniających kryteria włączenia, czyli: krótkowzroczność od -3 do -16 dioptrii i astygmatyzm krótkowzroczny od $-0,5$ do $-3,0$ dioptrii, wiek 19–39 lat, badanie kontrolne po upływie roku. Przebadano 8 kobiet i 4 mężczyzn (ryc. 1; średni wiek: 26,8 roku $\pm 6,12$ roku). Przed zabiegiem wykonywano refraktometrię obiektywną (autorefraktometr Topcon TRK-2P), ocenę ostrości do dali z najlepszą korekcją BCDVA (ang. *best corrected distance visual acuity*) za pomocą standardowych tablic Snellena z odległości 5 m, wynik podano w skali dziesiętnej, wykonano pomiar gęstości siódbłónka (aparat Topcon), topografię rogówki (Tommy Version 4.2 F TMS-4), zmierzono głębokość komory przedniej Visante OCT Zeiss. Moc wszczepu obliczono za pomocą oprogramowania dostarczonego przez producenta. Zabieg został wykonany w znieczuleniu miejscowym przez cięcie w przezroczystej rogówce.

Operacja drugiego oka odbyła się po 7–21 dniach od pierwszego zabiegu. Pierwsze badanie kontrolne odbyło się dzień po zabiegu, następnie: po tygodniu, po miesiącu, po 3, 6 i 12 miesiącach od operacji. Sprawdzano ostrość widzenia, ciśnienie siódbałkowe, refrakcję, oceniano w lampie szczelinowej przedni odcinek, położenie wszczepu w stosunku do własnej soczewki (ang. *vault*), mikroskopię siódbłónka oraz dno oka.

Analiza statystyczna została wykonana przy wykorzystaniu programu TIBCO Statistica (TIBCO Software Inc., Palo Alto, USA) i Microsoft Excel z pakietu Micro-

soft Office 365 Personal (Microsoft Corporation, Redmond, USA).

Obliczono średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe dla następujących badanych parametrów: sfera, cylinder, ostrość wzroku. Wykonano test Shapiro–Wilka dla zbadania normalności rozkładu analizowanych parametrów. W porównaniu pomiędzy oczami u tego samego pacjenta wykorzystano parametryczny test *t* Studenta dla grup zależnych. W porównaniu pomiędzy badanymi grupami wykorzystano parametryczny test *t* Studenta dla grup niezależnych. Poziom istotności statystycznej oznaczono jako $p < 0,05$.

Wyniki

Średnia refrakcja obiektywna przedoperacyjna wynosiła: sfera $-7,77 \pm 3,55$ dioptrii; cylinder $1,18 \pm 0,87$ dioptrii (ryc. 2). Największa grupa pacjentów miała wadę pomiędzy 6 a 8 dioptrii (ryc. 3). Korekcją okularową uzyskiwano średnią ostrość $0,91 \pm 0,20$ (tablica Snellena). W okresie rocznej obserwacji średnia moc sfery wyniosła $0,475 \pm 0,39$ dioptrii, cylinder $0,46 \pm 0,27$ dioptrii, ostrość po zabiegu $1,05 \pm 0,22$ (tablica Snellena) (ryc. 2).

Porównanie wyników w ocenie 12-miesięcznej wykazało istotnie statystycznie większą poprawę po zastosowaniu soczewki faliżnej w stosunku do korekcji okularowej ($p < 0,05$; ryc. 4, tabela 1).

Ryc. 1. Płeć chorych
Fig. 1. Patients' sex

Ryc. 2. Analiza porównawcza obiektywnej refrakcji przed zabiegiem i po nim
Fig. 2. Comparison of objective refraction before and after surgery

Ryc. 3. Średnia wartość refrakcji
Fig. 3. Mean value of objective refraction

Ryc. 4. Analiza porównawcza ostrości wzroku w najlepszej korekcji okularowej i po zabiegu

Fig. 4. Comparison between BCDVA and visus after surgery

Tabela 1. Wyniki mocy sferycznej, cylindrycznej i BCDVA przed wszczepieniem soczewki i po nim

Table 1. Results of spherical power, cylinder power and BCDVA before and after surgery

Oceniane parametry	Przed wszczepieniem soczewki	Po wszczepieniu soczewki	p
Moc sferyczna	7,77 ±3,55	0,475 ±0,27	<0,01
Moc cylindryczna	1,18 ±0,87	0,46 ±0,27	<0,01
BCDVA	0,91 ±0,20	1,05 ±0,22	0,04

Średnia gęstość komórek śródbłonki przed operacją wynosiła 2999 ± 312 komórek/mm², a po zabiegu 2953 ± 105 komórek/mm². Nie wykazano istotnych różnic w gęstości komórek śródbłonki w ocenie przed zabiegiem i po nim ($p < 0,04$; ryc. 5, 6).

W trakcie leczenia chirurgicznego oraz całego okresu obserwacji nie stwierdzono powikłań pooperacyjnych.

Ryc. 5. Obraz śródbłonki rogówki obu oczu przed wszczepieniem soczewki

Fig. 5. Image of endothelial cells of both eyes before the treatment

Ryc. 6. Obraz śródbłonki rogówki obu oczu po wszczepieniu soczewki

Fig. 6. Image of endothelial cells of both eyes after the treatment

Omówienie

W materiale własnym średnia wartość refrakcji wynosiła $-7,77 \pm 3,55$ dioptrii, co jest podobne z badaniem Shimizu et al. Autorzy ci przebadali 64 oczu 32 pacjentów, którym do jednego oka wszczepili model Visian ICL V4, a do drugiego – ICL konwencjonalny. Średnia wartość refrakcji przed zabiegiem wyniosła $-7,53 \pm 2,39$ dioptrii.¹¹

Fernández-Vega-Cueto et al.⁶ poddali obserwacji 184 oczu 92 pacjentów w ciągu 3 lat po wszczepieniu ICL V4 z powodu krótkowzroczności. Zaobserwowali zmianę średniej refrakcji z $-8,30 \pm 2,98$ dioptrii przed operacją do $-0,37 \pm 0,47$ dioptrii po zabiegu. Liczba komórek śródbłonki na milimetr kwadratowy przed zabiegiem wynosiła 2742 ± 340 , a po wszczepieniu soczewki 2663 ± 366 .

W przeciwieństwie do Shimizu et al., którzy przeprowadzili 5-letnią obserwację, nie stwierdziliśmy zaćmy podtorebkowej przedniej. Wy tłumaczeniem może być to, że w przypadku V4c ICL ciecz wodnista przepływa przez otwór przesuwając soczewkę i oddziela ją od ICL, natomiast u pacjenta z konwencjonalnym wszczepem stwierdzono bezobjawową zaćmę podtorebkową przednią.^{11,12}

Według Dougherty i Privera średnia przedoperacyjna refrakcja sferyczna wynosiła $-6,96 \pm 1,60$ dioptrii, a cylinder $1,03 \pm 0,88$ dioptrii. Ostrość wzroku (ang. *corrected distance visual acuity* – CDVA) wynosiła 20/20 (zakres 20/15 do 20/80) i podobne wartości stwierdzono na końcowej wizycie. Podczas ostatniej kontroli lekarskiej po operacji sferyczny ekwiwalent wynosił $-0,08 \pm 0,01$ dioptrii, a cylinder $0,29 \pm 0,71$ dioptrii.¹³ Porównanie pooperacyjnej nieskorygowanej ostrości wzroku (ang. *uncorrected distance visual acuity* – UCDVA) z przedoperacyjną CDVA wykazało, że 27 oczu (26%) miało lepszą pooperacyjną UCDVA i 61 oczu (59%) miało UDVA odpowiadającą przedoperacyjnej CDVA. Nie odnotowano powikłań śródoperacyjnych. Podczas ostatniego badania nie stwierdzono zmętnienia soczewki.¹³

Gimbel et al. przeanalizowali rezultaty wszczepienia Visian V4 ICL w oczach pacjentów krótkowzrocznych, okres obserwacji wahał się w granicach 2–14 lat. Wspomniane retrospektywne badanie wykazało, że odsetek rozwijającej się zaćmy przedniej podtorebkowej był dodatnio skorelowany z wiekiem.¹⁴

Karandikar et al. przeprowadzili obserwację roczną 34 oczu pacjentów z krótkowzrocznością ≥ 6 dioptrii, którym wszczepiono V4 ICL. Średnia refrakcja przed zabiegiem wynosiła $-9,24 \pm 2,4$ dioptrii, a po zabiegu zmniejszyła się do $-0,19 \pm 1,18$ dioptrii. Dla astygmatyzmu wyniki były następujące: $-1,9 \pm 1,6$ dioptrii przed zabiegiem i $-0,9 \pm 0,3$ dioptrii po nim. Średnia utrata komórek śródbłonki wyniosła 7,1%, nie zaobserwowano wzrostu ciśnienia wewnątrzgałkowego.¹⁵

Przeprowadziliśmy badanie gęstości śródbłonki, które nie wykazało żadnej istotnej zmiany po roku. Jest to odmienna obserwacja od wyników innych autorów od-

notowanych podczas stosowania wszczepów przednio-komorowych. Wszczyepy te mocowano na przedniej powierzchni tęczówki, co mogło spowodować uszkodzenie komórek śródbłonna. Obecnie stosowany model dotyczy tylnej powierzchni tęczówki.¹⁵

W trakcie całego okresu obserwacji nie stwierdzono odczynu zapalnego, nie wystąpiło zakażenie ani inne powikłania pooperacyjne, tak samo jak w przypadku badań Alfonso et al.¹⁶

Collamerowe wszczyepy fakijne są dobrze tolerowane, sprawdzają się w przypadku dużych wad wzroku, zwłaszcza u pacjentów pracujących w określonych warunkach (zapylenie, wilgotność, zmiana temperatur, praca na wysokości) oraz u zawodowych sportowców. Istotną zaletą jest odwracalność zabiegu – wszczep można usunąć i przywrócić stan sprzed operacji.

Jak wskazał Packer w niedawno opublikowanej metaanalizie i przeglądzie 37 badań klinicznych z 5-letnim okresem obserwacji, nowy model ICL V4 z centralnym otworem zapewnia znaczną poprawę widzenia i jakości życia.¹⁷ Badania własne również wykazały znaczną poprawę ostrości wzroku, natomiast jakość życia nie była przez nas oceniana.

Należy podkreślić, że w niniejszym badaniu zaprezentowano wyniki wstępne, okres obserwacji był krótki, ponadto ograniczenie naszej metody stanowiła niewielka grupa pacjentów. W przyszłości badania powinny uwzględniać omówienie jakości życia pacjentów oraz być uzupełnione o długoterminową ocenę wpływu implantu na korekcję astygmatyzmu i innych aberracji układu optycznego oka.

Wnioski

Ocena bezpieczeństwa prawidłowo wszczepionych soczewek fakijnych ICL wskazuje na dobrą tolerancję implantu collamerowego w komorze tylnej.

Nie wykazano negatywnego wpływu na struktury przedniego odcinka ze szczególnym uwzględnieniem śródbłonna rogówki i soczewki.

Ostrość wzroku skorygowana soczewką Visian ICL nie ustępuje ostrości skorygowanej okularami, a w wielu przypadkach może być lepsza.

Collamerowe wszczyepy fakijne ICL mogą być stosowane jako alternatywa dla soczewek kontaktowych oraz refrakcyjnej wymiany przezierniej soczewki.

ORCID iDs

Krystyna Grzebieluch-Reichert <https://orcid.org/0000-0003-3711-5672>

Jarosław Marek <https://orcid.org/0000-0003-1547-5204>

Marta Misiuk-Hojło <https://orcid.org/0000-0002-4020-3203>

Piśmiennictwo

1. Dolgin E. The myopia boom. *Nature*. 2015;519(7543):276–278. doi:10.1038/519276a
2. Nam SW, Lim DH, Hyun J, Chung ES, Chung TY. Buffering zone of implantable collamer lens sizing in V4c. *BMC Ophthalmol*. 2017;17(1):260. doi:10.1186/s12886-017-0663-4

3. Chen X, Miao H, Naidu RK, Wang X, Zhou X. Comparison of early changes in and factors affecting vault following posterior chamber phakic Implantable Collamer Lens implantation without and with a central hole (ICL V4 and ICL V4c). *BMC Ophthalmol*. 2016;16(1):161. doi:10.1186/s12886-016-0336-8
4. Tian Y, Jiang HB, Jiang J, Wen D, Xia XB, Song WT. Comparison of implantable collamer lens visian ICL V4 and ICL V4c for high myopia: A cohort study. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(25):e7294. doi:10.1097/MD.0000000000007294
5. Alfonso JF, Lisa C, Abdelhamid A, Fernandes P, Jorge J, Montés-Micó R. Three-year follow-up of subjective vault following myopic implantable collamer lens implantation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2010;248(12):1827–1835. doi:10.1007/s00417-010-1322-0
6. Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, Esteve-Taboada JJ, Montés-Micó R, Alfonso JF. Implantable collamer lens with central hole: 3-year follow-up. *Clin Ophthalmol*. 2018;12:2015–2029. doi:10.2147/OPTH.S171576
7. Lee H, Kang DS, Ha BJ, et al. Effect of accommodation on vaulting and movement of posterior chamber phakic lenses in eyes with implantable collamer lenses. *Am J Ophthalmol*. 2015;160(4):710–716.e1. doi:10.1016/j.ajo.2015.07.014
8. Lovisolo CF, Reinsteinst DZ. Phakic intraocular lenses. *Surv Ophthalmol*. 2005;50(6):549–587. doi:10.1016/j.survophthal.2005.08.011
9. Chang DH, Davis EA. Phakic intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol*. 2006;17(1):99–104. doi:10.1097/01.cco.0000188624.54743.c7
10. Rosen E, Gore C. Staar collamer posterior chamber phakic intraocular lens to correct myopia and hyperopia. *J Cataract Refract Surg*. 1998;24(5):596–606.
11. Shimizu K, Kamiya K, Igarashi A, Shiratani T. Intraindividual comparison of visual performance after posterior chamber phakic intraocular lens with and without a central hole implantation for moderate to high myopia. *Am J Ophthalmol*. 2012;154(3):486–494.e1. doi:10.1016/j.ajo.2012.04.001
12. Kamiya K, Shimizu K, Ando W, Igarashi A, Iijima K, Koh A. Comparison of vault after implantation of posterior chamber phakic intraocular lens with and without a central hole. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(1):67–72. doi:10.1016/j.jcrs.2014.11.011
13. Dougherty PJ, Priver T. Refractive outcomes and safety of the implantable collamer lens in young low-to-moderate myopes. *Clin Ophthalmol*. 2017;11:273–277. doi:10.2147/OPTH.S120427
14. Gimbel HV, LeClair BM, Jabo B, Marzouk H. Incidence of implantable collamer lens-induced cataract. *Can J Ophthalmol*. 2018;53(5):518–522. doi:10.1016/j.cjco.2017.11.018
15. Karandikar S, Bhandari V, Reddy J. Outcomes of implantable collamer lens V4 and V4c for correction of high myopia: A case series. *Nepal J Ophthalmol*. 2015;7(14):164–172. doi:10.3126/nepjoph.v7i2.14967
16. Alfonso JF, Fernández-Vega L, Lisa C, Fernandes P, González-Mejome J, Montés-Micó R. Long-term evaluation of the central vault after phakic collamer lens (ICL) implantation using OCT. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2012;250(12):1807–1812. doi:10.1007/s00417-012-1957-0
17. Packer M. Meta-analysis and review: Effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol*. 2016;10:1059–1077. doi:10.2147/OPTH.S111620