

Ewolucja soczewek wewnątrzgałkowych: od monowizji po optykę spiralną

The evolution of intraocular lenses: from monovision to spiral optics



**Bogumił Wowra^{1,2}, Olga Łach-Wojnarowicz¹,
Dariusz Dobrowolski^{1,2}, Edward Wylęgała^{1,2}**

¹ Oddział Okulistyki, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny nr 5 im. św. Barbary, Sosnowiec
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Dariusz Dobrowolski

² Katedra i Oddział Kliniczny Okulistyki, Wydział Nauk Medycznych w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Edward Wylęgała

³ Oddział Okulistyki, Okręgowy Szpital Kolejowy, Katowice
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Edward Wylęgała

NAJWAŻNIEJSZE

Wybór soczewki powinien uwzględniać parametry kliniczne i oczekiwania pacjenta względem jakości życia po zabiegu. Nowe technologie, takie jak optyka spiralna, mogą wyznaczać nowe standardy chirurgii refrakcyjnej związanej z leczeniem zaćmy.

HIGHLIGHTS

The selection of a lens should take into account clinical parameters and the patient's expectations regarding quality of life post-procedure. Novel technologies, such as spiral optics, may establish new standards in refractive surgery associated with cataract treatment.

STRESZCZENIE

Zaćma pozostaje jedną z głównych przyczyn ślepoty na świecie, a jej leczenie chirurgiczne – polegające na usunięciu zmętniałej soczewki i implantacji sztucznej soczewki wewnątrzgałkowej (IOL) – ma bardzo duże skuteczność i bezpieczeństwo. Wraz z rozwojem technologii znacząco rozszerzyły się możliwości wyboru soczewek, co pozwala nie tylko na przywrócenie ostrości widzenia, lecz także na korekcję współistniejących wad refrakcyjnych i prezbiopii. Niniejszy artykuł przeglądowy przedstawia aktualne standardy stosowania soczewek wewnątrzgałkowych, omówiono w nim różne typy implantów: od klasycznych soczewek jednoogniskowych i strategii monowizji, przez ulepszone soczewki monofocal plus, aż po zaawansowane konstrukcje multifokalne, EDOF oraz innowacyjne soczewki spiralne. Szczególną uwagę poświęcono właściwościom optycznym poszczególnych typów IOL, ich zaletom, ograniczeniom oraz wpływowi na jakość życia pacjentów po operacji. Celem pracy jest ułatwienie lekarzom i pacjentom świadomego wyboru najbardziej odpowiedniego typu soczewki, dopasowanego do indywidualnych potrzeb i oczekiwań wzrokowych.

Słowa kluczowe: zaćma, soczewki wewnątrzgałkowe, soczewki premium, optyka spiralna

ABSTRACT

Cataracts remain one of the leading causes of blindness worldwide, and their surgical treatment, which involves the removal of the cloudy lens and the implantation of an artificial intraocular lens (IOL), is highly effective and safe. Advances in technology have significantly expanded the range of lens options,

allowing not only the restoration of visual acuity but also the correction of co-existing refractive errors and presbyopia. This review article presents current standards for the use of intraocular lenses and discusses various types of implants: from classic monofocal lenses and monovision strategies, through improved monofocal plus lenses, to advanced multifocal designs, EDOF, and innovative spiral lenses. Particular attention is paid to the optical properties of each type of IOL, their advantages, limitations, and impact on patients' quality of life after surgery. The aim of this article is to help physicians and patients make informed choices about the most appropriate type of lens, tailored to their individual visual needs and expectations.

Key words: cataract, intraocular lenses, premium lenses, spiral optics

WSTĘP

Zaćma to jedna z najczęstszych przyczyn utraty wzroku na całym świecie, a jej leczenie, polegające na usunięciu zmętniałej soczewki i zastąpieniu jej nową, stanowi jedną z najbardziej skutecznych procedur chirurgicznych w okulistyce. Co więcej, chirurgia wymiany soczewki poczyniła ogromny postęp pod względem zarówno bezpieczeństwa, jak i precyzji w ostatnich latach. Wskaźnik poważnych powikłań zmniejszył się do ok. 0,5%, [1], a wyniki refrakcyjne uległy znacznej poprawie. Obecnie 85% pacjentów osiąga błąd refrakcyjny w granicach 0,5 D od zakładanego celu [2], podczas gdy w początkach lat 2000. odsetek ten wynosił jedynie 60% [3, 4]. Dzięki postępom w medycynie, technologii oraz materiałach standardy leczenia zaćmy stale ewoluują, zapewniając pacjentom coraz lepsze wyniki i jakość życia po zabiegu. Współczesne soczewki wewnątrzgałkowe (IOL, *intraocular lenses*) oferują różnorodne rozwiązania, które są dostosowane do indywidualnych potrzeb pacjentów i pozwalają nie tylko na przywrócenie ostrości widzenia, lecz także na korekcję innych wad wzroku, takich jak astygmatyzm czy prezbiopia (czyli spadek zdolności akomodacyjnej związany z wiekiem). Te innowacje zmieniły oczekiwania pacjentów oraz cele chirurgiczne, ponieważ wielu pacjentów dąży teraz do kompleksowej rehabilitacji wzroku, która nie tylko przywraca ostrość widzenia po operacji zaćmy, lecz także koryguje wady refrakcyjne i prezbiopię, zmniejszając lub eliminując zależność od okularów. Celem tego artykułu jest przyjrzenie się aktualnym standardom leczenia zaćmy oraz zaprezentowanie najnowszych technologii soczewek, oferujących optymalną jakość widzenia w różnych warunkach.

SOCZEWKI MONOFOKALNE

Jednoogniskowe IOL należą do najczęściej stosowanych implantów w chirurgii zaćmy. Ze względu na prostą konstrukcję i przewidywalne wyniki jednoogniskowe IOL są uważane za rozwiązanie bezpieczne i skuteczne. Są to sferyczne soczewki wewnątrzgałkowe, które ogniskują w jed-

nym punkcie. Tradycyjnie oboje oczu korygowano tak, by miały ten sam cel refrakcyjny. Część pacjentów wybiera korekcję umożliwiającą wyraźne widzenie na daleką odległość (emmetropię) i korzysta z okularów do czytania z bliska. Inni natomiast wolą widzieć dobrze z bliska bez potrzeby używania okularów, akceptując konieczność zakładania okularów korekcyjnych do dali. Alternatywę dla pełnej symetrii refrakcyjnej stanowi strategia monowizji, polegająca na implantacji soczewek o różnych mocach do każdego oka – jedno ustawione jest na widzenie do dali, a drugie do bliży. Monowizja polega na celowym wprowadzeniu krótkowzroczności w jednym oku (zazwyczaj niedominującym), aby umożliwić wyraźne widzenie z bliska lub na odległości pośrednie. Oko dominujące, wyznaczone na podstawie testu Milesa, zwykle ustawia się na emmetropię, czyli dobre widzenie do dali. Przed planowanym zabiegiem leczenia zaćmy z zastosowaniem monowizji zaleca się wykonanie próby z użyciem soczewek kontaktowych symulujących krótkowzroczność w oku niedominującym. Pozwala to ocenić, czy pacjent dobrze toleruje różnicę w refrakcji między oczami (anizometrię) oraz wynikające z niej różnice w postrzeganiu wielkości obrazu (anizeikonię). Taki sposób korekcji pozwala na częściową niezależność od okularów, choć wymaga adaptacji mózgu do asymetrycznego widzenia i nie u każdego pacjenta sprawdza się równie dobrze. Monowizja może być korzystna szczególnie dla osób, które chcą ograniczyć konieczność używania okularów, ale nie decydują się na soczewki wieloogniskowe [5, 6]. Do ograniczeń tej metody należą m.in. pogorszenie widzenia przestrzennego, subiektywne dolegliwości wzrokowe oraz fakt, że nie wszyscy pacjenci dobrze adaptują się do tego rodzaju korekcji. Dlatego monowizja nie jest odpowiednia dla każdego i wymaga starannej kwalifikacji.

SOCZEWKI MONOFOKAL PLUS

Nazywane również monofokalaną ulepszoną lub *enhanced monofocal IOL* to nowoczesna wersja klasycznej soczewki jednoogniskowej, zaprojektowana tak, aby zapewniać nieco

szerszy zakres ostrego widzenia – szczególnie na odległości pośrednie – bez kompromisów typowych dla soczewek wieloogniskowych. Podstawową cechą soczewki monofocal plus jest to, że ma za zadanie głównie zapewnienie dobrej ostrości widzenia do dali, podobnie jak tradycyjna soczewka jednoogniskowa, ale dzięki modyfikacjom konstrukcji optycznej (np. asferyczności, strefie centralnej o zwiększonej mocy lub zmienionemu profilowi krzywizny) oferuje również lepszą jakość widzenia na odległości pośrednie, np. podczas pracy przy komputerze czy gotowania. Soczewki monofocal plus nie generują wielu ognisk, jak soczewki multifokalne, dzięki czemu ich stosowanie nie wiąże się zwykle z takimi efektami ubocznymi jak halo, olśnienie czy pogorszenie kontrastu. Są zatem atrakcyjnym wyborem dla pacjentów, którzy oczekują poprawy komfortu widzenia w codziennych czynnościach, ale nie tolerują optycznych zaburzeń związanych z soczewkami wieloogniskowymi.

SOCZEWKI MULTIFOKALNE

Pionierskie soczewki wewnątrzgałkowe o właściwościach wieloogniskowych zostały po raz pierwszy wszczępione w 1986 r. Jednak upłynęło wiele lat, zanim rozwiązanie to zyskało szersze uznanie i zaczęło być powszechnie stosowane w praktyce klinicznej [5, 7]. Soczewki wieloogniskowe wewnątrzgałkowe dzieli się na refrakcyjne i dyfrakcyjne, a także – na podstawie liczby ognisk – na dwuogniskowe i trójogniskowe. Terminy „refrakcja” i „dyfrakcja” odnoszą się do fizycznych mechanizmów, za pomocą których soczewka rozszczepia światło, aby mogło się ono ogniskować w różnych punktach odległościowych. Wiele soczewek łączy oba te rozwiązania w jednej konstrukcji. Określenia „dwoogniskowe” i „trójogniskowe” informują natomiast, ile różnych odległości widzenia (np. dali, bliży, odległości pośredniej) dana soczewka może obsłużyć. Ponieważ obrazy z tych wielu ognisk docierają jednocześnie do siatkówki, ich przetwarzanie na początku może być trudne dla pacjenta i wymaga okresu neuroadaptacji, który często trwa kilka miesięcy po operacji [8].

SOCZEWKI WENĄTRZGAŁKOWE O WYDŁUŻONEJ GŁĘBI OSTROŚCI

Soczewki wewnątrzgałkowe o wydłużonej głębi ostrości (EDOF, *extended depth of focus*) stanowią nowoczesne rozwiązanie w korekcyi presbiopii i oferują ciągły zakres ostrego widzenia, zwłaszcza w zakresie odległości pośrednich i dalekich. W przeciwieństwie do soczewek multifokalnych, które tworzą kilka oddzielnych punktów ogniskowych, soczewki EDOF generują pojedynczy, wydłużony punkt ogniskowy, co minimalizuje ryzyko wystąpienia efektów ubocznych, takich jak halo czy olśnienia. Jednakże mogą one oferować ograniczone widzenie z bliska, co może wy-

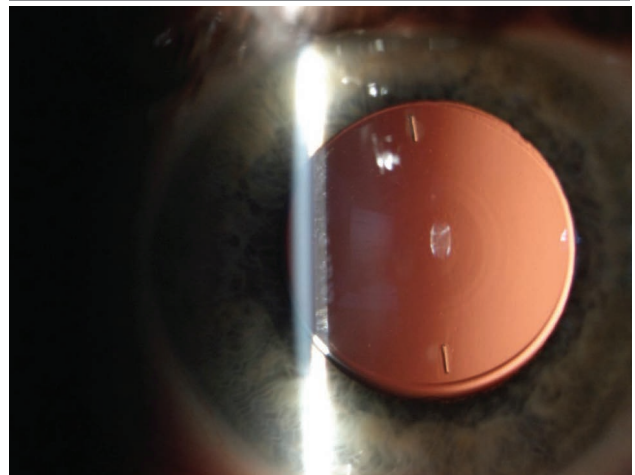
magać dodatkowej korekcji do czytania. Soczewki EDOF są szczególnie korzystne dla pacjentów oczekujących poprawy widzenia na odległości pośrednie przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości widzenia do dali i minimalizacji efektów ubocznych związanych z soczewkami multifokalnymi [9, 10].

SOCZEWKA SPIRALNA

Najnowocześniejsza technologia stosowana w soczewkach wewnątrzgałkowych to technologia spiralna. Stanowi ona przełom w rozwoju soczewek. Jedną z wyróżniających ją cech jest unikalna spiralna konstrukcja optyczna. Została ona opracowana przy użyciu sztucznej inteligencji, zapewnia ciągły, pełny zakres widzenia. W przeciwieństwie do tradycyjnych soczewek multifokalnych, które mają serię pierścieni tworzących 3 oddzielne punkty ogniskowe, optyka spiralna minimalizuje dysfotopsje, takie jak aureole i olśnienie, zwłaszcza w warunkach słabego oświetlenia. Soczewka wewnątrzgałkowa Rayner Galaxy IOL (ryc. 1) wykorzystuje optykę niedyfrakcyjną, która zapewnia efektywne wykorzystanie całego dostępnego światła. Ta konstrukcja zapewnia maksymalną transmisję światła do siatkówki, zapewniając wyraźniejszy i jaśniejszy obraz.

RYCINA 1

Wszczep soczewki wewnątrzgałkowej o optyce spiralnej.



DYSKUSJA

Postęp technologiczny w dziedzinie soczewek wewnątrzgałkowych znacząco zmienił podejście do chirurgii zaćmy, przekształcając ją z procedury jedynie przywracającej przezroczystość obrazu w kompleksową metodę rehabilitacji wzroku. Obecnie dostępny wybór implantów pozwala na indywidualizację leczenia i dopasowanie rodzaju soczewki do stylu życia oraz oczekiwań pacjenta.

Klasyczne soczewki jednoogniskowe, mimo że nadal stanowią podstawowy wybór, mają ograniczenia – jest to przede wszystkim brak korekcji widzenia na odległości pośrednie i bliskie. Rozwiązaniem częściowo je niwelującym jest strategia monowizji, której skuteczność zależy od neuroadaptacji i tolerancji różnic refrakcyjnych przez pacjenta. W odpowiedzi na rosnące potrzeby pacjentów opracowano ulepszone wersje jednoogniskowych IOL, takie jak monofocal plus, które poprawiają widzenie na odległości pośrednie bez charakterystycznych dla soczewek wieloogniskowych efektów ubocznych [11, 12]. Soczewki te stanowią alternatywę dla pacjentów ceniących prostotę konstrukcji oraz wysoką jakość widzenia w warunkach codziennych. Z kolei soczewki multifokalne i EDOF reprezentują zaawansowane podejście do korekcji prezbiopii. Mimo że zapewniają szeroki zakres widzenia, to ich skuteczność często zależy od zdolności pacjenta do adaptacji neurologicznej oraz od akceptacji potencjalnych zjawisk ubocznych, takich jak halo czy olśnienia. W tym kontekście soczewki EDOF wydają się oferować kompromis między zakresem widzenia a jakością obrazu [13, 14].

Sz szczególnie interesującym kierunkiem rozwoju są najnowsze soczewki spiralne, które dzięki unikalnej optyce – zaprojektowanej przez sztuczną inteligencję – umożliwiają płynne widzenie w pełnym zakresie odległości. Zmniejszone ryzyko występowania dysfotopsji, takich jak aureole i olśnienie, czyni je potencjalnie przełomowym rozwią-

zaniem w korekcji wzroku po operacji zaćmy. Spiralna technologia oznacza powstanie nowej generacji soczewek, w której jakość widzenia oraz komfort pacjenta są równoważnymi priorytetami.

WNIOSKI

Ewolucja soczewek wewnątrzgałkowych zmienia sposób leczenia zaćmy, umożliwiając nie tylko przywrócenie ostrości widzenia, lecz także korekcję współistniejących wad refrakcyjnych i prezbiopii. Nowoczesne opcje – od monofocal plus, przez EDOF, po spiralne IOL – pozwalają dostosować wybór soczewki do indywidualnych potrzeb pacjenta, oferując bardziej spersonalizowane i efektywne leczenie.

Wybór odpowiedniej soczewki powinien uwzględniać zarówno parametry kliniczne, jak i oczekiwania pacjenta względem jakości życia po zabiegu. Nowe technologie, takie jak optyka spiralna, mogą w przyszłości wyznaczać nowe standardy chirurgii refrakcyjnej związanej z leczeniem zaćmy.

Z uwagi na dynamiczny rozwój tej dziedziny konieczne są dalsze badania kliniczne, które potwierdzą długoterminową skuteczność oraz bezpieczeństwo najnowszych rozwiązań optycznych, zwłaszcza w kontekście subiektywnych doświadczeń pacjentów i jakości widzenia w warunkach codziennego życia.

Źródło rycin: materiały własne.

ADRES DO KORESPONDENCJI

dr n. med. Bogumił Wowra

Oddział Kliniczny Okulistyki, Wydział Nauk Medycznych
w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
40-760 Katowice, ul. Panewnicka 65
e-mail: bogumilwowra@gmail.com

ORCID

Bogumił Wowra – ID – <http://orcid.org/0000-0002-5875-6586>
Olga Łach-Wojnarowicz – ID – <http://orcid.org/0000-0003-1323-8440>
Dariusz Dobrowolski – ID – <http://orcid.org/0000-0002-8768-1691>
Edward Wylęgała – ID – <http://orcid.org/0000-0002-6707-5790>

Piśmiennictwo

- Stein JD, Grossman DS, Mundy KM et al. Severe adverse events after cataract surgery among medicare beneficiaries. *Ophthalmology*. 2011; 118(9): 1716-23.
- Rementería-Capelo LA, García-Pérez JL, Gros-Otero J et al. Visual and Refractive Outcomes of Cataract Surgeries Performed in One Year in a Private Practice Setting: Review of 2714 Procedures. *J Ophthalmol*. 2020; 2020: 2421816.
- Kugelberg M, Lundström M. Factors related to the degree of success in achieving target refraction in cataract surgery: Swedish National Cataract Register study. *J Cataract Refract Surg*. 2008; 34(11): 1935-9.
- Stern B, Gatinel D. Presbyopia Correction in Lens Replacement Surgery: A Review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2025; 53(6): 668-81.
- Sieburth R, Chen M. Intraocular lens correction of presbyopia. *Taiwan J Ophthalmol*. 2019; 9(1): 4-17.
- Fernández J, Rocha-de-Lossada C, Zamorano-Martín F et al. Positioning of enhanced monofocal intraocular lenses between conventional monofocal and extended depth of focus lenses: a scoping review. *BMC Ophthalmol*. 2023; 23(1): 101. <http://doi.org/10.1186/s12886-023-02844-1>.
- Keates RH, Pearce JL, Schneider RT. Clinical results of the multifocal lens. *J Cataract Refract Surg*. 1987; 13: 557-60. [http://doi.org/10.1016/s0886-3350\(87\)80114-1](http://doi.org/10.1016/s0886-3350(87)80114-1).
- Macasai MS, Fontes BM. Refractive enhancement following presbyopia-correcting intraocular lens implantation. *Curr Opin Ophthalmol*. 2008; 19(1): 18-21. <http://doi.org/10.1097/ICU.0b013e3282f14d9f>.
- Fernández J, Ribeiro FJ, Rodríguez-Vallejo M et al. Standard for collecting and reporting outcomes of IOL-based refractive surgery: update for enhanced monofocal, EDOF, and multifocal IOLs. *J Cataract Refract Surg*. 2022; 48(11): 1235-41. <http://doi.org/10.1097/jjcrs.0000000000001013>.
- Megiddo-Barnir E, Alió JL. Latest Development in Extended Depth-of-Focus Intraocular Lenses: An Update. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2023; 12(1): 58-79. <http://doi.org/10.1097/APO.0000000000000590>.
- Unsal U, Sabur H. Comparison of new monofocal innovative and standard monofocal intraocular lens after phacoemulsification. *Int Ophthalmol*. 2021; 41(1): 273-82. <http://doi.org/10.1007/s10792-020-01579-y>.
- Huh J, Eom Y, Yang SK et al. A comparison of clinical outcomes and optical performance between monofocal and new monofocal with enhanced intermediate function intraocular lenses: a case-control study. *BMC Ophthalmol*. 2021; 21: 365. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02124-w>.
- Gyóry JF, Németh G, Pesztenlehrer N. Assessing the clinical outcomes of a novel EDOF intraocular lens: a functional classification approach. *BMC Ophthalmol*. 2025; 25(1): 293. <http://doi.org/10.1186/s12886-025-04114-8>.
- Talan M, Penbe A, Akcay G. Comparison of a Novel Trifocal Intraocular Lens and a Monofocal Enhanced Depth of Focus Intraocular Lens in Visual Performance and Quality of Life Scores. *Beyoglu Eye J*. 2025; 10(1): 1-8. <http://doi.org/10.14744/bej.2025.70037>.

Wkład autorów:

Bogumił Wowra – pomysł, metodologia, walidacja, analiza formalna, badanie, przygotowanie oryginalnego projektu.
 Olga Łach-Wojnarowicz – badanie, przygotowanie oryginalnego projektu.
 Dariusz Dobrowolski – walidacja, zasoby, recenzja i edycja.
 Edward Wylegała – recenzja i edycja.
 Wszyscy autorzy przeczytali i zaakceptowali opublikowaną wersję manuskryptu.

Konflikt interesów:

Brak.

Finansowanie:

Brak.

Etyka:

Treści przedstawione w artykule są zgodne z zasadami Deklaracji Helsińskiej, dyrektywami EU oraz ujednoliconymi wymaganiami dla czasopism biomedycznych.

Authors' contributions:

Bogumił Wowra – conceptualization, methodology, validation, formal analysis, investigation, original draft preparation.
 Olga Łach-Wojnarowicz – investigation, original draft preparation.
 Dariusz Dobrowolski – validation, resources, review and editing.
 Edward Wylegała – review and editing.
 All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Conflict of interest:

None.

Financial support:

None.

Ethics:

The content presented in the article complies with the principles of the Helsinki Declaration, EU directives and harmonized requirements for biomedical journals.