

# Zastosowanie technik miniinwazyjnych w chirurgii zaćmy i witrektomii

*The use of minimally invasive techniques in cataract surgery and vitrectomy*

**Małgorzata Ozimek<sup>1</sup>, Dominika Nowakowska<sup>1</sup>, Beata Gajda<sup>1</sup>,  
Ewelina Cisek<sup>1,2</sup>, Agata Wykrota<sup>1</sup>, Tomasz Chorągiewicz<sup>1</sup>,  
Katarzyna Nowomiejska<sup>1</sup>, Robert Rejda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Klinika Okulistyki Ogólnej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie  
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Robert Rejda

<sup>2</sup>Zakład Anatomii Prawidłowej Człowieka, Katedra Nauk Morfologicznych, Uniwersytet Rzeszowski  
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Stanisław Orkisz



## STRESZCZENIE

W chirurgii okulistycznej od wielu lat dąży się do miniaturyzowania narzędzi oraz minimalizowania ran operacyjnych. Zastosowanie instrumentarium o małej średnicy w chirurgii zaćmy (cięcie od 1,8 do 2,2 mm) i witrektomii (23G, 25G i 27G) umożliwia wykonywanie małych cięć, co eliminuje szycie oraz skraca czas zabiegu, a następnie przyspiesza powrót do zdrowia po operacji. Nowe systemy operacyjne do witrektomii pozwalają na przeprowadzenie zabiegu chirurgicznego dużej szybkości cięć (7500/min) oraz umożliwiają łatwą zmianę pomiędzy modułem witrektomii i fakoemulsyfikacji. Rozwój nowych technik operacji zaćmy wymógł pojawienie się nowych narzędzi chirurgicznych, urządzeń do fakoemulsyfikacji, a także nowych soczewek wewnątrzgałkowych. Wyniki anatomiczne i funkcjonalne technik małego cięcia w witrektomii i operacji zaćmy są lepsze niż rezultaty zabiegów wykonywanych konwencjonalnymi technikami. Dodatkową korzyścią jest większe zadowolenie pacjentów.

**Słowa kluczowe:** zaćma, witrektomia, MIVS, MICS, fakoemulsyfikacja

## ABSTRACT

Nowadays, there is a tendency in ophthalmic surgery of minimising of a diameter of tools and surgical wounds. The use of small diameter instruments for cataract surgery (1.8 to 2.2 mm of incision) and vitrectomy (23G, 25G, 27G) may result in smaller incisions, shorter treatment and faster recovery after the procedure. Thereby, to this day a lot of effort has been put in ophthalmic surgery to miniaturize surgical tools and to minimize area of the injury. New operating machines allow to perform high-speed cutting (7,500/min), and allow easy change between the module vitrectomy and phacoemulsification. Development of new techniques for the cataract surgery has necessitated the emergence of new surgical instruments, machine for phacoemulsification and new intraocular lenses. Anatomic and functional outcomes of microincision vitrectomy and cataract surgery have improved when compared to the procedures carried out by conventional techniques, an additional benefit is greater patient satisfaction.

**Key words:** cataract, vitrectomy, MIVS, MICS, phacoemulsification

## NAJWAŻNIEJSZE

Zastosowanie technik małego cięcia w witrektomii i operacji zaćmy daje lepsze rezultaty niż zabiegi konwencjonalne i zapewnia większe zadowolenie pacjentów.

## HIGHLIGHTS

Microincision techniques in vitrectomy and cataract surgery in vitrectomy and cataract surgery gives better results than conventional treatments and provide greater patient satisfaction.

## WPROWADZENIE

W chirurgii okulistycznej od wielu lat zmierza się do miniaturyzacji narzędzi oraz ran operacyjnych, co ma na celu jak najmniejszą traumatyzację tkanek. Zastosowanie instrumentarium o małej średnicy umożliwia wykonywanie małych cięć, co eliminuje zakładanie szwów oraz skraca czas zabiegu, a następnie przyspiesza powrót do zdrowia po operacji.

Rozwój mikrochirurgii w okulistyce nie byłby możliwy bez wprowadzenia do użycia mikroskopu operacyjnego wyposażonego w zintegrowany przełącznik do sterowania światłem czy odwracania obrazu – czynności niezwykle ważnych w trakcie operacji okulistycznych. Do rozwoju mikrochirurgii witrektinalnej przyczynili się zwłaszcza de Juan i Hickingbotham, którzy wynaleźli mikronarzędzia do operacji okulistycznych [1].

Zanim używanie narzędzi o średnicy wewnętrznej (światła narzędzia) 0,5 mm (25G) stało się powszechne, procedurą z wyboru była standardowa witrektomia 20G przez część płaską ciała rzęskowego (PPV, *pars plana vitrectomy*). W technice tej, po odpreparowaniu spojówki, wykonuje się trzy liniowe sklerotomie o wymiarach 1,4 mm, a narzędzia mają wewnętrzną średnicę 0,9 mm. Konieczne jest ustabilizowanie szwami infuzji do twardówki. Po zakończeniu operacji obligatoryjnie należy zszyć rany twardówki oraz spojówki.

## TECHNIKI MINIINWAZYJNE W CHIRURGII SIATKÓWKI I CIAŁA SZKLISTEGO

Pomysł wprowadzenia bezszwowego cięcia 25G do chirurgii witrektinalnej został zaczerpnięty z doszkliskowego podawania leków igłą 25G. Iniekcje do komory ciała szklistego kaniulą o średnicy 0,5 mm nie wymagają cięcia ani szycia ran twardówki oraz spojówki. Witrektomia 25G została wprowadzona do praktyki klinicznej w 2002 r. W tej technice używa się trokarów (kaniuli), aby zainstalować intuzję oraz wprowadzić narzędzia do wnętrza gałki ocznej. Główną zaletą jest mniejsza traumatyzacja tkanek podczas zabiegu ze względu na mniejszy rozmiar narzędzi i zachowanie spojówki. Wadę zaś stanowi większe ryzyko pooperacyjnej hipotonii ze względu na brak szwów na sklerotomiach.

Eckardt wprowadził w 2005 r. witrektomię 23G, która miała być pewnym rodzajem kompromisu pomiędzy PPV 25G a tradycyjną witrektomią 20G [2]. Narzędzia używane do witrektomii 23G mają średnicę wewnętrzną 0,65 mm. W tej technice PPV wykorzystano zalety 20G (sztywne narzędzia, bardziej efektywna witrektomia, łatwiejszy dostęp do podstawy ciała szklistego) i 25G (trokary przezspojówkowe, zabieg bezszwowy, mniejsza traumatyzacja tkanek podczas zabiegu). Porównanie technik operacji witrektomii prezentuje tabela 1.

TABELA 1

Porównanie technik operacji witrektomii klasycznej i witrektomii małego cięcia (na podst. [3, 4]).

	Witrektomia 20G	Witrektomie 23G, 25G, 27G
Średnica narzędzi do operacji	0,9 mm	0,65; 0,5; 0,4 mm
Częstotliwość cięcia w operacji witrektomii	do 2500 oscylacji/min	do 7500 oscylacji/min
Oświetlenie pola operacyjnego	halogenowe	ksenonowe
Wprowadzanie narzędzi	trudniej znaleźć sklerotomię	łatwiej wprowadzić przez trokary
Ryzyko wkleszczenia ciała szklistego	większe	mniejsze
Spojówka	rozległe odpreparowanie spojówki	brak rozległego odpreparowywania spojówki
Trokary	brak	możliwość użycia trokarów z zastawkami i stworzenia zamkniętego systemu
Ryzyko wzrostu IOP podczas podawania gazów i/lub płynów	niższe	wyższe
Konieczność szycia rany pooperacyjnej	tak	zwykle nie
Ryzyko pooperacyjnej hipotonii	większe	mniejsze
Ryzyko zakażenia	większe	mniejsze
Ryzyko astygmatyzmu pooperacyjnego	duże	małe
Czas trwania etapu zewnątrzgałkowego operacji	dłuższy	krótszy

Najnowsza technika witrektomijna to PPV 27G. Instrumentarium ma wymiar wewnętrzny równy jedynie 0,4 mm. Zakres wskazań do stosowania tej techniki jest ograniczony. Witrektomię 27G można rozważyć w stanach takich jak np. męty w ciele szklistym, jednakże z każdym rokiem liczba wskazań rośnie. Techniki 23G, 25G i 27G zalicza się do witrektomii małego cięcia (MIVS, *micro-incision vitrectomy surgery*).

Nowe aparaty pozwalają na przeprowadzenie witrektomii o dużej szybkości cięć. Częstotliwość cięcia witrektomu wynosi, np. dla aparatu Constellation (Alcon, Fort Worth, Teksas, USA), 7500 cięć/min. W maszynach starszej generacji częstotliwość cięć wynosiła 2500 cięć/min. Wysoka szybkość cięć i bardziej efektywna aspiracja pozwala szybko usuwać ciało szkliste. Dzięki temu rozwiązaniu można wycinać podstawę ciała szklistego bezpiecznie, nawet w przypadku odwarstwienia siatkówki. W zależności od fazy operacji chirurg może wybrać jeden z trzech trybów (cykli) pracy urządzenia (*core*, *shave* lub 50 : 50) i każdy poziom cięcia witrektomu [5]. Cykl pracy to stosunek czasu otwarcia witrektomu do ogólnego czasu cięcia. W witrektomii centralnej (*core vitrectomy*) czas otwarcia portu jest maksymalny, a w module *shave* – minimalny. W cyklu 50 : 50 czas otwarcia portu wynosi 50% czasu cięcia. Cykl 50 : 50 generuje zwiększony przepływ ciała szklistego przy dużych szybkościach cięć. Oznacza to, że wysoki poziom cięcia generuje mniejszy opór przepływu. Stały przepływ ciała szklistego w cyklu pracy *core* przy każdej szybkości cięć zakłada, że zwiększony przepływ spowodowany jest podwyższonym oporem przepływu związanym z powstawaniem dużych fragmentów ciała szklistego w trakcie tego cyklu. Cykl *core* stosowany jest do witrektomii centralnej. W trybie *shave*, stosowanym do witrektomii obwodowej, przepływ ciała szklistego wzrasta wraz ze wzrostem częstości cięć, tak jak częstotliwość powstawania fragmentów ciała szklistego o stałej wielkości narasta wraz z liczbą cięć na minutę. Podsumowując, cykl pracy w aparacie Constellation można modyfikować, kontrolując przepływ niezależny od aspiracji i cięcia przez witrektom. Ogromne znaczenie w maszynach operacyjnych ma również przepływ płynów (aspiracja, poziom przepływu). Odpowiednia korelacja tych parametrów pozwala na witrektomię dużej szybkości i mniejszą traumatyzację tkanek oka w zamkniętym systemie. Obecnie na rynku dostępne są okulistyczne systemy mikrochirurgiczne wyposażone w jeden z dwóch rodzajów pomp (perystaltyczna lub Venturiego), co daje chirurgowi możliwość wyboru. Klasyczne aparaty do witrektomii były wyposażone w tradycyjne pompy próżniowe. Jednak w związku z niejednorodną budową ciała szklistego użycie próżniowej pompy Venturiego i stałego zasysania pozwala zmieniać przepływ w zależności od lepkości ciała szklistego. Dawniej nie stosowano pomp perystaltycznych, gdyż charakteryzowały się one

wolniejszym czasem narastania podciśnienia niż pompy Venturiego. W nowoczesnych modelach niedogodności te zostały w dużej mierze wyeliminowane, przez co w coraz większej liczbie maszyn do witrektomii dostępne są pompy perystaltyczne. Umożliwiają one chirurgowi ustalenie górnej granicy prędkości przepływu ze sterowaniem proporcjonalnym. Prędkość przepływu może być wysoka dla witrektomii centralnej w przypadku przyłożonej siatkówki i niska dla dokładnego usunięcia ciała szklistego u pacjentów z odwarstwowaną siatkówką. Oczywiście taki sam efekt można osiągnąć z użyciem pompy Venturiego przez ustawienie wysokiego maksymalnego podciśnienia do witrektomii centralnej i niskiego maksymalnego podciśnienia do dokładnego usunięcia ciała szklistego z obwodu [6]. Kolejną bardzo ważną cechą urządzenia operacyjnego jest możliwość łatwej zmiany pomiędzy modulem witrektomii a fakoemulsyfikacji. Ponadto niektóre maszyny do witrektomii, np. Constellation, mają funkcję aktywnej iniekcji i ekstrakcji. Jest to niezbędne do podawania i usuwania oleju silikonowego. Usuwanie oleju lekkiego przy użyciu aparatu Constellation skraca się do 1–2 min. Na temat skuteczności systemu operacyjnego Constellation mogą wypowiedzieć się bezpośrednio autorzy niniejszego artykułu. **Pierwsze doświadczenia lubelskiej Kliniki Okulistyki Ogólnej z systemem Constellation sięgają 2009 r., kiedy prof. Robert Rejda przeprowadził pierwszy w Polsce zabieg witrektomii z użyciem tego aparatu.** Od 2010 r. do maja 2016 r. w Klinice Okulistyki Ogólnej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie wykonano ponad 3000 operacji witreoretinalnych. Ogromne doświadczenie mobilizuje do doskonalenia technik operacyjnych, głównie w kierunku zabiegów miniinwazyjnych. W innych ośrodkach przeprowadzono wiele badań nad fluktuacjami ciśnienia wewnątrzgałkowego podczas witrektomii małego cięcia. W jednym z nich wykazano, że system kontroli ciśnienia wewnątrzgałkowego, w który wyposażony jest Constellation Vision System, dobrze reguluje oraz zmniejsza zmiany w tym zakresie. Ponadto, porównawszy porty 23G i 25G, udowodniono, że na zmiany ciśnienia wewnątrzgałkowego podczas operacji nie ma wpływu średnica trokarów i narzędzi użytych do zabiegu [7]. Jasność oświetlenia aparat dobiera automatycznie, w zależności od zastosowanych portów. Dawniej w witrektomiach małego cięcia problem stanowiło oświetlenie pola operacyjnego. Obecnie używa się mocniejszych źródeł światła, takich jak foton i ksenon [8]. Wewnętrzne źródło światła jest na tyle silne, że pozwala na stosowanie światła żyrandolowego (*chandelier*). Ponadto aparat wyposażony jest w zintegrowany laser z oświetlaczem. Do witrektomii 25G stosuje się specjalnie zaprojektowany światłowód (15 mm) [9], który jest krótszy od standardowego, 32-milimetrowego. Pozwala to na lepszą manipulację narzędziami wewnątrz gałki ocznej.

Do najnowszych osiągnięć i udoskonaleń witrektomii małego cięcia możemy zaliczyć coraz wyższą jakość, a także dużą różnorodność narzędzi chirurgicznych. W witrektomii 23G twardość narzędzi nie jest znaczącym problemem, jednakże instrumenty o mniejszym rozmiarze podłużnym i poprzecznym używane do operacji 25G i 27G są bardziej giętkie i wrażliwe na uszkodzenia. W związku z tym wewnątrzgałkowa manipulacja tymi narzędziami może być utrudniona, szczególnie w obszarze tylnego bieguna. Dotyczy to głównie gałek krótkowzrocznych. Niektórzy producenci próbują zniwelować te trudności poprzez stosowanie twardszych materiałów i jednocześnie zmniejszenie długości niektórych instrumentów, co pozwala osiągnąć podobny efekt. Ciekawym rozwiązaniem jest wprowadzenie na rynek narzędzi 25+G i 27+G (firma Alcon). Plus oznacza dodatkowy mankiet usztywniający, znajdujący się wokół narzędzia od strony rękojeści.

Kolejnym udogodnieniem jest wprowadzenie w pełni jednorazowego instrumentarium (np. przez firmę Alcon). Dzięki temu do każdego zabiegu używane są nowe narzędzia, co eliminuje ryzyko stępienia się oraz zmniejszenia działania tnącego i chwytającego spowodowanego sterylizacją narzędzi wielokrotnego użytku, a także przeciwdziała potencjalnemu zagrożeniu wprowadzenia niepożądanych cząsteczek do wnętrza oka podczas witrektomii.

## INSTRUMENTARIUM

Liczba i dostępność poszczególnych instrumentów 23G, 25G i 27G do witrektomii jest obecnie podobna. W skład zestawu do chirurgii witreoretinalnej wchodzi: trokary z zastawkami lub bez nich, witrektom, światłowód, kaniuła infuzyjna, mikropenseta oraz sonda lasera (ryc. 1).

Na rynku dostępne są różne typy trokarów: w systemie dwu- (nóż tnący i trokar oddzielnie) lub jednoelementowym (połączony nóż tnący i trokar), występują także trokary z zastawkami i bez nich. Niektórzy producenci mają w swojej ofercie uchwyty do wprowadzania trokarów zakończone z drugiej strony znacznikiem twardówki. Ułatwia to wykonanie sklerotomii (3,5 mm od rąbka rogówki dla oczu pseudofakijnych oraz 4 mm dla oczu fakijnych) bez konieczności zmieniania narzędzia. Obecnie dostępne końcówki ostrzy do wprowadzania trokarów mają kształt ukośny i w porównaniu z pierwszymi ostrzami zakończonymi podobnie jak igła charakteryzują się większą łatwością wprowadzenia przy użyciu mniejszej siły. Jednakże tworzą one nacięcie w kształcie litery V, a nie liniową sklerotomię, przez co trudno jest zapewnić zamknięcie rany bez szycia. Najnowsze noże mają płaską, liniową krawędź ostrza podobną do sztyletu. Takie ostrze tworzy linijne cięcie oraz zapewnia odpowiednią penetrację ściany gałki ocznej. Dla zrozumienia, jak ważny jest kształt ostrza użytego do wprowadzenia trokaru, należy odnieść się do pierwszych systemów 23G firmy Dutch Ophthalmic (Exeter, New Hampshire, USA). Opierały się one na dwuetapowej procedurze: liniowego nacięcia zagiętym mikrowitreoretinalnym sztyletem, a następnie wprowadzenia ostrza kaniuli przez to nacięcie. Ten system tworzył niewielkie, akceptowalne rany operacyjne, jednak wielu chirurgów preferowało system jednoetapowy oferowany przez firmę Bausch + Lomb (Rochester, New York, USA) oraz system trokarów firmy Alcon. Najnowsze ostrza (EDGEPLUS Trocar Blade, Alcon) zaprojektowane są tak, że pozwalają na jednoetapowe wprowadzenie trokara przy wytworzeniu liniowego cięcia. Ostrza testowane były na zwierzęcym modelu witrektomii [10]. Dwanaście białych królików New England

### RYCINA 1

Instrumentarium niezbędne przy operacji witrektomii.



(24 gałki oczne) zostało znieczulonych i poddanych trzyportowej witrektomii przez 5 min z użyciem trokarów 23G Alcon EDGEPLUS i infuzji ustawionej na 30 mmHg. Oczy zostały enukleowane po 7 dniach od operacji. Ocena histopatologiczna wykazała bardzo dobre zamknięcie sklerotomii oraz korzystniejszą morfologię blizny pooperacyjnej przy użyciu najnowszego ostrza niż z zastosowaniem ostrza starszego typu. Wielu chirurgów, na podstawie własnych obserwacji, zauważa spadek liczby przypadków, w których doszło do rozejścia się rany pooperacyjnej oraz zaistniała potrzeba szycia sklerotomii po zastosowaniu ostrzy nowego typu.

Kontrola płynów podczas zabiegów mikrochirurgicznych stała się możliwa dzięki zastosowaniu trokarów z zastawkami. Zanim weszły one do użycia, przy wprowadzaniu i usuwaniu narzędzi mogły występować duże fluktuacje ciśnienia płynów, a przez niezamknięte porty był tracony płyn irygacyjny. Trokary z zastawkami umożliwiły chirurgom utrzymanie odpowiedniego napięcia gałki ocznej podczas wymiany narzędzi. Wiąże się z tym wiele korzyści. Przede wszystkim zapobiega to wystąpieniu krwotoku nadnaczyniówkowego, który może się pojawić na skutek dużych wahań ciśnienia płynów. Po drugie, dzięki dużo mniejszej utracie płynu irygacyjnego rzadko występuje potrzeba podania drugiej butelki płynu irygacyjnego podczas operacji. Po trzecie, ryzyko wkleszczenia ciała szklistego zasysanego przez usuwane z oka narzędzie jest znacznie zmniejszone. Jedno z najważniejszych narzędzi używanych w trakcie PPV stanowi witrektom (ryc. 2). Służy on m.in. do cięcia ciała szklistego, usuwania krwotoku, usuwania miękkich fragmentów soczewki, cięcia i aspiracji błon, odłączenia ciała szklistego oraz aspiracji płynnej krwi i płynu podsiatkówkowego. Średnica narzędzia wpływa na szybkość wycinania ciała szklistego czy usuwania oleju silikonowego – im mniejszy wymiar, tym procedura trwa dłużej. Przepływ

przez narzędzia zależy od wymiaru otwarcia witrektomu, cyklu pracy, siły ssącej, elastyczności ciała szklistego, mechanizmu, według którego działa witrektom (pneumatycznego czy elektrycznego), ruchu noża i średnicy poprzecznej światła witrektomu. Hubschman i wsp. porównali poziom przepływu wody i jaja kurzego przez systemy 20G, 23G i 25G [3]. Okazało się, że spadał on wraz ze zmniejszaniem się średnicy narzędzi. W badaniu nad cyklem pracy witrektomów pneumatycznych [11] odnotowano, że faza otwierania i zamykania jest wolniejsza niż faza otwarcia i zamknięcia. Stwierdzono również, że poziom przepływu przez witrektom pneumatyczny spada, gdy poziom cięcia rośnie. Natomiast użycie noża witrektomijnego mechanicznego pokazuje, że wysoki poziom cięcia koreluje z wysoką wydajnością ssania i szybkością przepływu [12]. W systemie Constellation nowa sonda witrektomu 23G, 25G i 27G (ULTRAVIT) ma szersze wejście i charakteryzuje się dłuższym okresem pracy, co pozwala na bardziej efektywną aspirację i wysoką szybkość cięć. Nóż witreoretinalny 23G, 25G i 27G został ulepszony poprzez umieszczenie jego otworu bliżej końcówki sondy, co pozwala na bezpieczne zbliżenie się do siatkówki i zwiększa bezpieczeństwo zabiegu [13].

Zastosowanie BIOM-u (Binocular Indirect Ophthalmoscope) (Oculus, Wetzlar, Niemcy) (ryc. 3) umożliwia wykonanie PPV przy użyciu oftalmoskopii pośredniej w mikroskopie operacyjnym. Ustawienie ostrości i powiększenia obrazu odbywa się przy użyciu przełącznika nożnego. Ręcznie dokonywane jest odwrócenie obrazu (inwerter).

## TECHNIKI MINIINWAZYJNE W CHIRURGII ZAĆMY

Techniki operacji zaćmy ewoluowały od zewnątrztorbkowego usunięcia zaćmy, przez wewnątrztorbkową ekstrak-

### RYCINA 2

Witrektom i sonda światłowodu (Alcon).



RYCINA 3

Przygotowanie pacjenta do operacji witrektomii. Na zdjęciu widoczny mikroskop firmy Zeiss oraz system optyczny do wizualizacji tylnego odcinka gałki ocznej.



cię, do fakoemulsyfikacji. Fakoemulsyfikacja ultradźwiękowa po wielu latach stała się złotym standardem w operacjach zaćmy [14]. Od 1984 r. możliwe jest wszczepianie samorozwijalnych soczewek wewnątrzgałkowych [15]. Początkowo stosowano cięcie w rogówce o wymiarach 6 mm, później 2,2–3,2 mm. Obecnie za standard uznaje się cięcie 1,8–2,2 mm. Od 1990 r. możliwa jest fakoemulsyfikacja z cięcia 0,8–1,4 mm. Dało to pozytywne efekty w postaci spadku częstości występowania astygmatyzmu rogówkowego indukowanego chirurgicznie. Rozwój nowych technik operacji zaćmy wymógł pojawienie się nowych narzędzi chirurgicznych, urządzeń do fakoemulsyfikacji oraz nowych soczewek wewnątrzgałkowych (IOL, *intraocular lens*). Dzięki tym udoskonaleniom operacja zaćmy stała się zabiegiem o wiele mniej inwazyjnym. Mikroinwazyjna operacja zaćmy (MICS, *micro-invasive cataract surgery*) pozwala zmniejszyć ryzyko rozejścia się rany pooperacyjnej oraz infekcji pooperacyjnej, jest mniej obciążająca dla pacjenta, a także pozwala osiągnąć lepszy wynik refrakcyjny (mniejszy astygmatyzm pooperacyjny) [16, 17] (tab. 2). Nowoczesne aparaty do operacji zaćmy charakteryzują się dobrze kontrolowanym odsysaniem i przepływem płynów, krótkim czasem narastania maksymalnego ssania i krótką przerwą pookluzyjną [19, 20]. Ustawienia płynów wraz z dobrze dobranymi parametrami ultradźwięków pozwalają na przeprowadzenie szybkiego i bezpiecznego

TABELA 2

Porównanie technik operacji zaćmy: metody klasycznej i operacji z mikrocięciem rogówki (na podst. [17, 18]).

	Klasyczna operacja zaćmy	MICS
Średnica nacięcia rogówki	2,2–3,2 mm	< 2,0 mm
Czas trwania operacji	dłuższy	krótszy
Ryzyko zakażenia	większe	mniejsze
Ryzyko astygmatyzmu pooperacyjnego	duże	małe
Liczba powikłań pooperacyjnych	większa	mniejsza

zabiegu. W trakcie operacji zaćmy niezwykle istotny jest typ użytej pompy. Aparaty do operacji zaćmy i witrektomii wyposażone są w pompę perystaltyczną lub próżniową (Venturiego) albo w obie. W przypadku systemu Constellation możliwość zastosowania ustawień imitujących pompę perystaltyczną przy rzeczywistym użyciu pompy próżniowej jest ogromną zaletą w trakcie operacji łączonych (jednoczesnej fakoemulsyfikacji i witrektomii). Fakoemulsyfikator używany do operacji zaćmy ma wymiar poprzeczny 0,9 mm. Końcówka fakoemulsyfikatora (OZil, Alcon) (ryc. 4) emituje ultradźwięki oscylacyjne z częstotliwością rezonansową głowicy blisko 32 kHz. Porusza się w dwóch podłużnych kierunkach (wzdłuż osi przednio-tylnej) jak w metodzie konwencjonalnej oraz w kierunku

RYCINA 4

Fakoemulsyfikator (OZil, Alcon).



skrętnym (z boku na bok). Ultradźwięki skrętne mogą być stosowane samodzielnie lub użyte w połączeniu z klasycznymi ultradźwiękami (częstotliwość rezonansowa głowicy 43 kHz). Tego typu rozwiązanie poszerza zakres wskazań do fakoemulsyfikacji o przypadki, w których dawniej konieczne było wykonanie zewnątrztorebkowego usunięcia zaćmy (ECCE, *extracapsular cataract extraction*). Pozwala na bezpieczne i wydajne usuwanie twardych mas soczewkowych. Dzięki temu do operacji potrzebna jest mniejsza ilość energii ultradźwiękowej w porównaniu z metodą klasyczną [21, 22]. Najnowsze końcówki do fakoemulsyfikacji umożliwiają efektywne usunięcie jądra i mas korowych nie tylko przy mniejszej ilości potrzebnej energii, lecz także niższej temperaturze oddanej do otaczających tkanek. Przekłada się to na lepsze gojenie rany pooperacyjnej i mniejsze ryzyko termicznego urazu rogówki [23, 24]. Stało się to możliwe dzięki zmniejszeniu tarcia w zespole: cięcie, osłonka, końcówka o blisko 2/3 w porównaniu z ustawieniami klasycznych ultradźwięków. Ruch w ranie (cięciu) i na końcówce w przypadku klasycznych fakoemulsyfikatorów jest taki sam, tzn. w zakresie przód–tył. Aktualnie dostępne są zakończenia o specjalnej geometrii – końcówki zagięte pod kątem 22,5° (OZiL, Alcon). Zaletą ich budowy jest przeniesienie ruchu oscylacyjnego na samą końcówkę narzędzia. Zapewnia to wydajność działania i w mniejszym stopniu naraża ranę operacyjną na tarcie prowadzące do wzrostu temperatury. Konsekwencjami są lepsza architektonika rany pooperacyjnej i jej szybsze gojenie. Ultradźwięki oscylacyjne w dużej mierze wyeliminowały zjawisko repulsji (odpychania od końcówki) materiału soczewki. W trakcie tradycyjnej fakoemulsyfikacji końcówka aparatu generuje siły, które odpychają masy soczewkowe, przez co trudniej jest aspirować i uzyskać okluzję. Aby przezwyciężyć siły odpychające, należy zastosować wyższe parametry przepływu i podciśnienia. Wiąże się to z potrzebą zwiększenia napływu płynów do wnętrza oka i w konsekwencji ryzykiem uszkodzenia komórek śródbłonka. Ponadto w technice skrętnej bardziej efektywnie wykorzystuje się ruch końcówki. Ruch skrętny (na boki) sprawia, że przez cały czas działania jest to ruch produktywny (rozbijający masy soczewkowe). Natomiast w metodzie klasycznej – w ruchu przód–tył – końcówka działa produktywnie tylko wtedy, gdy przesuwa się do przodu,

ponieważ ruch w tył jest jedynie powrotem do pozycji wyjściowej, przy czym generuje ciepło [25]. Wydaje się, że technologia ultradźwięków skrętnych to obecnie najlepsza metoda fakoemulsyfikacji.

W związku z rozwojem technik operacji zaćmy zmodyfikowane i ulepszone zostały także soczewki wewnątrzgałkowe. W operacjach typu MICS muszą one spełniać kilka kryteriów. Ich implantacja musi być możliwa poprzez niewielkie nacięcie rogówki, mniejsze niż 2,0 mm. Soczewka musi być odporna na zmiany, w tym mechaniczne, strukturalne i optyczne, które mogą się dokonać podczas jej rolowania w czasie implantacji. IOL nie mogą zwiększyć ryzyka zmętnienia torebki tylnej, a także muszą mieć dużą stabilność we wnętrzu torebki. Soczewki używane w MICS muszą mieć również doskonałą jakość optyczną *in vivo*, nie wywoływać odbłasków i zjawiska rozpraszania. Co więcej, efekty optyczne soczewek stosowanych w MICS i satysfakcja pacjenta z operacji powinny być podobne do tych uzyskiwanych z użyciem standardowych soczewek wewnątrzgałkowych lub nawet lepsze [16].

## PODSUMOWANIE

**Zastosowanie mikrochirurgii w okulistyce ma wiele zalet: dolegliwości pooperacyjne są mniejsze, pacjenci szybciej wracają do zdrowia, rzadziej występują powikłania śród- i pooperacyjne, a wyniki anatomiczne i funkcjonalne są lepsze w porównaniu z zabiegami wykonywanymi technikami konwencjonalnymi. Dodatkową korzyścią jest większe zadowolenie pacjentów.**

Zdjęcia zamieszczone w artykule pochodzą z materiałów własnych autorów.

## ADRES DO KORESPONDENCJI dr n. med. Małgorzata Ozimek

Klinika Okulistyki Ogólnej, Katedra Okulistyki,  
Uniwersytet Medyczny w Lublinie  
20-079 Lublin, ul. Chmielna 1  
tel.: (81) 532-61-49

## Piśmiennictwo

1. de Juan E, Hickingbotham D. Refinements in micro instrumentation for vitreous surgery. *Am J Ophthalmol* 1990; 109(2): 218-220.
2. Eckardt C. Transconjunctival sutureless 23-gauge vitrectomy. *Retina* 2005; 25(2): 208-211.
3. Hubschman JP, Gupta A, Bourla DH, et al. 20-, 23-, and 25-gauge vitreous cutters: performance and characteristics evaluation. *Retina* 2008; 28(2): 249-257.
4. Fabian ID, Moisseiev J. Sutureless vitrectomy: evolution and current practices. *Br J Ophthalmol* 2011; 95(3): 318-324.
5. Diniz B, Fernandes RB, Ribeiro RM, et al. Analysis of a 23-gauge ultra high-speed cutter with duty cycle control. *Retina* 2013; 33(5): 933-938.

6. Steel DH, Charles S. Vitrectomy fluidics. *Ophthalmologica* 2011; 226(suppl. 1): 27-35.
7. Sugiura Y, Okamoto F, Okamoto Y, et al. Intraocular pressure fluctuation during microincision vitrectomy with constellation vision system. *Am J Ophthalmol* 2013; 156(5): 941-947.
8. Arevalo JF, Berrocal MH, Arias JD, Banaee T. Minimally invasive vitreoretinal surgery: is sutureless vitrectomy the future of vitreoretinal surgery? *J Ophthalmic Vis Res* 2011; 6(2): 136-144.
9. Ohji M, Tano Y. A stiffer and safer light pipe for 25-gauge vitrectomy. *Arch Ophthalmol* 2007; 125(10): 1415-1416.
10. Kaiser PK, Moshfeghi D, Barakat M, et al. Enhancements for microincision surgery. Paper presented at Vail Vitrectomy. March 13-17, 2010.
11. Magalhaes O, Chong LM, DeBoer CB, et al. Vitreous dynamics: Vitreous flow analysis in 20-, 23-, and 25-gauge cutters. *Retina* 2008; 28(2): 236-241.
12. Fang SY, DeBoer CM, Humayun MS. Performance analysis of new-generation vitreous cutters. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008; 246(1): 61-67.
13. Sandali O, El Sanharawi M, Lecuen N. 25-, 23-, and 20-gauge vitrectomy in epiretinal membrane surgery: a comparative study of 553 cases. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011; 249(12): 1811-1819.
14. Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol* 1967; 64(1): 23-35.
15. Mazzocco TR, Davidson BM. Insertion technique and clinical experience with silicone lenses. In: Mazzocco TR, Rajacich GM, Epstein E (eds.). *Soft Implant Lenses in Cataract Surgery*. Slack, New Jersey 1986: 97-106.
16. Alió J, Rodriguez-Prats JL, Galal A. Advances in microincision cataract surgery intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 2006; 17(1): 80-93.
17. Alió JL, Elkady B, Ortiz D. Corneal Optical Quality Following Sub 1.8 mm Micro-Incision Cataract Surgery vs. 2.2 mm Mini-Incision Coaxial Phacoemulsification. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2010; 17(1): 94-99.
18. Alió J, Rodriguez-Prats JL, Galal A, Ramzy M. Outcomes of microincision cataract surgery versus coaxial phacoemulsification. *Ophthalmology* 2005; 112(11): 1997-2003.
19. Han YK, Miller KM. Comparison of vacuum rise time, vacuum limit accuracy, and occlusion break surge of 3 new phacoemulsification systems. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35(8): 1424-1429.
20. Sharif-Kashani P, Fanney D, Injev V. Comparison of occlusion break responses and vacuum rise times of phacoemulsification systems. *BMC Ophthalmol* 2014; 14: 96.
21. Liu Y, Zeng M, Liu X. Torsional mode versus conventional ultrasound mode phacoemulsification: randomized comparative clinical study. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33(2): 287-292.
22. Rekas M, Montés-Micó R, Krix-Jachym K, et al. Comparison of torsional and longitudinal modes using phacoemulsification parameters. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35(10): 1719-1724.
23. Chen M, Anderson E, Hill G. Comparison of cumulative dissipated energy between the Infiniti and Centurion phacoemulsification systems. *Clin Ophthalmol* 2015; 9: 1367-1372.
24. Han YK, Miller KM. Heat production: Longitudinal versus torsional phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35(10): 1799-1805.
25. Vasavada AR, Vasavada V, Vasavada VA. Comparison of the effect of torsional and microburst longitudinal ultrasound on clear corneal incisions during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38(5): 833-839.