Poprawa bezpieczeństwa operacji zaćmy – system aktywnej kontroli IOP oraz dystrybucji płynowej

Enhanced safety of cataract surgery - active control of intraocular pressure and improved fluid distribution

Tomasz Żarnowski

Klinika Diagnostyki i Mikrochirurgii Jaskry, Uniwersytet Medyczny w Lublinie
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Tomasz Żarnowski

NAJWAŻNIEJSZE

Wielki krok w kierunku poprawy bezpieczeństwa operacji jest możliwy dzięki nowemu systemowi aktywnej kontroli ciśnienia i dystrybucji płynowej (Centurion).

HIGHLIGHTS

Major step towards improved safety is possible due to new system of active IOP control and fluid distribution (Centurion).

STRESZCZENIE

Od czasu wprowadzenia pionierskiej fakoemulsyfikacji przez Kelmana stale doskonali się urządzenia pod względem bezpieczeństwa i skuteczności. Niniejsza praca przedstawia aktualne postępy w udoskonalaniu systemu do fakoemulsyfikacji zaćmy na przykładzie urządzenia Centurion Vision System (Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA). Główny postęp w stosunku do innych urządzeń polega na wprowadzeniu: unowocześnionych kaset, które eliminują wahania ciśnienia w gałce ocznej, systemu zapewniającego stałe, uprzednio zadane ciśnienie wewnątrzgałkowe w czasie operacji oraz nowo zaprojektowanego tipa zmniejszającego generowanie energii w ranie operacyjnej. Wstępne doświadczenia własne są bardzo zachęcające, jednak potrzebne są badania prospektywne określające oraz porównujące wpływ aparatu na określone parametry końcowe (np. ostrość wzroku, grubość rogówki, gęstość śródbłonka, tyndalometria).

Słowa kluczowe: zaćma, fakoemulsyfikacja, dystrybucja płynowa, ciśnienie wewnątrzgałkowe

ABSTRACT

Since the introduction of pioneer phacoemulsification by Kelman, it is observed constant improvement of phaco systems with regard to their safety and efficiency. The present paper is to present contemporary advances in systems of phacoemulsification of cataract, showing in details new technological achievements of Centurion Vision System (Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA). Compared to other previous systems main progress is as follows: improved cassettes provide much more stable fluidics during surgery, new system providing stable IOP in the anterior chamber and newly designed balanced tip that limits energy production in the wound. Preliminary own experience is encouraging, however, prospective studies are needed to establish and compare the influence of the new system on some outcome measures (e.g. BCVA, corneal thickness, endothelial density, tyndalometry).

Key words: cataract, phacoemulsification, fluid distribution, IOP

For non-commercial use only

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 14:52,56

Wprowadzenie przez Kelmana fakoemulsyfikacji jako metody usuwania zaćmy było kamieniem milowym w rozwoju chirurgii okulistycznej [1]. Pierwsze lata, a nawet dekady udoskonalania tej techniki nie były jednak łatwe, a wyniki osiągane w początkach rozwoju fakoemulsyfikacji nie były zbyt dobre. Zaawansowanie techniczne urządzeń nie gwarantowało choremu bezpieczeństwa. Występowało wiele powikłań śród- (uszkodzenie torebki tylnej, traumatyzacja tęczówki, dyslokacja soczewki własnej lub sztucznej) i pooperacyjnych (keratopatia pęcherzowa, zapalenia, jaskra wtórna, astygmatyzm).

Dalsze dekady niosły ze sobą jednak stopniowe udoskonalanie sprzętu do fakoemulsyfikacji zaćmy, wzrost kompetencji chirurgów i poprawę wyników. Zaawansowanie techniczne pociągało za sobą zmniejszanie rozmiaru cięcia operacyjnego oraz rozwój nowoczesnych zwijalnych soczewek wewnątrzgałkowych [2]. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie aktualnych trendów udoskonalania systemu do fakoemulsyfikacji zaćmy na przykładzie urządzenia Centurion Vision System (Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA).

HYDROSTATYKA

W miarę rozwoju systemów do fakoemulsyfikacji opartych na pompie perystaltycznej wprowadzano rozwiązania eliminujące potrzebę wykorzystywania silikonowych drenów, które musiały być naciągnięte na rolki pompy perystaltycznej w celu wywołania przepływu aspiracyjnego. Najprostsze systemy wykorzystywały fragment drenu, który był ręcznie zakładany na rolki. Te bardziej rozbudowane w miejsce prostego drenu wykorzystywały tzw. kasetę, która zawierała fragment drenu o odpowiedniej długości. W obu przypadkach dren ten musiał być dość elastyczny, by ruch rolek pompy był przekładany na ruch płynu wewnątrz drenu. Przy tego typu rozwiązaniu nie było możliwe wyeliminowanie zapadania się samego drenu pod wpływem wysokiego podciśnienia. Powodowało to pewną niestabilność układu, przyczyniając się do wahań komory przedniej w czasie zabiegu, szczególnie w przypadku wykorzystywania stosunkowo wysokich parametrów podciśnienia (450–600 mmHg) [3, 4].

Wprowadzenie kasety z tzw. membraną perystaltyczną (Infiniti® Vision System; Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA), czyli specjalnym elastomerem, poprawiło stabilność systemu płynowego. Elastomer pełni funkcję elementu pośredniczącego, przez który obrotowy ruch rolek pomp przekazywany jest na płyn krążący w specjalnych kanałach we wnętrzu kasety. Nie jest on aż tak elastyczny jak silikonowe dreny, a obracające się rolki pompy mają kontakt tylko z jego wierzchnią płaszczyzną. Od spodu aspirowany płyn krąży w sztywnych kanałach wewnątrz kasety i zjawisko zapadania się samego drenu zostało w tym przypadku praktycznie całkowicie wyeliminowane.

RYCINA 1

Dren zaciągnięty na rolki pompy oraz kaseta do takiego systemu.

RYCINA 2

Kaseta z membraną perystaltyczną (Infiniti® Vision System; Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA).

W najnowszej generacji aparatów do fakoemulsyfikacji (Centurion® Vision System; Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA) daje się zauważyć kolejny postęp związany z podniesieniem wydajności systemów płynowych. Wydłużony został znacznie odcinek membrany, po którym krążą rolki pompy perystaltycznej. Do górnego aktywnego wycinka koła dodano również drugi, dolny wycinek, dzięki czemu udało się zminimalizować pulsacyjny charakter przepływu.

Diagram na rycinie 4 ilustruje swoiste spłaszczenie fali po nałożeniu się dwóch przeciwstawnych cykli.

Ponadto zwiększono liczbę rolek pompy z 4 do 7, co także wpłynęło na zredukowanie pulsacyjnego charakteru przepychanego płynu, gdyż mniejsza objętość płynu zawarta między poszczególnymi rolkami wywołuje mniejsze fluktuacje.

Kolejnym czynnikiem stabilizującym zachowanie się systemu pod wpływem wysokiego podciśnienia jest średnica we-

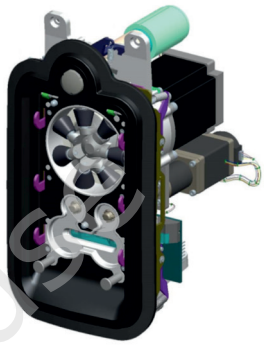
© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 14:52,56

RYCINA 3

Kaseta z podwójną membraną perystaltyczną (Centurion® Vision System; Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA).

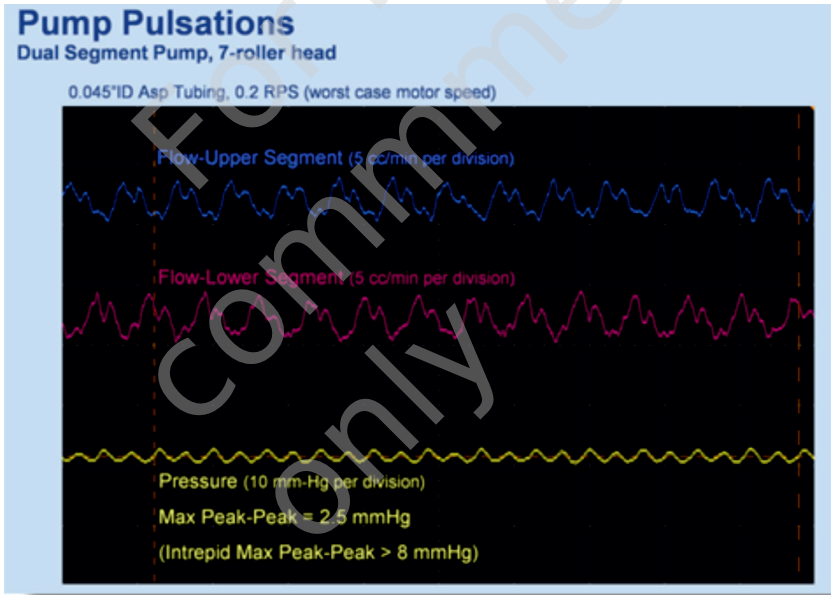
RYCINA 5

Mechanizm pompy perystaltycznej z 7 rolkami (Centurion® Vision System; Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA).



RYCINA 4

Pulsowanie przepychanego płynu przez pompę perystaltyczną. Niebieski wykres reprezentuje górną część membrany, czerwony – dolną. Żółty przedstawia przepływ po nałożeniu się obu części.



For non-commercial use only

wnętrznego przekroju drenów aspiracyjnych. Przy zmniejszonych przekrojach tendencje układu do powodowania wahnięć komory przedniej oka są zredukowane, gdyż czynnik zapadania się drenu biegnącego od kasety do głowicy fakoemulsyfikacyjnej jest zminimalizowany. Powyższe elementy tworzą korzystne środowisko, które zapewnia wysokie bezpieczeństwo śródoperacyjne przez zminimalizowanie niekorzystnego efektu *surge* oraz utrzymanie wysokiej stabilności i przewidywalności zachowania się przedniej komory w czasie zabiegu usunięcia zaćmy. Pamiętać należy, że każdorazowe przełamanie okluzji może prowadzić do nagłego spadku ciśnienia wewnątrzgałkowego, a w konsekwencji do zapadania się komory przedniej, przerwania torebki soczewki lub uszkodzenia tęczówki [3–5].

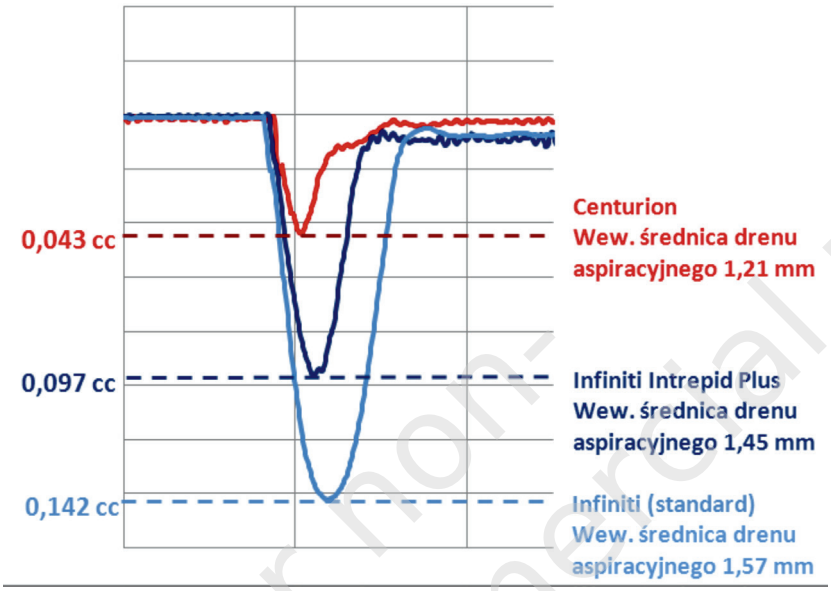
SYSTEM UTRZYMYWANIA ZADANEGO CIŚNIENIA WEWNĄTRZGAŁKOWEGO

Coraz bardziej zaawansowane technologicznie rozwiązania wykorzystane w nowoczesnych aparatach do usuwania zaćmy metodą fakoemulsyfikacji wspomagają chirurga podczas przeprowadzania operacji. Pierwszorzędne znaczenie ma tutaj zapewnienie jak najbardziej stabilnych warunków ciśnienia wewnątrzgałkowego w celu uniknięcia traumaty-

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 14:52,56

RYCINA 6

Obszar objęty tąpnięciem (efekt *surge*) po przełamaniu okluzji dla różnych przekrojów wewnętrznych drenów aspiracyjnych. Warunki: wysokość butelki 75 cm (55 mmHg IOP), podciśnienie 600 mmHg, głowica fako z tipem Mini-Flared Tip i osłonką Ultra. Linia pionowa: objętość, pozioma: czas [6].



For non-commercial use only

zacji śródbłonka rogówki, tęczówki czy też ryzyka przerwania torebki soczewki.

Oprócz wspomnianych wyżej rozwiązań dotyczących systemu płynowego po stronie przepływu aspiracyjnego istnieją również rozwiązania po stronie napływu płynu irygacyjnego, odpowiadającego za ciśnienie wewnątrzgałkowe w czasie zabiegu.

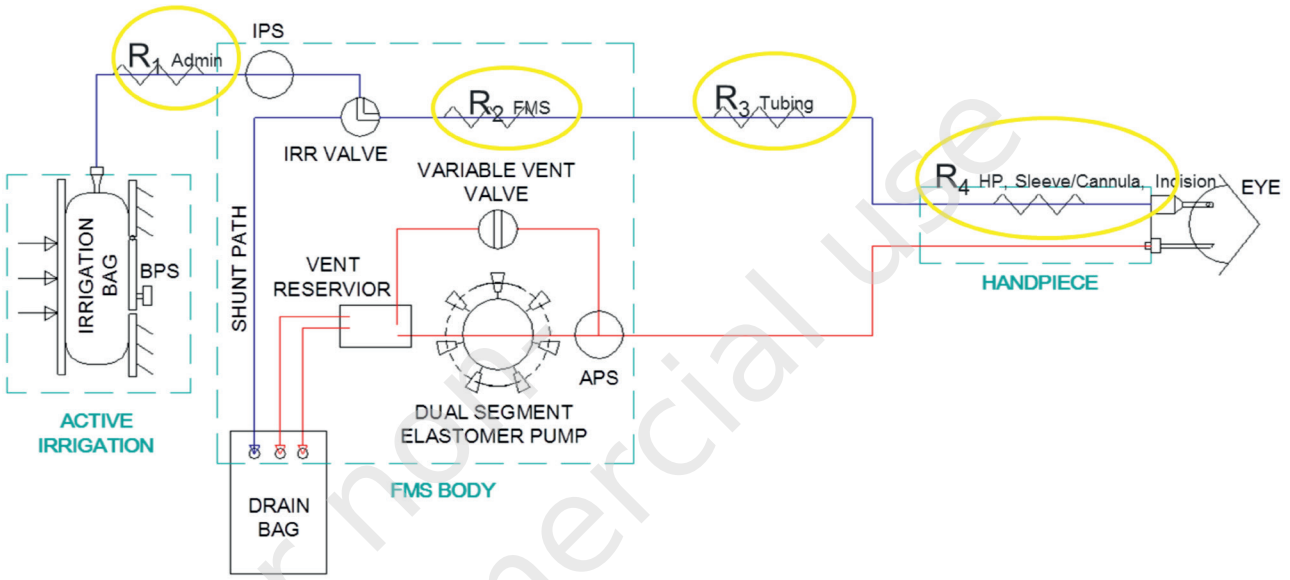
Dotychczasowe systemy były oparte na grawitacyjnej metodzie regulacji napływu lub też na systemie, w którym napływ płynu wymusza powietrze dozowane pod odpowiednim ciśnieniem do butelki z płynem. Oba te rozwiązania nie uwzględniają aktualnej sytuacji w oku, tzn. bez względu na wielkość odpływu płynu w danej chwili dozują płyn irygacyjny z takim samym ciśnieniem. Z uwagi na bardzo dynamicznie zmieniające się warunki w komorze przedniej w czasie zabiegu możliwe jest doprowadzenie do nadciśnienia w operowanym oku wówczas, gdy wysokość napływu (czy też wysokość butelki) jest duża, a przepływ aspiracyjny nie jest aktywny. Z drugiej strony, możemy mieć do czynienia ze zbyt niskim ciśnieniem, które nie będzie w stanie skompensować wysokiego podciśnienia i odpływu płynu z komory przedniej. Przy tej okazji warto sobie uświadomić, że butelka zawieszona na wysokości 110 cm (co nierzadko się zdarza) daje napływ do oka wytwarzający ciśnienie wewnątrzgałkowe wynoszące ponad 80 mmHg. Oczywiście, podczas gdy uruchomiony jest przepływ aspiracyjny, ciśnienie to jest odpowiednio mniejsze, ale w pewnych momentach zabiegu mamy do czynienia z nadciśnieniem w oku. Zwłaszcza w przypadkach, w których zaćma współistnieje z jaskrą, krótkowzrocznością czy też podwichniętą soczewką, może to mieć niekorzystny wpływ na bezpieczeństwo zabiegu i wynik pooperacyjny.

Aparat Centurion® Vision System (Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA) wyposażony jest w efektywnie działający system utrzymujący zadane ciśnienie wewnątrzgałkowe, innymi słowy – zadaną głębokość komory przedniej. Precyzyjne czujniki na poziomie kasety aparatu informują system o aktualnych wysokościach napływu i odpływu płynu. Ponieważ zewnętrzne elementy systemu płynowego urządzenia (kaseta z drenami) są indywidualnie kalibrowane, a informacja ta jest zakodowana w samej kasecie, możliwe jest niezwykle precyzyjne określenie oporów przepływu od poziomu kasety aż do końcówki głowicy do fakoemulsyfikacji, do której dokręcony jest tip. Zmiennymi elementami układu są rozmiar dokręconego tipa, rodzaj założonej nań osłonki i rzeczywisty rozmiar cięcia, przez które chirurg wprowadza końcówkę. Po określeniu tej informacji przez użytkownika system jest w stanie skompensować łączne opory przepływu poszczególnych elementów i w konsekwencji zapewnić takie ciśnienie płynu irygacyjnego, by w operowanym oku ciśnienie wewnątrzgałkowe było na zadanym poziomie na każdym etapie zabiegu. Pomaga to utrzymać stosunkowo

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 14:52,56

RYCINA 7

Diagram przedstawiający schematycznie układ zapewnienia stałego ciśnienia wewnątrzgałkowego: R1 – opór przepływu w drenie od worka do kasety; R2 – opór przepływu wewnątrz kasety; R3 – opór przepływu w drenie od kasety do głowicy; R4 – opór przepływu od głowicy poprzez główne wejście do oka; APS – czujnik przepływu aspiracji; IPS – czujnik ciśnienia irygacji.



niskie ciśnienie w oku, również w sytuacji gdy nie ma dużego odbioru płynu. Praca z zadanym ciśnieniem na poziomie między 46 a 50 mmHg zapewnia w większości przypadków pożądaną stabilność komory przedniej.

BEZPIECZNIEJSZY ROZKŁAD DOSTARCZANEJ ENERGII

Od pewnego czasu dostępna jest technologia ultradźwięków skrętnych. Przydatność wprowadzonej w 2006 r. technologii znalazła potwierdzenie [7, 8]. Dalszy jej rozwój obejmuje stworzony specjalnie pod kątem ultradźwięków skrętnych nowy tip o charakterystycznym kształcie (ryc. 8).

RYCINA 8

Tip INTREPID® Balanced.

Kształt ten zapewnia znacznie lepsze wyważenie całego tipa, co w konsekwencji prowadzi do zredukowania niepożądanych ruchów na boki na jego trzonie (tym jego fragmencie, który znajduje się w nacięciu), natomiast końcówka wychyla się na boki w znacznie większym zakresie niż miało to miejsce w przypadku tipów typu Kelman (zagiętych) – 192 µm vs 135 µm. Poprawiony został znacznie rozkład ciepła generowanego ruchami tipa o dużej częstotliwości, tzw. profil termiczny [9]. Jest on zdecydowanie korzystniejszy w przypadku pracy z ultradźwiękami skrętnymi w stosunku do klasycznych ultradźwięków wzdłużnych [10].

DOŚWIADCZENIA WŁASNE

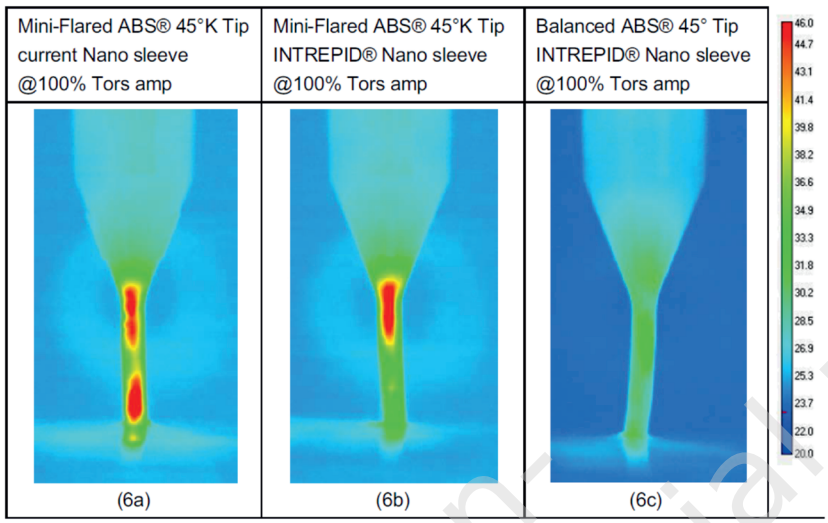
Wydaje się, że powyższe udoskonalenia techniczne mogą się przyczynić do osiągnięcia większego bezpieczeństwa i komfortu pracy chirurga. Wymaga to oczywiście dłuższych obserwacji, precyzujących, jakie dokładnie jest ich przełożenie na wysokość ubytku komórek śródbłonka, przejrzystość rogówki czy też grubość centralnej części rogówki po zabiegu, ale subiektywne odczucia z pracy z takim systemem są obiecujące. Abstrahując od nienagannej estetyki urządzenia, system skutecznie i bez powikłań radzi sobie z całą gamą zaćm – od najprostszych do najbardziej skomplikowanych.

1) Poprawiona hydrostatyka – zmniejszone wahania komory przedniej i brak efektu tąpnięcia (*surge*). Każdy chirurg cierpi z powodu efektu *surge* – jest on szczególnie uciążliwy przy usuwaniu ostatnich fragmentów twardego jądra zaćm dojrzałych, a więc takich, gdzie nie ma włókien korowych czy epinukleusa, które chronią tylną torebkę soczewki przed aspiracją tipem fakoemulsyfikatora. W istocie, przy operowaniu systemem Centurion torebka tylna wydaje się rzeczywiście nierucho-

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 14:52,56

RYCINA 9

Rozkład temperatury w obrębie tipa Kelman (zagiętego): 6a, 6b oraz *balanced*: 6c [9].

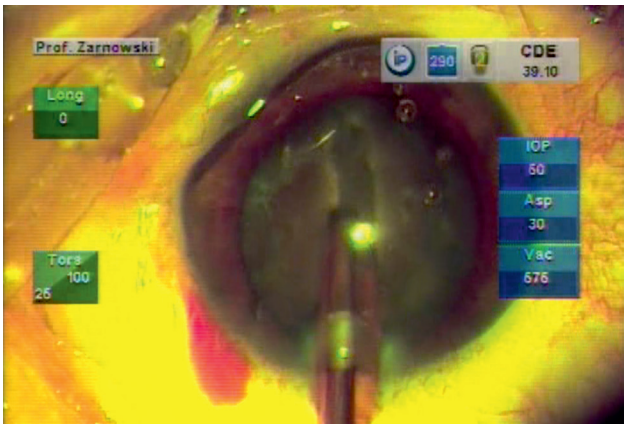


ma, co stanowi znaczną różnicę w stosunku do systemu Infiniti.

2) System utrzymuje zadane ciśnienie w oku przez cały czas zabiegu, bez względu na ustawienia przepływu aspiracyjnego i wysokości podciśnienia. Zadane ciśnienie, średnio na poziomie 40–50 mmHg, jest ok. 2-krotnie niższe niż występujące praktycznie w systemie Infiniti, Alcon i może się przyczyniać do poprawy konkretnych parametrów w okresie pooperacyjnym. Może to mieć szczególne znaczenie w przypadkach z przedoperacyjnie obniżoną gęstością komórek śródbłonka (dystrofia Fuchsa, endoteliopatia PEX) lub z osłabieniem więzadełek (PEX, stany pourazowe).

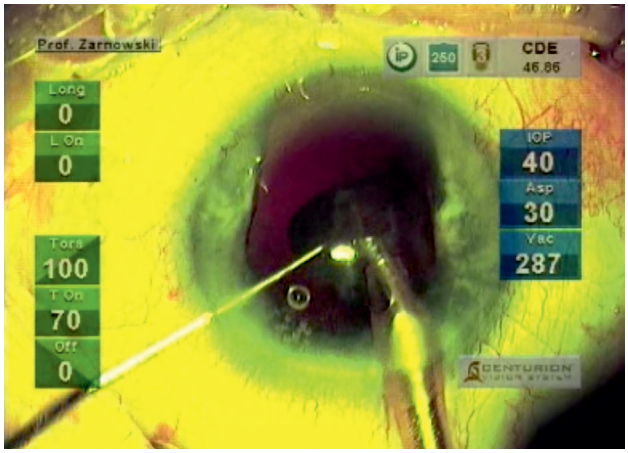
RYCINA 10b

Pionowe żłobienie brunatnej zaćmy (Centurion).



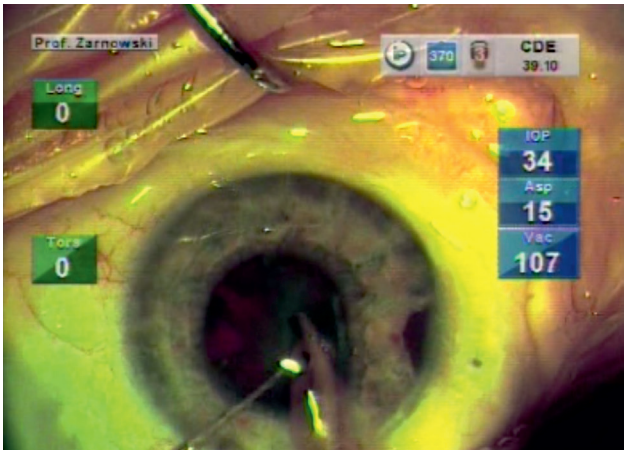
RYCINA 10a

Usuwanie twardego jądra soczewki w oku *z coloboma iridis* (Centurion).



RYCINA 10c

Fakoemulsyfikacja zaćmy w wąskiej źrenicy (oko po trabekulektomii).



© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 14:52,56

3) Nowy kształt tipa. Dzięki tak korzystnemu rozkładowi temperatury i wychylenia tipa poszerzają się możliwości usuwania zaćm o większych stopniach twardości, bez wyraźnego zwiększenia ryzyka poparzenia rogówki, a co za tym idzie, przy zachowaniu integralności brzegów głównego nacięcia.

ADRES DO KORESPONDENCJI
Tomasz Żarnowski
Klinika Diagnostyki i Mikrochirurgii Jaskry
Uniwersytet Medyczny w Lublinie,
20-079 Lublin, ul. Chmielna 1
e-mail: zarnowskit@poczta.onet.pl

Piśmiennictwo

1. Kelman C.D.: Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. Am. J. Ophthalmol. 1967; 64: 23-35.
2. Hoffman R.S., Fine I.H., Packer M.: New phacoemulsification technology. Curr. Opin. Ophthalmol. 2005; 16, 38-43.
3. Georgescu D., Payne M., Olson R.J.: Objective measurement of postocclusion surge during phacoemulsification in human eye-bank eyes. Am. J. Ophthalmol. 2007; 143: 437-40.
4. Zacharias J., Zacharias S.: Volume-based characterization of postocclusion surge. J. Cataract Refract: Surg. 2005; 31: 1976-82.
5. Lorente R., Fanney D., Injev V. et al.: Quantification of Occlusion Break Surge in Peristaltic-Based Phacoemulsification Systems, ESCRS, Amsterdam, 5–9.10.2013.
6. Materiały informacyjne firmy Alcon Laboratories.
7. Vasavada A.R., Raj S.M., Patel U. et al.: Comparison of Torsional and Microburst Longitudinal Phacoemulsification: A Prospective, Randomized, Masked Clinical Trial, Ophthalmic Surg. Lasers Imaging 2010; 41: 109-114.
8. Rękas M., Monte´s-Mico´ R., Krix-Jachym K. et al.: Comparison of torsional and longitudinal modes using phacoemulsification parameters. J. Cataract. Refract. Surg. 2009; 35: 1719-1724.
9. Materiały firmy Alcon Laboratories: TP/FR,STROB & Thermal, BAL TIP, Kristine Velasco.
10. Han Y.K., Miller K.M., Heat production: Longitudinal versus torsional phacoemulsification. J. Cataract. Refract. Surg. 2009; 35(10): 1799-805.

For non-commercial use only

© Medical Education. For private and non-commercial use only. Downloaded from
https://www.journalsmededu.pl/index.php/ophthatherapy/index: 09.08.2025; 14:52,56