Procedury laserowe w korekcji starczowzroczności

Laser modalities to treat presbyopia

Marcin Smorawski[1], Joanna Wierzbowska[1,2]

[1] Klinika Okulistyczna Optegra w Warszawie
Kierownik Kliniki: dr n. med. Jolanta Oficjalska

[2] Klinika Okulistyki, Wojskowy Instytut Medyczny w Warszawie
Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Marek Rękas

NAJWAŻNIEJSZE

Najistotniejsze w doborze metody leczenia prezbiopii jest kryterium skuteczności zabiegu i tolerancji efektu refrakcyjnego.

HIGHLIGHTS

Safety parameters are the most important criteria of choice.

STRESZCZENIE

W artykule dokonano przeglądu zarejestrowanych platform używanych w leczeniu starczowzroczności. Szczególną uwagę poświęcono monowizji, będącej obecnie najbardziej popularną laserową metodą korekcji tej dolegliwości. Przedstawiono jej ograniczenia i kryteria kwalifikacji pacjentów, zwracając uwagę na rolę dominacji ocznej. Podkreślono różnicę między tradycyjną monowizją a zabiegami mikromonowizji (LBV, *laser blended vision*). Opisano także aktualne protokoły ablacji wieloogniskowej i ich ograniczenia. Przedstawiono wyniki i profil bezpieczeństwa laserowych metod korekcji starczowzroczności.

Słowa kluczowe: monowizja, prezbiopia, rogówka wieloogniskowa, LBV, PRK, LASIK, SMILE, skorygowana ostrość widzenia do dali

ABSTRACT

The paper reports an overview of the currently available and registered laser platforms to treat presbyopia. A close attention has been paid to monovision as the most popular treatment method across the world. Postoperative limitations and preoperative criteria, including ocular dominance, form part of this report. Differences between the regular monovision and the novel micromonovision protocols (Laser Blended Vision) have been emphasised. Various multifocal ablation protocols have been described with their limitations and possible side effects. As with every treatment modality, safety and efficacy play important roles, and the article presents the available data concerning both of the parameters.

Key words: monovision, presbyopia, multifocal cornea, LBV, PRK, LASIK, SMILE, corrected distance visual acuity

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 05.08.2025; 17:10,38

WSTĘP

Starczowzroczność, zwana także prezbiopią, to stopniowa, związana z wiekiem utrata akomodacji soczewki oka powodująca narastające objawy astenopii w bliży i odległościach pośrednich. Poza główną przyczyną, czyli starzeniem się, innymi czynnikami przyspieszającymi ten proces są:

- nadwzroczność
- płeć żeńska
- choroby współistniejące, takie jak: cukrzyca, stwardnienie rozsiane, miastenia, anemia, niewydolność naczyniowa
- niektóre leki (antydepresyjne, przeciwhistaminowe, chlorpromazyna, hydrochlorotiazyd).

Wystąpienie prezbiopii indukują także czynniki geograficzne i socjologiczne:

- niedobory żywieniowe
- spożycie alkoholu
- promieniowanie ultrafioletowe
- zamieszkanie w strefie okołorównikowej.

Starczowzroczność najczęściej ujawnia się pomiędzy 42. a 44. r.ż. [1], a do całkowitego braku akomodacji dochodzi między 50. a 55. r.ż. [2].

Według danych WHO w 2000 r. dolegliwość ta występowała u od 36,7% (USA) do 50,1% (Japonia) populacji. Szacuje się, że w 2020 r. będzie ona dotyczyć 2,1 mld osób [3]. Najbardziej popularną metodą korekcji starczowzroczności pozostaje stosowanie okularów i soczewek kontaktowych. W obu przypadkach są wykorzystywane soczewki zmiennoogniskowe (progresywne) lub dwuogniskowe.

Progresywne w pełni korygują wadę do każdej odległości dzięki istnieniu nieskończenie dużej liczby ognisk soczewki. Dwuogniskowe korygują wyłącznie ostrość wzroku do dali i bliży, natomiast nie zapewniają mocy do korekcji odległości pośrednich. Dodatkowo za pomocą soczewek kontaktowych można uzyskać efekt monowizji.

Wśród chirurgicznych metod leczenia starczowzroczności wyróżniamy dotyczące soczewki, rogówki i twardówki.

Metody soczewkowe opierają się przede wszystkim na możliwości refrakcyjnej wymiany soczewki i wszczepów implantów wieloogniskowych różnych rodzajów. Metody twardówkowe zaś polegają na relaksacji przyrąbkowej twardówki za pomocą nacięć, impulsów laserowych lub implantów śródtwardówkowych (SEB, *scleral expansion bands*). Zmniejszenie napięcia twardówki i przemieszczenie jej wewnętrznej warstwy w kierunku równika soczewki powoduje rozluźnienie włókienek rzęskowych i zwiększa amplitudę akomodacji.

Te ostatnie metody z uwagi na niską skuteczność i małą przewidywalność efektu refrakcyjnego nie są praktycznie stosowane.

Chirurgia keratorefrakcyjna, wykorzystująca technologię lasera ekscymerowego i/lub femtosekundowego, koryguje błąd refrakcyjny poprzez zmianę krzywizny przedniej rogówki. Pierwszy zabieg powierzchniowy (PRK, *photorefractive keratectomy*) został przeprowadzony w 1987 r. (M. McDonald), a pierwsze zabiegi warstwowe (LASIK, *laser in situ keratomileusis*) – w 1990 r. (I. Pallikaris, L. Burrato) [4, 5].

Jednym z pierwszych autorów, którzy zwrócili uwagę na to, że wieloogniskowa powierzchnia rogówki powstała w wyniku zabiegu refrakcyjnego powoduje skuteczną korekcję prezbiopii, była Helen Moreira [6]. Uzyskiwanie w tym czasie efektu multifokalnej rogówki było niezamierzonym skutkiem decentracji lub zaindukowanego astygmatyzmu wtórnego po korekcji nadwzroczności, nie zaś planowym programem leczenia. W kolejnych latach rozpoczęto próby z wykonywaniem płytkiej (10–17 mikronów ablacji) półksiężycowatej strefy ablacji do bliży, położonej poniżej osi widzenia. Zabiegi te dawały obiecujące, choć dalekie od ideału wyniki [7].

Rewolucją w leczeniu starczowzroczności okazało się zastosowanie monowizji, która ze względu na odwracalny efekt cechuje się wysokim bezpieczeństwem [8]. Jej istotne ograniczenie stanowi słabsza tolerancja u młodszych osób ze starczowzrocznością i niższa skuteczność u osób starszych. Sprowokowało to badaczy do dalszych poszukiwań optymalnych metod korekcji. Kolejne badania podążały w dwóch kierunkach. Po pierwsze starano się udoskonalić sam efekt monowizji przez indukowanie ujemnych aberracji sferycznych. Powstają one na asferycznej powierzchni rogówki, która ma kształt elipsy, a jej promień krzywizny rośnie wraz z oddalaniem się od szczytu (*prolate*), i powodują pojawienie się dodatkowych ognisk skupienia światła pochodzących z obwodowej rogówki, co zwiększa głębię widzenia (*depth of focus*) do bliży. Po drugie powrócono do odkryć chirurgii refrakcyjnej sprzed ery monowizji i kontynuowano badania nad uzyskaniem idealnej powierzchni wieloogniskowej lub pseudoakomodującej rogówki.

MONOWIZJA

Monowizja to wywołanie przy zastosowaniu procedur refrakcyjnych zachowawczych lub operacyjnych krótkowzroczności w oku niedominującym (lub w oku niebędącym w przewadze przy współdominacji) oraz emmetropii w oku dominującym (lub będącym w przewadze przy współdominacji). Oko dominujące korygowane

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from
https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 05.08.2025; 17:10,38

jest do dali, ponieważ ma znacznie lepsze zdolności percepcyjne w przestrzennych zadaniach motorycznych, takich jak chodzenie czy kierowanie samochodem. Monowizję można osiągnąć w wyniku zastosowania soczewek kontaktowych, soczewek wewnątrzgałkowych, zabiegów PRK, LASIK (monoLASIK) i keratoplastyki konduktywnej (CK). Monowizję wywołuje się u osób z krótkowzrocznością, nadwzrocznością i normowzrocznych.

Celem monowizji jest uzyskanie wyraźnego widzenia w dal i z bliska, jednak wykonywanie czynności w skrajnych odległościach (zwłaszcza bliskich u osób z resztkową akomodacją i dalekich u młodych prezbiopów) może wymagać dodatkowo okresowego stosowania korekcji okularowej. Pacjenci, którzy nie akceptują takich warunków lub kompromisów w zakresie ostrości widzenia, widzenia przestrzennego (stereopsji) i poczucia kontrastu, nie są odpowiednimi kandydatami do przeprowadzenia korekcji wady wzroku tą metodą.
Jak wskazują wyniki badań, łatwiej jest wyindukować neurosupresję (czyli skuteczne tłumienie mniej wyraźnego sygnału z oka skorygowanego do bliży) w oku niedominującym, mającym wadę minusową [8]. Jednak tłumienie oka o znacznej dominacji (przy patrzeniu z bliska) może powodować dyskomfort widzenia i w efekcie brak tolerancji monowizji [9]. Najlepszą tolerancję monowizji mają osoby z niewielką przewagą oka dominującego lub z tzw. dominacją alternatywną (naprzemienną) oczu (*interocular blur suppression*). Supresja widzenia jest najbardziej skuteczna w warunkach fotopowych, najsłabsza zaś przy postrzeganiu obrazów o dużym kontraście, niewielkim rozmiarze, szerokiej źrenicy i w warunkach skotopowych [8]. Te niedogodności monowizji mogą być odczuwalne zwłaszcza podczas kierowania samochodem nocą i czytania przy słabym oświetleniu. Predyktorami dobrej tolerancji monowizji są [10]:

- precyzyjna korekcja oka dominującego
- obniżenie ostrości widzenia przestrzennego o mniej niż 50 sekund kątowych
- zaindukowana zbieżność oczu do dali (ezoforia) na poziomie 0,6 D pryzmatycznych lub mniejsza.

Jak wspomniano wcześniej, najlepszą tolerancję monowizji uzyskuje się w oczach z krótkowzrocznością, przede wszystkim ze względu na najbardziej precyzyjną korekcję oka dominującego do dali [3]. Ponadto u krótkowidzów w przypadku nietolerancji efektu monowizji i konieczności reoperacji ostateczna głębokość ablacji laserowej w oku niedominującym jest równa zakresowi zabiegu refrakcyjnego planowanego pierwotnie w celu uzyskania emmetropii tego oka.

Przed wykonaniem laserowej monowizji zaleca się przeprowadzenie próby przy użyciu soczewek kontaktowych (z pełną korekcją astygmatyzmu subiektywnego). Kryteriami wykluczającymi z zabiegu monowizji są:

- niedowidzenie
- tłumienie
- zaburzenia fuzji i stereopsji
- zez ukryty.

Wyróżniamy trzy protokoły monowizji:

- tradycyjną monowizję
- minimonowizję
- mikromonowizję.

Tradycyjna monowizja polega na zaindukowaniu w oku niedominującym krótkowzroczności w zakresie od -1,25 do -2,5 D sferycznych (Dsph) stosownie do wieku pacjenta.
Minimonowizja to nad- lub niedokorekcja do wartości -0,75 Dsph w oku niedominującym.
Ograniczeniami tradycyjnej mono- i minimonowizji są zmniejszenie zakresu stereopsji i postrzegania kontrastu oraz osłabione widzenie obuoczne do dali w stosunku do widzenia okiem dominującym. Obniżenie kontrastu jest proporcjonalne do wielkości zaindukowanej anizometropii (*add power*). Badania monowizji indukowanej metodami PRK i LASIK wykazały bardzo wysoki odsetek jej tolerancji (nawet do 88%) przez pacjentów [11, 12], jednak odsetek zadowolonych zmniejszał się wraz z obniżaniem stereopsji i obuocznej ostrości wzroku po zabiegu [13].
Trzecim protokołem jest **mikromonowizja**, w której indukowane są: krótkowzroczność (od -0,75 do -1,50 Dsph) w oku niedominującym oraz niewielka liczba aberracji sferycznych (*spherical aberrations*, SA < 0,40 μm) w obojgu oczach [14]. Ta niewielka liczba wtórnych aberracji wyższego rzędu przyczynia się do poszerzenia głębi akomodacji (*depth of focus*): w oku dominującym – od nieskończoności do odległości pośrednich, a w oku niedominującym – od odległości pośrednich do bliży, co zapewnia pełną głębię widzenia obuocznego. Protokół mikromonowizji (LBV, *laser blended vision*) został opracowany przez Dana Reinsteina i zarejestrowany przez Europejską Agencję Leków (EMA, *European Medicines Agency*) dla przedziałów wad wzroku od -9,0 Dsph do +5,75 Dsph. Specyfiką tej formy monowizji są wyjątkowa wrażliwość oka dominującego na ewentualną wadę resztkową (ammetropię) i wynikający z tego dość wysoki odsetek rekorekcji (23%) w pierwszych badaniach z zastosowaniem LBV, obserwowany głównie w oczach z nadwzrocznością. W mikromonowizji, w odróżnieniu do tradycyjnej monowizji, obuoczna ostrość widzenia jest jednak wyższa niż ostrość widzenia oka domi-

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 05.08.2025; 17:10,38

nującego [15]. Znacznie wyższa jest też tolerancja minimonowizji uzyskanej metodą LBV LASIK niż tradycyjną metodą monoLASIK [16]. Po miesiącu pełną tolerancję powstałej anizometropii obserwowano u 60% pacjentów, a po 6 miesiącach odsetek akceptujących monowizję zwiększył się do 98% [14]. Aż 95% pacjentów leczonych metodą LBV LASIK uzyskało obuoczną ostrość wzroku do dali na poziomie min. 1,0, przy jednoczesnej obuocznej ostrości do bliży na poziomie 0,5 z odległości 30 cm według tablic Snellena [14]. Wyniki badań dotyczących podgrup pacjentów operowanych z użyciem programu LBV LASIK również wskazują na bardzo dobre i stabilne efekty. U pacjentów z astygmatyzmem krótkowzrocznym oraz ze starczowzrocznością osiągnięto zakładaną korekcję w 92% (zakres błędu ± 0,5 Dsph) oraz 99% (zakres błędu ± 1,0 Dsph). Średnia zmiana refrakcji w okresie od 3 miesięcy do roku wyniosła 0,06 ± 0,31 Dsph [17]. Zbliżone wyniki uzyskano w podgrupie pacjentów z astygmatyzmem nadwzrocznym, odpowiednio 79% (zakres błędu ± 0,5 Dsph) oraz 95% (zakres błędu ± 1,0 Dsph); średnia zmiana refrakcji w okresie od 3 miesięcy do roku wyniosła 0,11 ± 0,36 Dsph. Zmiana refrakcji o więcej niż 1,0 Dsph dotyczyła zaledwie 2,6% pacjentów. Odsetek rekorekcji minimonowizji u pacjentów z astygmatyzmem nadwzrocznym wynosił 22% [18]. W podgrupie pacjentów z emmetropią wyniki były podobne. Emmetropię zdefiniowano jako wadę o ekwiwalencie sferycznym w zakresie od ≥ -0,88 Dsph do ≤ +1,0 Dsph oraz wartości astygmatyzmu ≤ 1,25 Dcyl. Zakładaną korekcję osiągnięto w 91% (zakres błędu ± 0,5 Dsph) oraz 100% (zakres błędu ± 1,0 Dsph) [19]. W żadnym z cytowanych powyżej badań dotyczących trzech różnych podgrup pacjentów (liczących odpowiednio 310, 258 oraz 296 oczu) nie doszło do pogorszenia najlepiej skorygowanej ostrości wzroku o co najmniej dwie linie według tablic Snellena, co potwierdza szeroki profil bezpieczeństwa procedury.

ABLACJA WIELOOGNISKOWA

Zaawansowana technika wieloogniskowej ablacji stromy rogówki opiera się na założeniu, że każde z oczu ma te same strefy widzenia w dal i z bliska. Zaletą tej techniki jest brak obniżenia widzenia przestrzennego, a znacznym ograniczeniem – pooperacyjne obniżenie poczucia kontrastu oraz zwiększenie aberracji wyższego rzędu (HOA, *high order aberrations*), takich jak *coma* i *trefoil* [20].

Ze względu na lokalizację odpowiednich stref na rogówce, platformy ablacji wieloogniskowej dzielą się na trzy grupy:

1. *Center near* – strefa widzenia do bliży zlokalizowana jest w centralnej rogówce.
2. *Peripheral near* – strefa widzenia do bliży zlokalizowana jest w obwodowej, dolnej części rogówki.
3. *Inferior-off near* – strefa widzenia do bliży zlokalizowana jest w paracentralnej dolno-nosowej części rogówki.

Technika ablacji rogówki *PresbyMAX*, oryginalnie stosowana przy użyciu programu *Presby-one* firmy *Technovision*, a następnie implementowana w kolejnych generacjach laserów ekscymerowych *Schwind Amaris*, została opracowana przez J. Alio w 2006 r. i polegała na wymodelowaniu centralnego pola stromej asferycznej rogówki, indukującej krótkowzroczność o maksymalnej wartości -2,25 Dsph, otoczonego pierścieniem paracentralnej rogówki indukującym krótkowzroczność o wartości -0,5 Dsph [21]. Technika *PresbyMAX* zakłada symetryczny udział obojga oczu w widzeniu do dali i do bliży [21] oraz podział aktywności wzrokowej do bliży, odległości pośredniej i dali, wynoszący odpowiednio: 35%, 15% i 50%. Efekt zabiegu zależy od aktualnej szerokości źrenicy i ulega pogorszeniu wraz z jej zwężeniem. Uthoff i wsp. wykazali, że po 6 miesiącach osłabienie skorygowanej ostrości wzroku do dali (CDVA, *corrected distance visual acuity*) w jednym oku o dwie linie lub mniej wystąpiło aż u 28% pacjentów, a osłabienie CDVA w jednym oku o co najmniej dwie linie – u co szóstego pacjenta (15%) [23].

System WaveLight® Allegretto Wave® Eye-Q Laser firmy Alcon działa na podstawie analizy wskaźnika asferyczności rogówki (wskaźnik Q) i jego pooperacyjnej zmiany. Wskaźnik Q jest indywidualnie zmienny i opisuje odchylenie kształtu rogówki od kształtu sferycznego (w przypadku rogówki idealnie sferycznej Q = 0). Fizjologiczna rogówka ma kształt wydłużonej elipsoidy (*prolate*), a jej krzywizna zmniejsza się w kierunku obwodowym (Q przyjmuje wartości od 0 do -1). Oko dominujące skorygowane jest do dali, a rogówka w tym oku w wyniku zabiegu zmienia kształt w kierunku *prolate*. Centralna wyspa widzenia bliży w oku niedominującym ma średnicę 2–4 mm i różnicę refrakcji wynoszącą 1–4 D względem pozostałej części rogówki [23]. Dodatkowy efekt widzenia w bliży można uzyskać dzięki wyindukowaniu niewielkiej krótkowzroczności w oku niedominującym.

Korekcja starczowzroczności za pomocą programu pseudoakomodacyjnej rogówki (PAC, *pseudo-accommodative cornea*) przy użyciu platformy lasera ekscymerowego Nidek EC-5000 C XIII opiera się na wytworzeniu wąskiego centralnego pola ablacji korygującej wzrok do dali według algorytmu uwzględniającego m.in. wiek pacjenta i skotopową oraz fotopową szerokość źrenicy. Na podstawie wprowadzonych zmiennych

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from
https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 05.08.2025; 17:10,38

system automatycznie ustala parametry zabiegu dla strefy ablacji (w której wykonywana jest korekcja wady) i strefy przejściowej (niewielka, 1–2-milimetrowa strefa między laserowaną i nielaserowaną częścią rogówki). Na pierwszym etapie zabiegu przy zastosowaniu szerokiej strefy ablacji koryguje się wadę wzroku, żeby uzyskać obuoczną emmetropię. Na drugim etapie wykonywane jest modelowanie mające na celu wystromienie strefy pośredniej rogówki (pomiędzy 4. a 5. milimetrem od środka rogówki) i uzyskanie wtórnej krótkowzroczności. Podwójna ablacja laserowa strefy przejściowej indukuje także wtórne aberracje sferyczne powodujące zwiększenie głębi ostrości [24].

Jedną z popularniejszych metod korekcji starczowzroczności, stosowaną najczęściej u osób z nadwzrocznością, jest *Supracore*, przy użyciu lasera ekscymerowego *Technolas Perfect Vision (217 P)* firmy *Bausch&Lomb*. Podczas pierwszego etapu w wyniku ablacji w strefie o średnicy 6 mm następuje korekcja wady wzroku do dali. Podczas drugiego etapu wykonywana jest procedura korekcji prezbiopii, polegająca na dalszej ablacji wąskiego centrum stromy rogówki za pomocą 2000 impulsów laserowych. Laser tworzy w środku rogówki 3-milimetrową strefę odpowiadającą za widzenie do bliży otoczoną strefą ablacji zapewniającą widzenie do dali, z przesunięciem w stronę niewielkiej krótkowzroczności (ok. -0,5 Dsph) [25]. Modyfikacja tej metody zakłada zaindukowanie wyższej krótkowzroczności w oku niedominującym, żeby uzyskać dodatkowy efekt monowizji. W zabiegu *Supracore* nie jest wytwarzana strefa przejściowa, przez co nie powstają dodatkowe aberracje optyczne, zwłaszcza typu *coma* i *trefoil*, mające istotny wpływ na jakość widzenia. Aberracje sferyczne zaś stają się bardziej negatywne, co powoduje dodatkowy efekt pseudoakomodacyjny. Pacjenci poddani procedurze *Supracore* odczuwają poprawę widzenia do bliży bezpośrednio po zabiegu, natomiast poprawa widzenia do dali następuje w dłuższym okresie. Saib i wsp. stwierdzili obniżenie jednoocznej CDVA o co najmniej 2 linie u 6,5% pacjentów [27]. W badaniu Alio i wsp. pełną skuteczność zabiegu (brak zależności od korekcji do bliży) obserwowano u 83% pacjentów z nadwzrocznością i starczowzrocznością, a efekt niezadowalający – u 6,7% [24].

Innym zabiegiem korekcji starczowzroczności jest procedura *Intracore*, po raz pierwszy przeprowadzona w 2009 r., polegająca na wytworzeniu 5 współśrodkowych okrągłych nacięć w stromie rogówki oka niedominującego laserem femtosekundowym *Femtec* firmy *Bausch&Lomb* [28]. Najszersze z nich ma średnicę 3,5 mm. Nabłonek podczas procedury pozostaje nienaruszony. W ten sposób powstaje wieloogniskowa rogówka, której centralna krzywizna ulega wystromieniu. Zwiększenie wartości centralnej keratometrii następuje w ciągu 12 miesięcy po zabiegu i ostatecznie osiąga ona poziom ok. 1 D. Badania nie wykazały korelacji między podwyższonymi wartościami keratometrii czy asferycznością rogówki a stopniem poprawy nieskorygowanej ostrości wzroku do bliży (UNVA) [27]. Zaletą metody *Intracore* jest jej niewielka inwazyjność, czyli brak ryzyka związanego z wykonaniem zabiegu warstwowego lub obniżeniem centralnej grubości rogówki oraz ryzyka powstania wtórnej ektazji rogówki. W badaniu Ruiza i Holzera średni wzrost liczby linii Snellena wynosił 4,42 (w rozpiętości od 1 do 9 linii). Grubość centralnej rogówki i liczba komórek śródbłonka nie uległy zmianie przez 2 lata. Stabilność refrakcji i brak zmian pachymetrycznych w ciągu 18 miesięcy po zabiegu *Intracore* potwierdziło także badanie Mennasa i wsp. [29]. Objawem towarzyszącym było jednak zjawisko halo występujące po roku u 9 z 25 pacjentów. Brak poprawy ostrości widzenia do bliży po zabiegu stwierdzono u 12% pacjentów [29].

W ostatnich latach wiedzę na temat akomodacji ludzkiego oka wzbogacił model akomodacji oka CAMA 2.0. Odkryto zjawisko zmiany stosunków anatomicznych obwodowej twardówki i naczyniówki podczas akomodacji oraz występowanie mechanizmu odwrotnego napięcia włókienek obwódki Zinna (*reciprocal zonular action*), polegającego na antagonizmie przedniej i tylnej części włókienek obwódki rzęskowej podczas pracy mięśnia rzęskowego. Udowodniono również występowanie tylnych włókienek rzęskowych (PIZ-LE, *posterior insertion zone-to-lens equator zonule*), włókienek rzęskowych w obrębie *pars plana* i włókienek tylnej części ciała szklistego [29]. Odkrycia te otwierają nowe perspektywy w kontekście przyszłego chirurgicznego leczenia starczowzroczności, uwzględniającego prawdziwe przyczyny tego zjawiska.

Skuteczne i bezpieczne leczenie starczowzroczności pozostaje wyzwaniem dla chirurgii okulistycznej. U osób po 55. r.ż. jedną z dostępnych opcji jest refrakcyjna wymiana soczewki. Jednak ze względu na ryzyko wprawdzie rzadkich, ale poważnych powikłań wewnątrzgałkowych (w tym obrzęku plamki, odwarstwienia siatkówki czy zapalenia wnętrza gałki ocznej) rogówkowa chirurgia refrakcyjna pozostaje opcją atrakcyjną, choć nie pozbawioną ograniczeń. Obejmuje ona także użycie implantów wewnątrzrogówkowych, których dodatkowe zalety stanowią możliwość szybkiej i łatwej eksplantacji oraz brak utraty tkanki rogówki (o ile sam wszczep implantu nie był połączony z warstwową procedurą laserową) [30].

Wyróżniamy trzy typy implantów śródrogówkowych (*inlays*) na podstawie mechanizmu ich działania.

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 05.08.2025; 17:10,38

Pierwszy typ (np. implant Kamra) działa dzięki efektowi szczeliny (*pinhole effect*), który umożliwia poprawienie nieskorygowanej ostrości wzroku u osób z wadą wzroku do bliży lub dali. Zjawisko to polega na wyizolowaniu przez przesłonę szczeliny wyłącznie promieni przebiegających w pobliżu osi optycznej oka i najmniej załamanych przez rogówkę, soczewkę oraz inne ośrodki optyczne oka. Promienie przebiegające poza tym obszarem, ulegające większemu załamaniu i przyczyniające się do największego rozmycia obrazu, są zaś blokowane przez przesłonę. Wadą implantu Kamra jest osłabienie obuocznej ostrości widzenia i kontrastu w słabszych warunkach oświetlenia z uwagi na mniejszą ilość światła przedostającą się do oka.

Drugim typem implantów śródrogówkowych są tzw. implanty refrakcyjne (modele *Presbia*, *Iconlens*), mające zróżnicowaną moc optyczną – neutralną (*plano*) w centrum i dodatnią w części peryferyjnej.

Działanie trzeciego typu implantu śródrogówkowego stosowanego w prezbiopii (model *Raindrop Inlay*) polega na zmianie profilu krzywizny centralnej i paracentralnej rogówki umożliwiającej widzenie do bliży przez jej część paracentralną [31]. W ostatnich miesiącach przeprowadzono także skuteczne próby korekcji prezbiopii metodą śródrogówkowego umieszczenia aloimplantów, pozyskiwanych od pacjentów poddanych zabiegom *Smile*, i wszczepianych (po odpowiednim opracowaniu) na głębokości 150 mikronów pod płatek rogówki wytworzony przy użyciu lasera femtosekundowego. Trwają badania nad opracowaniem technologii umożliwiającej indywidualizację kształtu takich aloimplantów za pomocą lasera ekscymerowego. Tak przygotowany aloimplant mógłby być przechowywany, transportowany i wszczepiany w późniejszym terminie [32, 33].

ADRES DO KORESPONDENCJI
lek. Marcin Smorawski
Klinika Okulistyczna Optegra
02-366 Warszawa, ul. Bitwy Warszawskiej 1920 roku nr 18
e-mail: marcin.smorawski@interia.pl

For non-commercial use only

Piśmiennictwo

1. Kleinstein RN. Epidemiology of presbyopia. W: Stark L, Obrecht G (ed). Presbyopia: recent research and reviews from the third international symposium. Professional Press Books, New York 1987: 12-18.
2. Croft MA, Glasser A, Kaufman PL. Accommodation and presbyopia. Int Ophthalmol Clin 2001; 41(2): 33-46.
3. WHO. Vision 2020. Global initiative for the elimination of avoidable blindness. Fact Sheet No 1213. WHO, Geneva 2000.
4. Pallikaris IG, Papatzanaki ME, Stathi EZN, et al. Laser in situ keratomileusis. Lasers Surg Med 1990; 10: 463-468.
5. Seiler T, Bende T, Wollensak J, Trokel SL. Excimer laser keratectomy for correction of astigmatism. Am J Ophthalmol 1988; 105: 117-124.
6. Moreira H, Garbus JJ, Fasano A, et al. Multifocal corneal topographic changes with excimer laser photorefractive keratectomy. Arch Ophthalmol 1992; 110: 994-999.
7. Vinciguerra P, Nizzola GM, Bailo G, et al. Excimer laser photorefractive keratectomy for presbyopia: 24-month follow-up in three eyes. J Refract Surg 1998; 14: 31-37.
8. Goldberg DB. Comparison of myopes and hyperopes after laser in situ keratomileusis monovision. J Cataract Refract Surg 2003; 29: 1695-1701.
9. Schor C, Landsman L, Erickson P. Ocular dominance and the interocular supperession of blur in monovision. Am J Optom Physiol Opt 1987; 64: 723-730.
10. Handa T, Mukuno K, Uozato H, et al. Ocular dominance and patient satisfaction after monovision induced by intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 2004; 30(4): 769-774.
11. Miranda D, Krueger RR. Monovision laser in situ keratomileusis for pre-presbyopic and presbyopic patients. J Refract Surg 2004; 20: 325-328.
12. Sippel KC, Jain S, Azar DT. Monovision achieved with excimer laser refractive surgery. Int Ophthalmol Clin 2001; 41(2): 91-101.
13. Braun EH, Lee J, Steinert RF. Monovision in LASIK. Ophthalmology 2008; 115: 1196-1202.
14. Zhang F, Sugar A, Arbisser L, et al. Crossed versus conventional pseudophakic monovision: Patient satisfaction, visual function, and spectacle independence. J Cataract Refract Surg 2015; 41: 1845-1854.
15. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. LASIK for myopic astigmatism and presbyopia using nonlinear aspheric micro-monovision with the carl zeiss meditec MEL 80 Platform. J Refract Surg 2011; 27: 23-37.
16. Reinstein DZ, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M. LASIK for the correction of presbyopia in emmetropic patients using aspheric ablation profiles and a micro-monovision protocol with the Carl Zeiss Meditec MEL80 and VisuMax. J Refract Surg 2012; 28(8): 531-541.

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from
https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 05.08.2025; 17:10,38

17. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Aspheric ablation profile for presbyopic corneal treatment using the MEL80 and CRS Master Laser Blended Vision module. J Emmetropia 2011; 2(3): 161-175.
18. Reinstein DZ, Morral M, Gobbe M, Archer TJ. Accuracy of refractive outcomes in myopic and hyperopic laser in situ keratomileusis: Manifest versus aberrometric refraction. J Cataract Refract Surg 2012; 38(11): 1989-1995.
19. Reinstein DZ, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M. LASIK for hyperopic astigmatism and presbyopia using non-linear aspheric micro-monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL 80 platform. J Refract Surg 2009; 25(1): 37-58.
20. Reinstein DZ, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M. LASIK for presbyopia correction in emmetropic patients using non-linear aspheric micro--monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL 80 platform. J Refract Surg 2012; 28(8): 531-541.
21. Jung SW, Kim MJ, Park SH, Joo CK. Multifocal corneal ablation for hyperopic presbyopes. J Refract Surg 2008; 24: 903-910.
22. Iribarne Y, Juarez E, Orbegoz J. Bi-aspheric ablation profile for presbyopic hyperopic corneal treatments using AMARIS with PresbyMAX module: Multicentric Study in Spain. J Emmetropia 2012; 3: 5-16.
23. Uthoff D, Peolzl M, Hepper D, Holland D. A new method of cornea modulation with excimer laser for simultaneous correction of presbyopia and ametropia. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2012; 250: 1649-1661.
24. Alio JL, Chaubard JJ, Caliz A, et al. Correction of presbyopia by Technovision central multifocal LASIK (presby-LASIK). J Refract Surg 2006; 22: 453-460.
25. Uy E, Go R. Pseudoaccommodative Cornea Treatment Using the NIDEK EC-5000 CXIII Excimer Laser in Myopic and Hyperopic Presbyopes. J Refract Surg 2009; 25(supl. 1): S148-S155.
26. Ryan A, O'Keefe M. Corneal approach to hyperopic presbyopia treatment: Six-month outcomes of a new multifocal excimer laser in situ keratomileusis procedure. J Cataract Refract Surg 2013; 39: 1226-1233.
27. Saib N, Abrieu-Lacaille M, Berguiga M, et al. Central PresbyLASIK for Hyperopia and Presbyopia Using Micro-monovision With the Technolas 217P Platform and SUPRACOR Algorithm. J Refract Surg 2015; 31(8): 540-546.
28. Holzer MP, Mannsfeld A, Ehmer A, Auffarth GU. Early outcomes of INTRACOR femtosecond laser treatment for presbyopia. J Refract Surg 2009; 25: 855-861.
29. 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.
30. Goldberg DB. Computer-animated model of accommodation and presbyopia. J Cataract Refract Surg 2015; 41: 437-445.
31. Yoo A, Kim JY, Kim MJ, Tchah H. Hydrogel Inlay for Presbyopia: Objective and Subjective Visual Outcomes. J Refract Surg 2015; 31(7): 454-460.
32. Whitman J, Hovanesian J, Steinert RF, et al. Through-focus performance with a corneal shape-changing inlay: One-year results. J Cataract Refract Surg 2016; 42: 965-971.
33. Jacobs S. Presbyopic Allogenic Refractive Lenticule (PEARL). [Materiał konferencyjny] Innovative Session ESCRS, Copenhagen 10–14.09.2016.
34. Mrochen M. Allogenic corneal onlays and inlays. [Materiał konferencyjny] Free Paper Session ESCRS, Copenhagen 10–14.09.2016.

For non-commercial use only

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from
https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 05.08.2025; 17:10,38