



Znaczenie minimalnie inwazyjnych zabiegów przeciwjaskrowych zwiększających odpływ cieczy wodnistej drogą konwencjonalną w nowoczesnym leczeniu jaskry

Łukasz Kempys^{1,2}, Ewa Mrukwa-Kominek^{3,4}

¹Oddział Okulistyki, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny nr 2 w Jastrzębiu-Zdroju, Polska

²Okulus Plus Centrum Okulistyki i Optometrii w Bielsku-Białej, Polska

³Klinika Okulistyki, Wydział Nauk Medycznych, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska

⁴Oddział Okulistyki Dorosłych, Uniwersyteckie Centrum Kliniczne im. prof. Kornela Gibińskiego, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska

STRESZCZENIE

Chirurgia jaskry ma na celu zapobieganie postępowi choroby. W praktyce leczenie chirurgiczne jaskry jest zwykle podejmowane, gdy leczenie farmakologiczne jest nieskuteczne, źle tolerowane, niewskazane lub niewłaściwie stosowane przez pacjenta. Minimalnie inwazyjne zabiegi przeciwjaskrowe (*minimally invasive glaucoma surgery* – MIGS) należą do najnowocześniejszych technik chirurgicznego leczenia jaskry. Znajdują zastosowanie głównie w leczeniu jaskry pierwotnej otwartego kąta oraz niektórych typów jaskry wtórnej otwartego kąta, w szczególności jaskry w przebiegu zespołu pseudoeksfoliacji. Minimalnie inwazyjne zabiegi przeciwjaskrowe zwiększające odpływ cieczy wodnistej drogą konwencjonalną: goniotomia *ab interno* z użyciem noża Kahooka, I-stent, Hydrus Microstent, Trabectome, trabekulotomia laserem ekscimerowym, kanaloplastyka *ab interno*, trabekulotomia z użyciem mikrocewnika ze światłowodem są zaliczane do najbezpieczniejszych. Dodatkową ich zaletą jest możliwość jednoczesnego wykonania procedury z za-

biegiem fakoemulsyfikacji zaćmy, a także zaoszczędzenia spojówki gałkowej, co umożliwia wykonanie innych procedur w przyszłości, jeśli zaistnieje taka konieczność.

Analizując wyniki badań dotyczących efektywności samodzielnych zabiegów MIGS zwiększających odpływ cieczy wodnistej drogą konwencjonalną oraz zabiegów łączonych z fakoemulsyfikacją zaćmy przekonujemy się o ich wysokiej skuteczności w obniżaniu ciśnienia wewnątrzgałkowego i zmniejszaniu liczby stosowanych substancji czynnych, co ma decydujący wpływ na powodzenie leczenia jaskry, zachowanie użytecznej ostrości wzroku i poprawę jakości życia pacjentów. Celem pracy jest przegląd literatury dotyczącej minimalnie inwazyjnych zabiegów przeciwjaskrowych zwiększających odpływ cieczy wodnistej drogą konwencjonalną.

SŁOWA KLUCZOWE: trabectome, Hydrus Microstent, trabekulotomia laserem ekscimerowym, kanaloplastyka *ab interno*, minimalnie inwazyjne zabiegi przeciwjaskrowe, goniotomia *ab interno* z zastosowaniem noża Kahooka.

WPROWADZENIE

Jaskra stanowi grupę chorób definiowanych jako charakterystyczna neuropatia nerwu wzrokowego, która jest związana z przebudową tkanki łącznej i utratą tkanki nerwowej, co ostatecznie prowadzi do rozwoju typowego wzorca dysfunkcji wzrokowej [1]. Jaskra jest heterogenną grupą chorób, których wspólną cechą jest obumieranie komórek zwojowych siatkówki w procesie apoptozy [2]. Nieleczona prowadzi do rozwoju nieodwracalnej ślepoty – jest drugą najczęstszą przyczyną utraty wzroku. Ocenia się, że choruje na nią 64,3 mln osób na świecie. Obniżanie ciśnienia wewnątrzgałkowego jest uznawane za jedyny skuteczny sposób

leczenia jaskry, a wszelkie metody terapii, zarówno farmakologiczne, laserowe, jak i chirurgiczne, opierają się na tym mechanizmie [3].

Głównym czynnikiem ryzyka rozwoju neuropatii jaskrowej jest podwyższone ciśnienie wewnątrzgałkowe (IOP) [2]. Do innych czynników ryzyka należy zaliczyć: cienką rogówkę, dodatni wywiad rodzinny, krótkowzroczność powyżej $-3,0$ D, cukrzycę, nadciśnienie tętnicze, niedociśnienie, zespół Raynauda i migrenę [4].

Przebieg jaskry może być przez wiele lat bezobjawowy dla pacjenta. Choroba może nie powodować dolegliwości bólowych, podrażnienia oczu ani pogorszenia ostrości wzroku

AUTOR DO KORESPONDENCJI

lek. Łukasz Kempys, Okulus Plus Centrum Okulistyki i Optometrii, ul. Górńska 19, 43-300 Bielsko-Biała, e-mail: m2g@onet.eu, katedra.okulistyki@ucl.katowice.pl

w początkowej fazie, natomiast nieleczona prowadzi do powolnej, nieodwracalnej utraty wzroku.

Rozpoznanie jaskry można postawić lub wykluczyć na podstawie wyników wszystkich głównych badań: tonometrii, gonioskopii, stereoskopowej oceny tarczy nerwu wzrokowego, perymetrii [4] oraz dodatkowo oceny tarczy nerwu wzrokowego w badaniu optycznej koherentnej tomografii.

HYDRODYNAMIKA CIECZY WODNISTEJ

Ciecz wodnista wydzielana jest przez wyrostki ciała rzęskowego do komory tylnej w średnim tempie 2–3 $\mu\text{l}/\text{min}$. Wydzielanie odbywa się na drodze aktywnej sekrecji, ultrafiltracji oraz dyfuzji prostej. Szybkość produkcji cieczy wodnistej jest zmienna w ciągu doby, ulega zmniejszeniu o połowę podczas snu. Zmniejsza się również wraz z wiekiem. Urazy, zapalenia wewnątrzgałkowe, a także zwężenie tętnicy szyjnej mogą również powodować zmniejszenie produkcji [1]. Z komory tylnej ciecz wodnista przepływa przez otwór źreniczny do komory przedniej, skąd jest odprowadzana trzema drogami:

- konwencjonalną (zależny od ciśnienia przepływ przez beleczkowanie do kanału Schlemma, a następnie do spłotów żylnych nadtwardówkowych),
- niekonwencjonalną (niezależny od ciśnienia przepływ drogą naczyniówkowo-twardówkową do przestrzeni nadnaczyniówkowej),
- przez tęczówkę [1, 5].

KLASYFIKACJA JASKRY

Jaskrę dzieli się na:

- jaskrę otwartego kąta (pierwotną i wtórną),
- jaskrę zamkniętego kąta (pierwotną i wtórną),
- jaskrę dziecięcą.

Minimalnie inwazyjne zabiegi przeciwjaskrowe znajdują zastosowanie głównie w leczeniu jaskry pierwotnej otwartego kąta oraz niektórych typów jaskry wtórnej otwartego kąta, w szczególności jaskry pseudoeksoflacyjnej [6].

LECZENIE JASKRY

Celem leczenia jaskry jest utrzymanie funkcji widzenia i zależnej od niej jakości życia poprzez osiągnięcie docelowego ciśnienia wewnątrzgałkowego, brak progresji uszkodzenia nerwu wzrokowego oraz stabilne parametry w badaniu pola widzenia. Wartości ciśnienia docelowego są indywidualne dla każdego pacjenta i zależne m.in. od stopnia uszkodzenia jaskrowego, wartości ciśnienia wewnątrzgałkowego przed leczeniem, wieku i przewidywanej długości życia pacjenta, wskaźnika progresji choroby i obecności innych czynników ryzyka [4].

Obecnie dostępny jest szeroki wachlarz możliwości leczniczych, od farmakoterapii (analogi prostaglandyn, β -adrenolityki, inhibitory anhidazy węglanowej, α 2-agoniści), poprzez laseroterapię, do leczenia chirurgicznego [1, 4].

Europejskie Towarzystwo Jaskrowe (EGS) zaleca rozważenie leczenia operacyjnego jaskry w przypadku braku możliwości kontrolowania progresji neuropatii przy stosowanym leczeniu zachowawczym uwzględniającym stosowa-

nie dwóch lub więcej preparatów miejscowych. Jednocześnie Polskie Towarzystwo Okulistyczne (PTO) zwraca uwagę, że leczenie operacyjne nie powinno być rozpatrywane jako leczenie ostatniego rzutu [6]. W praktyce leczenie chirurgiczne jest zwykle podejmowane, gdy leczenie farmakologiczne jest nieskuteczne, źle tolerowane, niewskazane lub niewłaściwie stosowane przez pacjenta [1].

Metody chirurgiczne leczenia jaskry pierwotnej i wtórnej otwartego kąta można sklasyfikować w zależności od stopnia zaawansowania uszkodzenia jaskrowego:

- jaskra początkowa do średniozaawansowanej:
 - zabiegi nieperforujące (sklerektomia głęboka, wiaskokanalostomia, kanalooplastyka),
 - zabiegi minimalne [I-stent, Trabectome, XEN Gel Stent (Aquesys), Cy-Pass],
 - trabekulektomia,
 - endoskopowa cyklofotokoagulacja (ECP);
- jaskra średnio zaawansowana do zaawansowanej:
 - trabekulektomia,
 - zabiegi setonowe, w tym minisetony Ex Press i Gold Shunt, XEN Gel Stent (AqueSys),
 - zabiegi cyklofotokoagulacji laserowej przeztwardówkowej lub endoskopowej [6].

Konwencjonalne zabiegi przeciwjaskrowe, takie jak trabekulektomia czy wszczepienie implantów drenujących, pomimo wysokiej efektywności, wiążą się ze stosunkowo wysokim ryzykiem powikłań pooperacyjnych [7, 8]. Dlatego też istnieje potrzeba ciągłego poszukiwania metod leczenia zapewniających optymalną kontrolę przebiegu choroby przy jednoczesnym minimalizowaniu skutków ubocznych i zapewnieniu wysokiej jakości życia pacjentów.

Minimalnie inwazyjne zabiegi przeciwjaskrowe (*minimally invasive glaucoma surgery* – MIGS) należą do najnowocześniejszych technik chirurgicznego leczenia jaskry. Charakteryzują się wysokim profilem bezpieczeństwa, krótkim czasem trwania zabiegu, małą ingerencją w struktury oka, brakiem istotnych klinicznie powikłań, brakiem wpływu na refrakcję oka po zabiegu, poprawą komfortu życia pacjenta. Preferowane są w przypadku jaskry wczesnej do umiarkowanie zaawansowanej [6]. Dodatkową zaletą jest możliwość jednoczesnego wykonania procedury z zabiegiem fakoemulsyfikacji zaćmy. Zabiegi te pozwalają na zaoszczędzenie spójówki gałkowej, co umożliwia wykonanie innych procedur w przyszłości, jeśli zaistnieje taka konieczność [9, 10].

Minimalnie inwazyjne zabiegi przeciwjaskrowe można podzielić według mechanizmu działania na:

- zwiększające odpływ cieczy wodnistej:
 - przez kanał Schlemma:
 - goniotomia *ab interno*,
 - I-Stent,
 - Hydrus Microstent,
 - trabectome,
 - trabekulotomia laserem ekscimerowym (*excimer laser trabeculostomy* – ELT),
 - kanalooplastyka *ab interno* (*ab interno canaloplasty* – ABiC),

- trabekulotomia z użyciem mikrocewnika ze światłowodem (*gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy* – GATT);
- przez przestrzeń nadnaczyńkową:
 - Cy-Pass Microstent,
 - I-Stent Supra,
- do przestrzeni podspojówkowej:
 - XEN Gel Stent (AqueSys);
- hamujące wytwarzanie cieczy wodnistej:
 - endoskopowa cyklofotokoagulacja (*endoscopic cyclophotocoagulation* – ECP) [3].

W ostatnim czasie wzrasta znaczenie minimalnie inwazyjnych zabiegów poprawiających odpływ cieczy wodnistej drogą konwencjonalną ze względu na wyżej wymienione korzyści, stąd potrzeba analizy tych metod.

Goniotomia *ab interno* z zastosowaniem noża Kahooka

W 2015 roku *Food and Drug Administration* (FDA) zatwierdziła zastosowanie noża Kahooka w minimalnie inwazyjnej chirurgii jaskry. Umożliwia on wycięcie fragmentu beleczkowania, co powoduje zmniejszenie oporu odpływu cieczy wodnistej z komory przedniej do kanału Schlemma i prowadzi do obniżenia ciśnienia wewnątrzgałkowego [10].

W badaniu przeprowadzonym przez Majer i wsp. zabieg z użyciem noża Kahooka (*Kahook dual blade* – KDB) był wykonywany łącznie z zabiegiem fakoemulsyfikacji zaćmy. W 6-miesięcznej obserwacji uzyskano redukcję IOP z średnio 21,90 ± 3,9 mm Hg do 18,14 ± 3,2 mm Hg (17,53%) oraz zmniejszenie liczby stosowanych substancji czynnych z 2,2 ± 1,1 do 0,88 ± 1,0 (60%). Ponadto odnotowano zmniejszenie liczby substancji czynnych o co najmniej jedną u 82% oczu po 6 miesiącach od zabiegu [10].

W badaniu wykonanym przez Barry i wsp. analizowano wyniki badań obejmujących samodzielny zabieg goniotomii *ab interno* z użyciem KDB. Uzyskano obniżenie IOP z średnio 20,30 ± 7,3 mm Hg przed zabiegiem do 18,0 ± 3,0 po 4–6 miesiącach od zabiegu oraz zmniejszenia liczby substancji czynnych odpowiednio z 2,4 ± 1,26 do 0,2 ± 0,63 [11].

W badaniu przeprowadzonym przez Greenwood i wsp. oceniającym efektywność zabiegu łączonego goniotomii *ab interno* z użyciem KDB z fakoemulsyfikacją zaćmy uzyskano redukcję IOP z średnio z 17,4 ± 5,2 mm Hg przed zabiegiem do 12,8 ± 2,6 mm Hg 6 miesięcy po zabiegu oraz zmniejszenie liczby substancji czynnych odpowiednio z 1,6 ± 1,3 do 0,9 ± 1,0 [12].

Podobnie w 12-miesięcznej obserwacji pacjentów poddanych zabiegowi fakoemulsyfikacji zaćmy z goniotomią z użyciem KDB przeprowadzonej przez Dorairaj i wsp. uzyskano zmniejszenie IOP z średnio 16,8 ± 0,6 mm Hg do 12,4 ± 0,3 mm Hg (26,2%) oraz redukcję liczby substancji czynnych odpowiednio z 1,6 ± 0,2 do 0,8 ± 0,1 (50%) [13].

W innym badaniu przeprowadzonym przez Hirabayashi i wsp. wykazano spadek IOP średnio o 2,1 ± 4,67 mm Hg oraz zmniejszenie liczby substancji czynnych o 1,2 ± 1,4 w 6-miesięcznej obserwacji [14].

Bardahl i wsp. wykazali ponadto większą redukcję IOP oraz zmniejszenie ilości substancji czynnych w oczach z wyjściowo wyższymi wartościami ciśnienia wewnątrzgałkowego [15].

Trabectome

Trabectome to urządzenie służące do wykonywania tzw. trabekulotomii *ab interno*. Zabieg polega na elektroablacji beleczkowania i ściany wewnętrznej kanału Schlemma, a następnie usunięciu pasm skauteryzowanej tkanki za pomocą aspiracji i irygacji [3]. Metoda ta została zatwierdzona przez FDA w 2004 roku. Zabieg cechuje się dobrym profilem bezpieczeństwa.

W analizowanym badaniu przeprowadzonym przez Minciker i wsp. w grupie 25 pacjentów po zabiegu samodzielnej trabekulotomii wykazano obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego z 28,2 ± 4,4 mm Hg do 17,4 ± 3,5 mm Hg po 6 miesiącach od zabiegu oraz zmniejszenie liczby substancji czynnych odpowiednio z 1,2 ± 0,6 do 0,4 ± 0,6 [16].

W innym badaniu przeprowadzonym przez Mizoguchi i wsp. wykazano obniżenie IOP ze średnio 22,3 ± 6,8 mm Hg do 14,0 ± 3,9 mm Hg po 24 miesiącach od zabiegu (82 oczu z jaskrą pierwotną otwartego kąta i jaskrą pseudoeksfoliacyjną) [17].

Przeprowadzono również badania, które wykazały, że stopień obniżenia ciśnienia wewnątrzgałkowego po zabiegu jest zależny od jego wartości wyjściowych [18].

Shoji i wsp. analizowali także wpływ zabiegu Trabectome na wartości ciśnienia wewnątrzgałkowego u pacjentów z jaskrą wtórną otwartego kąta i uzyskali obniżenie IOP ze średnio 33,6 ± 11,1 mm Hg do 14,7 ± 2,9 mm Hg po 12 miesiącach od zabiegu. Ponadto wykazali brak istotnych statystycznie różnic w skuteczności w obniżaniu IOP u pacjentów z jaskrą pierwotną otwartego kąta a jaskrą wtórną otwartego kąta, a także brak różnic pomiędzy zabiegiem przeprowadzonym samodzielnie i łącznie z fakoemulsyfikacją zaćmy [19].

I-stent

I-stent to tytanowy mikrostent w kształcie litery „L” powlekany heparyną o wymiarach 1 mm na 0,33 mm i średnicy światła 120 μm. Jest umieszczany w obrębie beleczkowania, zapewniając łączność pomiędzy komorą przednią a kanałem Schlemma, co pozwala na ułatwienie odpływu cieczy wodnistej i obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego [3, 20].

Średnio wszczępienie jednego implantu redukuje ciśnienie wewnątrzgałkowe o 8–17,3%, a dwóch implantów o 20–48% [3, 21, 22]. Analogicznie wszczępienie jednego implantu pozwala zmniejszyć ilość stosowanych substancji czynnych o 1,68, dwóch I-stentów o 1,88, a trzech o 2,0 w ciągu 6 miesięcy po zabiegu [23].

Procedura bardzo często wykonywana jest łącznie z zabiegiem fakoemulsyfikacji zaćmy. W 6-miesięcznej obserwacji pacjentów po zabiegu łączonym przeprowadzonym przez Hajdugę-Szewczyk (89 oczu z jaskrą pierwotną otwartego kąta i dwoje oczu z jaskrą w przebiegu zespołu pseudoeksfolacji) wykazano obniżenie IOP średnio o 3,36 ± 3,91

mm Hg (18,92%), a liczby substancji czynnych o $1,61 \pm 1,20$ (77,78%) [20].

Hydrus Microstent

Implant zbudowany z wysokoelastycznego biokompatybilnego materiału nitinolu o długości 8 mm. Kształtem dopasowany jest do kanału Schlemma, umożliwia kaniulację trzech godzin zegarowych kanału [3].

W badaniu przeprowadzonym przez Fea i wsp. obejmującym 67 pacjentów z jaskrą pierwotną otwartego kąta poddanych zabiegowi wszczępienia implantu Hydrus z jednoczesną fakoemulsyfikacją zaćmy wykazano obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego z $19,4 \pm 4,4$ mm Hg do $15,7 \pm 2,5$ mm Hg w 2-letniej obserwacji. Liczba stosowanych substancji czynnych zmniejszyła się średnio z $2,1 \pm 1,0$ do $0,7 \pm 1,0$ [24].

W badaniu przeprowadzonym przez Pfeiffer i wsp. porównującym skuteczność zabiegu samodzielnego usunięcia zaćmy z zabiegiem łączonym z wszczępieniem mikrostantu Hydrus wykazano znaczną przewagę skuteczności zabiegu łączonego w redukcji IOP i liczby substancji czynnych po 2 latach od zabiegu z jednoczesnym brakiem istotnych różnic w profilu bezpieczeństwa [25].

Bicket i wsp. wykazali, że prawdopodobieństwo kontroli jaskry bez konieczności stosowania kropli do oczu w ciągu 6–18 miesięcy, a także powyżej 18 miesięcy od zabiegu jest istotnie większe u pacjentów po zabiegu łączonym [26].

Trabekulotomia laserem ekscimerowym

Zabieg polegający na fotoablacji tkanki trabekulum i wewnętrznej ściany kanału Schlemma *ab interno* z zastosowaniem lasera ekscimerowego o długości fali 308 nm. Umożliwia precyzyjne usunięcie beleczkowania oraz przedniej ściany kanału Schlemma z zaoszczędzeniem ściany tylnej. Poprawia odpływ cieczy wodnistej z komory przedniej do kanału, minimalizując efekt termicznego uszkodzenia przyległych tkanek i zapobiega bliznowaceniu [3, 27].

W badaniach przeprowadzonych przez Babighian i wsp. uzyskano obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego z $24,8 \pm 2,0$ mm Hg do $16,9 \pm 2,1$ mm Hg oraz z $25,0 \pm 1,9$ mm Hg do $17,6 \pm 2,2$ mm Hg po 2 latach od zastosowania samodzielnej procedury ELT [28, 29].

Berlin i wsp. porównali także efektywność samodzielnej procedury ELT oraz łączonej z fakoemulsyfikacją zaćmy w czasie 2-letniej obserwacji. U pacjentów poddanych samodzielnej procedurze ELT wykazano spadek IOP z $24,1 \pm 0,7$ mm Hg do $16,8 \pm 1,0$ mm Hg po 2 latach oraz zmniejszenie liczby stosowanych substancji czynnych z $2,25 \pm 1,26$ przed zabiegiem do $1,46 \pm 1,38$ po roku od zabiegu. W zabiegu łączonym uzyskano redukcję IOP z $22,4 \pm 0,6$ mm Hg do $12,6 \pm 1,5$ po 2 latach obserwacji. Stwierdzono większą skuteczność procedury łączonej. Podobnie jak w innych metodach MIGS wykazano, że stopień redukcji ciśnienia wewnątrzgałkowego zależy od jego wyjściowych wartości [27].

Kanaloplastyka *ab interno*

Kanaloplastyka *ab interno* (ABiC) to metoda zmniejszająca opór odpływu cieczy wodnistej w obszarze kąta przesączania poprzez poszerzenie kanału Schlemma. Zabieg polega na wykonaniu niewielkiej goniotomii w obrębie beleczkowania, a następnie wprowadzeniu poprzez nią cewnika okrężnie do kanału Schlemma na 180° lub 360° . Usuwając cewnik, podaje się do kanału wiskoelastyk (Healon GV) i poszerza kanał.

W 12-miesięcznej obserwacji przeprowadzonej przez Hughes i wsp. uwzględniającej 64 pacjentów (89 oczu), z czego 72 oczu poddano zabiegowi kanaloplastyki *ab interno* w połączeniu z jednoczesnym usunięciem zaćmy, a 17 oczu bez fakoemulsyfikacji, uzyskano redukcję ciśnienia wewnątrzgałkowego średnio z $24,5 \pm 8,3$ mm Hg do $16,5 \pm 3,4$ mm Hg oraz redukcję liczby stosowanych substancji czynnych z $2,5 \pm 1,3$ do $1,8 \pm 1,4$. W powyższym badaniu nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w wynikach pomiędzy dwoma metodami. Porównano także skuteczność zabiegów wykonanych w obrębie 180° i 360° kanału Schlemma i tutaj również nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic [30].

Z kolei w 2-letniej obserwacji przeprowadzonej przez Lewis i wsp. wykazano spadek IOP z $23,2 \pm 4,0$ mm Hg do $16,3 \pm 3,7$ mm Hg i redukcję liczby stosowanych substancji czynnych z $2,0 \pm 0,8$ do $0,6 \pm 0,8$ u pacjentów poddanych procedurze samodzielnej kanaloplastyki, natomiast spadek IOP z $23,1 \pm 5,5$ mm Hg do $13,4 \pm 4,0$ mm Hg i odpowiednio liczby substancji czynnych z $1,7 \pm 1,0$ do $0,2 \pm 0,4$ po wykonaniu procedury łączonej [31].

Trabekulotomia z użyciem mikrocewnika ze światłowodem (GATT)

Metoda opisana w 2014 roku polegająca na wprowadzeniu z dostępu *ab interno* do kanału Schlemma okrężnie mikrocewnika ze światłowodem na 360° , a następnie przecięciu beleczkowania, co prowadzi do zmniejszenia oporu odpływu cieczy wodnistej.

Grover i wsp. wykazali średni spadek ciśnienia wewnątrzgałkowego o $7,7 \pm 6,2$ mm Hg (30%) oraz zmniejszenie liczby substancji czynnych o $0,9 \pm 1,3$ u 57 pacjentów z jaskrą pierwotną otwartego kąta po 6 miesiącach od zabiegu oraz spadek IOP o $11,1 \pm 6,1$ mm Hg (39,8%) po 12 miesiącach. W grupie pacjentów z jaskrą wtórną otwartego kąta na podstawie analizy wyników 28 pacjentów stwierdzono spadek IOP o $17,2 \pm 10,8$ mm Hg (52,7%) oraz redukcję liczby substancji czynnych o 2,2 po 6 miesiącach obserwacji [32].

W innym badaniu przeprowadzonym przez Grover i wsp. w 24-miesięcznej obserwacji stwierdzono spadek IOP średnio o 9,2 mm Hg (37,3%) i redukcję liczby stosowanych substancji czynnych o 1,43 wśród pacjentów z jaskrą pierwotną otwartego kąta. Z kolei w grupie pacjentów z jaskrą wtórną otwartego kąta odnotowano spadek ciśnienia wewnątrzgałkowego średnio o 14,1 mm Hg (49,8%) oraz redukcję liczby stosowanych substancji czynnych o 2,0 [33].

Rahmatnejad i wsp. w 12-miesięcznej obserwacji uzyskali redukcję IOP średnio o 44% i zmniejszenia liczby stoso-

wanych substancji czynnych z średnio $3,1 \pm 1,1$ do $1,2 \pm 0,9$ po 12 miesiącach od zabiegu u pacjentów z jaskrą pierwotną otwartego kąta [34].

Z uwagi na korzyści płynące z jednoczesnego przeprowadzenia zabiegu MIGS z fakoemulsyfikacją zaćmy bardzo często analizuje się łączny wpływ tych zabiegów na wartości ciśnienia wewnątrzgałkowego i liczbę stosowanych substancji czynnych. W związku z tym w literaturze opisywane są również badania nad wpływem samodzielnego zabiegu fakoemulsyfikacji zaćmy na wartości ciśnienia wewnątrzgałkowego. W badaniu przeprowadzonym przez Majstruck i wsp. uzyskano w 12-miesięcznej obserwacji redukcję ciśnienia wewnątrzgałkowego o $1,15 \pm 3,0$ mm Hg ($6,8 \pm 18,1\%$) i brak istotnego statystycznie wpływu na liczbę stosowanych substancji czynnych [35].

Baek i wsp. przeanalizowali wyniki 754 pacjentów poddanych zabiegowi fakoemulsyfikacji zaćmy, z czego 106 pacjentów chorowało na jaskrę. Uzyskali po roku od zabiegu redukcję IOP średnio o $1,03 \pm 3,72$ mm Hg u pacjentów bez jaskry, natomiast u pacjentów chorujących na jaskrę obniżenie IOP o $1,08 \pm 3,79$ mm Hg [36].

Chen i wsp., analizując wyniki 461 pacjentów z jaskrą pierwotną otwartego, wykazali średnią redukcję IOP o 13% po 17 miesiącach od zabiegu fakoemulsyfikacji; natomiast u pacjentów z jaskrą pseudoeksfoliacyjną (132 pacjentów) zaobserwowali spadek IOP średnio o 20% [37].

Jak wynika z przytoczonych badań, sam zabieg fakoemulsyfikacji zaćmy ma pozytywny wpływ na wartości ci-

śnienia wewnątrzgałkowego u pacjentów z jaskrą pierwotną otwartego kąta i jaskrą w przebiegu zespołu pseudoeksfolacji, jednak jak wskazują badania, stopień redukcji IOP jest istotnie większy u pacjentów po wykonaniu procedury łączonej [10, 26].

Chirurgia jaskry ma na celu zapobieganie postępowi choroby. Zabiegi MIGS cechują się wysokim profilem bezpieczeństwa, jednak nie są całkowicie wolne od powikłań. W początkowym okresie pooperacyjnym w niektórych przypadkach widzenie może być gorsze, a ciśnienie wewnątrzgałkowe początkowo wyższe niż przed zabiegiem. Obserwuje się także występowanie krwawienia do komory przedniej i obecność krwistka. Są to objawy przejściowe, które ustępują zwykle w ciągu kilku dni od zabiegu i nie oznaczają wcale niepowodzenia, o czym pacjent powinien być poinformowany. Poważniejsze powikłania, takie jak pooperacyjna hipotonia czy cyklodializa występują niezwykle rzadko. Procedury zwiększające odpływ cieczy wodnistej przez kanał Schlemma należą do najbezpieczniejszych spośród minimalnie inwazyjnych zabiegów przeciwjaskrowych, zapewniając jednocześnie wysoką skuteczność w obniżaniu ciśnienia wewnątrzgałkowego [38].

OŚWIADCZENIA

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.
Praca nie uzyskała finansowania zewnętrznego.
Zgoda Komisji Bioetycznej nie była wymagana.

Piśmiennictwo

1. Rękas M (red.). Jaskra. Basic and Clinical Science Course. Edra Urban & Partner, Wrocław 2018.
2. Grzybowski A. Okulistyka. Edra Urban & Partner, Wrocław 2018.
3. Kamińska A, Łazicka-Gałecka M, Szaflik JP. MIGS i BAGS, czyli co nowego w chirurgii jaskry. Portal „Świat Lekarza.PL”, 2017.07.25. Dostępne na: <https://swiatlekarza.pl/migs-bags-czyli-nowego-chirurgii-jaskry/>.
4. Wierzbowska J, Grabska-Liberek I, Majczyk-Ionescu J i wsp. Wytyczne diagnostyki i leczenia jaskry (aktualizacja 2022). Polskie Towarzystwo Okulistyczne 2022. Dostępne na: <https://pto.com.pl/wytyczne?page=2>.
5. Bowling B. Kanski Okulistyka kliniczna. Edra Urban & Partner, Wrocław 2017.
6. Wierzbowska J, Grabska-Liberek I, Majczyk-Ionescu J i wsp. Leczenie chirurgiczne jaskry. Polskie Towarzystwo Okulistyczne 2017. Dostępne na: <https://pto.com.pl/wytyczne?page=4>.
7. Gedde SJ, Schiffman JC, Feuer WJ i wsp. Tube versus Trabeculectomy Study Group. Treatment outcomes in the Tube Versus Trabeculectomy (TVT) study after five years of follow-up. Am J Ophthalmol 2012; 153: 789-803.e2.
8. Gedde SJ, Herndon LW, Brandt JD i wsp.; Tube versus Trabeculectomy Study Group. Postoperative complications in the Tube Versus Trabeculectomy (TVT) study during five years of follow-up. Am J Ophthalmol 2012; 153: 804-814.e1.
9. Saheb H, Ahmed IK. Micro-invasive glaucoma surgery: current perspectives and future directions. Curr Opin Ophthalmol 2012; 23: 96-104.
10. Majer A, Kaszuba-Modrzejewska M, Petrus M i wsp. Ab interno goniotomy with a Kahook Dual Blade in 6-month follow-up. Klin Oczna 2020, 122, 3: 105-111.
11. Barry M, Alahmadi WM, Alahmadi M i wsp. The safety of the Kahook Dual Blade in the surgical treatment of glaucoma. Cureus 2020; 12: e6682.
12. Greenwood MD, Seibold LK, Radcliffe NM i wsp. Goniotomy with a single-use dual blade: short-term results. J Cataract Refract Surg 2017; 43: 1197-1201.
13. Dorairaj SK, Seibold LK, Radcliffe NM i wsp. 12-Month outcomes of goniotomy performed using the Kahook Dual Blade combined with cataract surgery in eyes with medically treated glaucoma. Adv Ther 2018; 35: 1460-1469.
14. Hirabayashi MT, King JT, Lee D i wsp. Outcome of phacoemulsification combined with excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade in severe glaucoma patients at 6 months. Clin Ophthalmol 2019; 13: 715-721.
15. Berdahl JP, Gallardo MJ, ElMallah MK i wsp. Six-month outcomes of goniotomy performed with the Kahook Dual Blade as a stand-alone glaucoma procedure. Adv Ther 2018; 35: 2093-2102.
16. Minckler DS, Baerveldt G, Alfaro MR i wsp. Clinical results with the trabectome for treatment of open-angle glaucoma. Ophthalmology 2005; 112: 962-967.
17. Mizoguchi T, Nishigaki S, Sato T i wsp. Clinical results of trabectome surgery for open-angle glaucoma. Clin Ophthalmol 2015; 9: 1889-1894.

18. Vold SD. Impact of preoperative intraocular pressure on trabectome outcomes: a prospective, non-randomized, observational, comparative cohort outcome study. *Clin Surg Ophthalmol* 2010; 28: 11.
19. Shoji N, Kasahara M, Iijima A i wsp. Short-term evaluation of trabectome surgery performed on Japanese patients with open-angle glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2016; 60: 156-165.
20. Hajduga-Szewczyk M. Ocena efektywności zabiegów jednoetapowych i dwuetapowych mikroinwazyjnej chirurgii jaskry. Rozprawa doktorska. Katowice 2021.
21. Fernández-Barrientos Y, García-Feijoo J, Martínez-de-la-Casa JM i wsp. Fluorophotometric study of the effect of the glaukos trabecular microbypass stent on aqueous humor dynamics. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51: 3327-3332.
22. Spiegel D, Wetzel W, Haffner DS i wsp. Initial clinical experience with the trabecular micro-bypass stent in patients with glaucoma. *Advances in Therapy. Clinical Trial* 2007; 24: 161-170.
23. Malvankar-Mehta MS, Chen YF, Yiannis I. iStent as a Solo Procedure for Glaucoma Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One* 2015; 10: e0128146.
24. Fea AM, Rękas M, Au L. Evaluation of a Schlemm canal scaffold microstent combined with phacoemulsification in routine clinical practice: Two-year multicenter study. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 886-891.
25. Pfeiffer N, García-Feijoo J, Martínez-de-la-Casa JM i wsp. A randomized trial of a Schlemm's canal microstent with phacoemulsification for reducing intraocular pressure in open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2015; 122: 1283-1293.
26. Bicket AK, Le JT, Azuara-Blanco A i wsp. Minimally invasive glaucoma surgical techniques for open-angle glaucoma: an overview of Cochrane Systematic Reviews and network meta-analysis. *JAMA Ophthalmology* 2021; 139: 983-989.
27. Berlin MS, Toetberg-Harms M, Kim E i wsp. Excimer Laser Trabeculostomy: An Effective Microinvasive Glaucoma Surgery Procedure for Open-Angle Glaucoma. *American Academy of Ophthalmology*. Dostępne na: <https://www.aaao.org/munnerlyn-laser-surgery-center/excimer-laser-trabeculostomy-effective-microinvasi>.
28. Babighian S, Rapizzi E, Galan A. Efficacy and safety of ab interno excimer laser trabeculotomy in primary open-angle glaucoma: two years of follow-up. *Ophthalmologica* 2006; 220: 285-290.
29. Babighian S, Caretti L, Tavalato M i wsp. Excimer laser trabeculotomy vs 180° selective laser trabeculoplasty in primary open-angle glaucoma. A 2-year randomized, controlled trial. *Eye* 2010; 24: 632-638.
30. Hughes T, Traynor M. Clinical Results of Ab Interno Canaloplasty in Patients with Open-Angle Glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2020; 14: 3641-3650.
31. Lewis RA, von Wolff K, Tetz M i wsp. Canaloplasty: circumferential viscodilation and tensioning of Schlemm canal using a flexible microcatheter for the treatment of open-angle glaucoma in adults: two-year interim clinical study results. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 814-824.
32. Grover DS, Godfrey DG, Smith O i wsp. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy, ab interno trabeculotomy: technique report and preliminary results. *Ophthalmology* 2014; 121: 855-861.
33. Grover DS, Smith O, Fellman RL i wsp. Gonioscopy-assisted Transluminal Trabeculotomy: An Ab Interno Circumferential Trabeculotomy: 24 Months Follow-up. *J Glaucoma* 2018; 27: 393-401.
34. Rahmatnejad K, Pruzan NL, Amanullah S i wsp. Surgical Outcomes of Gonioscopy-assisted Transluminal Trabeculotomy (GATT) in Patients With Open-angle Glaucoma. *J Glaucoma* 2017; 26: 1137-1143.
35. Majstruk L, Leray B, Bouillot A i wsp. Long term effect of phacoemulsification on intraocular pressure in patients with medically controlled primary open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol* 2019; 19: 149.
36. Baek SU, Kwon S, Park IW i wsp. Effect of phacoemulsification on intraocular pressure in healthy subjects and glaucoma patients. *J Korean Med Sci* 2019; 34: e47.
37. Chen PP, Lin SC, Junk AK i wsp. The Effect of phacoemulsification on intraocular pressure in glaucoma patients: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2015; 122: 1294-1307.
38. Vinod K, Gedde SJ. Safety profile of minimally invasive glaucoma surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2021; 32: 160-168.