

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-79-84>



Параметры постокклюзионной волны во время *ex vivo* факоэмульсификации с новым способом адаптивного управления инфузией

Б.М. Азнабаев^{1, 2}, Т.Р. Мухамадеев^{1, 2}, Т.И. Дибаяев^{1, 2}, Т.Н. Исмагилов^{1, 2} ✉

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Ленина, д. 3, Уфа, 450008, Россия

² ЗАО «Оптимедсервис», ул. 50 лет СССР, д. 8, Уфа, 450059, Россия

Разработан новый способ адаптивного управления инфузией при факоэмульсификации катаракты (ФЭК) на базе хирургической системы «Оптимед Профи» («Оптимедсервис»), позволяющий рассчитывать прогнозируемый объем постокклюзионной волны (ПОВ) на основании мониторинга скорости аспирационного и инфузионного потоков. **Цель работы** — сравнительный анализ амплитуды ПОВ, а также прогнозируемого и фактического объемов ПОВ во время экспериментальной ФЭК *ex vivo* на кадаверных свиных глазах с применением хирургических систем «Оптимед Профи» и Centurion Vision System. **Материал и методы.** Проведено 2 серии экспериментальных ФЭК (по 10 операций) на свиных глазах. Среднюю амплитуду ПОВ (в мм рт. ст.) в каждой серии измеряли с помощью датчика давления в передней камере глаза. Прогнозируемый и фактический объемы ПОВ оценивались с помощью бесконтактного датчика-расходомера на аспирационной линии по изменению скорости аспирационного потока в зависимости от проходимости факоиглы. Сравнение параметров между сериями выполнялось с использованием *t*-критерия Стьюдента. **Результаты.** Средняя амплитуда ПОВ при ФЭК на «Оптимед Профи» и Centurion Vision System составила $12,10 \pm 0,21$ и $13,3 \pm 0,3$ мм рт. ст. соответственно ($p < 0,001$), среднее значение прогнозируемого объема ПОВ при ФЭК на «Оптимед Профи» и Centurion Vision System — $136,80 \pm 9,59$ и $146,00 \pm 9,46$ мкл соответственно ($p > 0,01$). Среднее значение фактического объема ПОВ при ФЭК на «Оптимед Профи» и Centurion Vision System составило $135,3 \pm 4,97$ и $158,5 \pm 8,63$ мкл соответственно ($p < 0,01$). **Заключение.** Меньшие значения амплитуды ПОВ, а также прогнозируемого и фактического объемов ПОВ в серии с применением нового способа адаптивного управления инфузией могут свидетельствовать о достижении лучшей гидродинамической стабильности при экспериментальной ФЭК.

Ключевые слова: постокклюзионная волна; факоэмульсификация; адаптивное управление инфузией; скорость потока

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Азнабаев Б.М., Мухамадеев Т.Р., Дибаяев Т.И., Исмагилов Т.Н. Параметры постокклюзионной волны во время *ex vivo* факоэмульсификации с новым способом адаптивного управления инфузией. Российский офтальмологический журнал. 2024; 17 (3): 79-84. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-79-84>

Post-occlusion surge parameters during ex vivo phacoemulsification with a new method of adaptive infusion control

Bulat M. Aznabaev^{1, 2}, Timur R. Mukhamadeev^{1, 2}, Tagir I. Dibaev^{1, 2}, Timur N. Ismagilov^{1, 2} ✉

¹ Bashkir State Medical University, 3, Lenin St., 450008, Ufa, Russia

² Optimedservis Ltd, 8, 50 let SSSR St., 450059, Ufa, Russia
ismagilov-timur@bk.ru

A new method of adaptive control of infusion during phacoemulsification (PE) based on the Optimed Profi (Optimedservice) surgical system was developed, allowing calculation of the predicted volume of post-occlusion surge (POS) by monitoring aspiration and infusion flow rates. **Purpose.** To compare POS amplitude, predicted and actual volumes of POS during experimental ex vivo PE on cadaveric porcine eyes, between Optimed Profi and Centurion Vision surgical systems. **Material and methods.** For two experimental PE series of 10 operations on porcine eyes, the mean POS amplitude (mm Hg) was measured using a pressure sensor in the anterior eye chamber. Predicted and actual POS volumes were assessed using a non-contact aspiration-line flowmeter sensor by varying aspiration flow rate depending on the phaco needle patency. The parameters were compared between the series using the Student t-test. **Results.** The mean POS amplitude during PE by Optimed Profi and Centurion Vision System was 12.10 ± 0.21 and 13.3 ± 0.3 mm Hg, respectively ($p < 0.001$). The mean value of the predicted POS volume during PE by Optimed Profi and Centurion Vision System was 136.80 ± 9.59 and 146.00 ± 9.46 μ m, respectively ($p > 0.01$). The mean value of the actual POS volume during PE by Optimed Profi and Centurion Vision System was 135.30 ± 4.97 and 158.50 ± 8.63 μ m, respectively ($p < 0.01$). **Conclusion.** The lower values of POS amplitude and predicted and actual volumes of POS in the series using the new method of adaptive infusion control may indicate a better hydrodynamic stability in experimental PE.

Keywords: post-occlusion surge; phacoemulsification; adaptive infusion control; flow rate

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Aznabaev B.M., Mukhamadeev T.R., Dibaev T.I., Ismagilov T.N. Post-occlusion surge parameters during ex vivo phacoemulsification with a new method of adaptive infusion control. Russian ophthalmological journal. 2024; 17 (3): 79-84 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-79-84>

Безопасность факоэмульсификации катаракты (ФЭК) для внутриглазных структур во многом определяется гидродинамической стабильностью операции, зависящей от баланса между притоком и оттоком жидкости из передней камеры (ПК). Основной причиной нарушения гидродинамического баланса во время ФЭК можно считать феномен постокклюзионной волны (ПОВ) [1–5].

Механизм формирования ПОВ начинается с окклюзии ультразвуковой иглы факоэмульсификатора катарактальными массами, что приводит к увеличению уровня вакуума в аспирационной магистрали. В определенный момент, при «прорыве окклюзии» и потере вакуума, происходит избыточная аспирация фрагментов хрусталика вместе с частью жидкости из ПК. Колебания ПК во время ФЭК могут оказывать неблагоприятное влияние на эндотелий роговицы, радужную оболочку и заднюю капсулу хрусталика [6–9].

Одной из важных характеристик ПОВ является изменение внутриглазного давления (ВГД) между его максимальным и минимальным уровнями после прорыва окклюзии. В литературе данный параметр носит название «амплитуда ПОВ» и измеряется с помощью датчиков давления в мм рт. ст. [10].

Не менее значимым количественным параметром при оценке гидродинамической стабильности ФЭК является объем ПОВ. Ранее измерения этого параметра проводились с помощью инвазивных датчиков-расходомеров при экс-

периментальной ФЭК в упругой силиконовой тестовой модели глаза с применением хирургических систем Infiniti Vision System (Alcon) и Legacy (Alcon) с различными настройками аспирационного насоса и уровня вакуума. Объем ПОВ варьировался от 140 до 340 мкл и напрямую зависел от предустановленного уровня вакуума в системе и высоты инфузионной стойки [11].

Следующим шагом для объективной оценки объема ПОВ стала разработка компанией Alcon упругой экспериментальной модели глаза spring eye. Модель имеет 3 пружины, имитирующие упругость глазного яблока человека во время прорыва окклюзии. Лазерный датчик контролирует смещение поршня, измеряя объем протекающей жидкости при прорыве окклюзии.

Объем ПОВ на примере модели spring eye оценивался при работе на хирургических системах Infiniti Vision System (Alcon) и Centurion Vision System (Alcon) с функцией Active Fluidics при использовании факоигл калибром 20 G (0,9 мм) и идентичных настройках уровня вакуума, инфузионного давления и производительности насоса. Предел объема ПОВ с используемой тестовой моделью spring eye составил 170 мкл (0,17 мл). Авторы обращают внимание на то, что при экспериментах на высоких уровнях вакуума с меньшей высотой инфузионной стойки на хирургической системе Infiniti Vision System (Alcon) объем ПОВ достигал своего предела для тестовой модели и, возможно, превышал

его. По данным исследования, при работе на хирургической системе нового поколения Centurion Vision System объем ПОВ не превышал 154 мкл [12, 13]. Несмотря на это, даже максимально приближенные к натуральным размерам глаза и объему ПК тестовые модели глаза не способны в полной мере смоделировать все хирургические условия и факторы операции, влияющие на объем ПОВ.

С появлением неинвазивных ультразвуковых датчиков-расходомеров появилась возможность интраоперационной оценки динамики аспирационного потока, в том числе во время ПОВ. Детальный контроль изменения скорости аспирационного потока позволяет оценивать не только фактические колебания ПК при ПОВ, но и прогнозировать объем ПОВ. Данная технология может быть использована для модернизации способов компенсации колебаний ПК во время ФЭК, в первую очередь за счет методов своевременного форсирования инфузионного потока (адаптивное управление инфузией).

Сотрудниками кафедры офтальмологии БГМУ совместно с инженерами отдела микрохирургического оборудования ЗАО «Оптимедсервис» разработан новый способ адаптивного управления инфузией при ФЭК на базе российской офтальмологической системы «Оптимед Профи» (РУ № ФСР 2011/11396 от 11.11.2013) [14]. Способ позволяет осуществлять неинвазивный интраоперационный мониторинг скорости аспирационного и инфузионного потоков, достоверно определять проходимость факоиглы, а также рассчитывать прогнозируемый объем ПОВ для своевременной компенсации колебаний ВГД во время ФЭК.

Одной из современных хирургических систем, в которой реализовано адаптивное управление инфузией (Active Fluidics), основанное на контроле давления в инфузионной линии, является Centurion Vision System (Alcon) [15, 16].

В аспекте оценки эффективности разработанного способа важна сравнительная характеристика параметров ПОВ при экспериментальной ФЭК с применением двух хирургических систем: «Оптимед Профи» («Оптимедсервис») и Centurion Vision System (Alcon).

ЦЕЛЬ работы — сравнительный анализ амплитуды ПОВ, а также прогнозируемого и фактического объемов

ПОВ во время экспериментальной ФЭК *ex vivo* на кадаверных свиных глазах с применением хирургических систем «Оптимед Профи» и Centurion Vision System.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнялось на базе кафедры офтальмологии с курсом ИДПО БГМУ совместно с отделом микрохирургического оборудования ЗАО «Оптимедсервис» (Уфа). Проведено 20 экспериментальных ФЭК (20 глаз) на кадаверных свиных глазах, при этом в основной группе операции выполнялись с применением хирургической системы «Оптимед Профи» с новым способом адаптивного управления инфузией (10 глаз), а в контрольной группе — с применением хирургической системы Centurion Vision System с функцией Active Fluidics (10 глаз).

Новый способ адаптивного управления инфузией на базе хирургической системы «Оптимед Профи» включает оценку состояния проходимости факоиглы по совокупности изменения факторов: уровня вакуума в аспирационной магистрали, скоростей инфузионного и аспирационного потоков в соответствующих магистралях. Контроллер хирургической системы способен распознавать как минимум 3 состояния проходимости факоиглы: «проходимая факоигла», «окклюзия факоиглы» и «прорыв окклюзии». Согласно разработанному способу адаптивного управления инфузией при ФЭК, состояния окклюзии и прорыва окклюзии распознавались контроллером хирургической системы по совокупности изменения уровня вакуума относительно заданной скорости аспирационного насоса и изменений значений скорости инфузионного и аспирационного потоков относительно средней скорости инфузии и аспирации во время операции (рис. 1).

Настройки хирургических систем в обеих сериях были одинаковы и несколько превышали стандартные клинические условия операции: предел вакуума — 600 мм рт. ст., скорость аспирационного насоса — 45 мл/мин, целевое ВГД — 50 мм рт. ст., калибр факоиглы — 20 G. Внутренний диаметр трубок аспирационной и инфузионной магистралей в обеих сериях был 1,3 и 3,25 мм соответственно. Конфигурации хирургических систем соответствовали рекомендациям производителей.

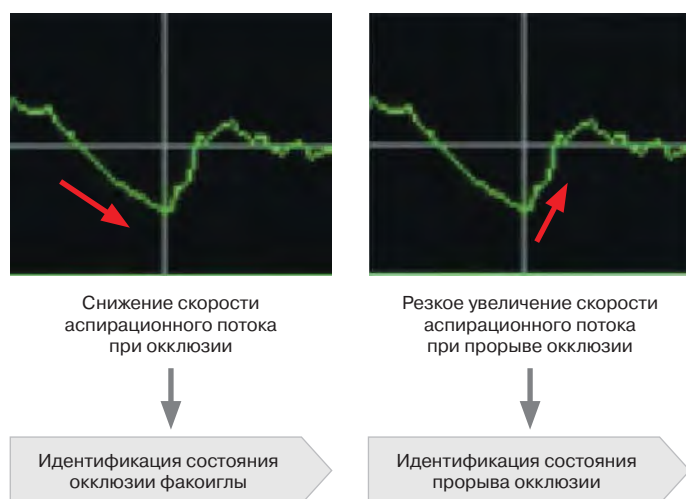


Рис. 1. Идентификация состояний «окклюзия факоиглы» и «прорыв окклюзии» по характерному изменению скорости аспирационного потока

Fig. 1. Identification of the states “phaco needle occlusion” (on the left) and “occlusion breakthrough” (on the right) by a characteristic change in the speed of the aspiration flow



Рис. 2. Экспозиция экспериментальной ФЭК на препарате свиного глаза

Fig. 2. Exposure of experimental phacoemulsification on a porcine eye specimen

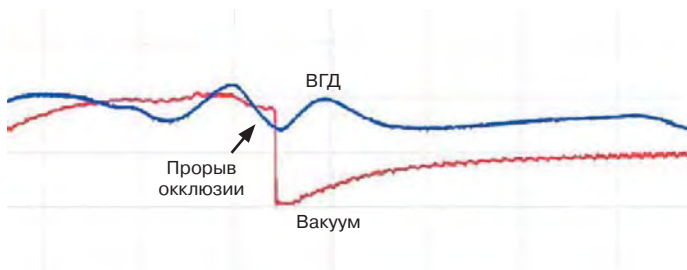


Рис. 3. Динамика ВГД (синяя кривая) и уровня вакуума (красная кривая) во время ПОВ при ФЭК в серии с применением хирургической системы «Оптимед Профи»

Fig. 3. Dynamics of IOP (blue curve) and vacuum level (red curve) during POS (post-occlusion surge) with phacoemulsification in a series using the Optimed Profi surgical system

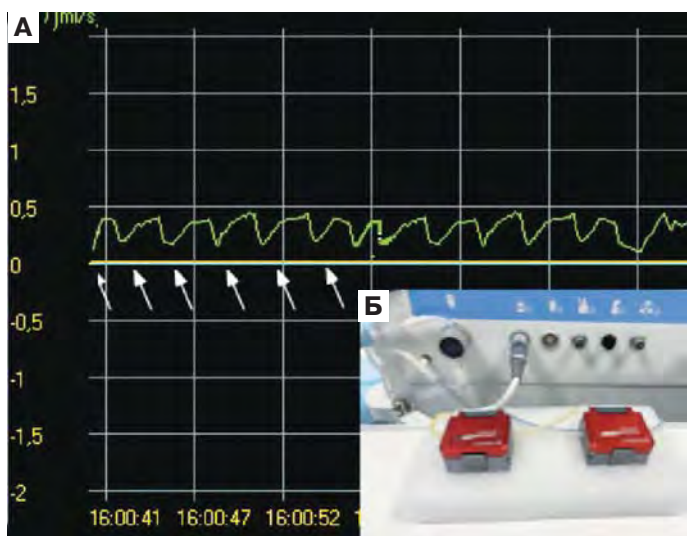


Рис. 4. Динамика аспирационного потока во время эксперимента. Окклюзии — пиковые снижения скорости потока (отмечены стрелками) (А); расположение ультразвукового датчика-расходомера на аспирационной магистрали (Б)

Fig. 4. Dynamics of aspiration flow during the experiment. Occlusions — peak decreases in flow velocity (marked by arrows) (A); location of the ultrasonic sensor-flowmeter on the aspiration line (B)

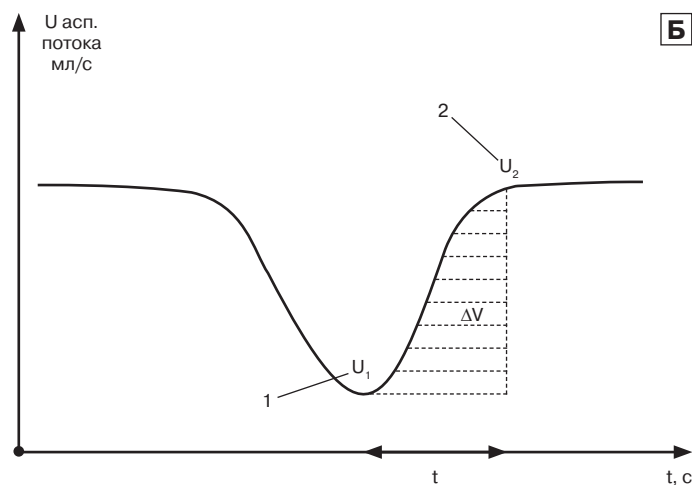
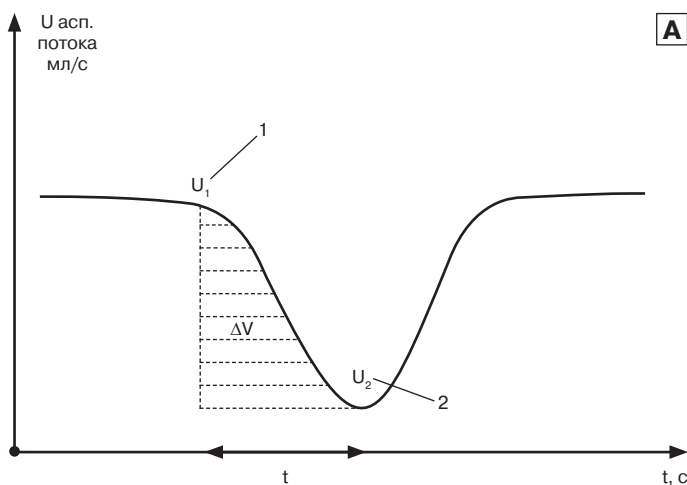


Рис. 5. Схематическое изображение расчета прогнозируемого (А) и фактического (Б) объемов ПОВ

Fig. 5. Schematic representation of the calculation of predicted (A) and actual (B) volumes of POS

Для обеспечения условий операции, приближенных к реальным, и сохранения тонуса глаз использовались свежие свиные глаза, полученные не позже 3 ч после забоя. Препараты глаз подготавливались по методике wetlab [17, 18]. Фиксация глаза осуществлялась с помощью лицевой маски и резинового глазодержателя. Необходимый тонус глаза обеспечивался за счет инъекции физиологического раствора в культю зрительного нерва по направлению, перпендикулярному плоскости решетчатой пластинки (рис. 2).

Техника эксперимента. Фиксация свиных глаз к резиновым глазодержателям производилась при помощи булавок, после чего глазодержатели устанавливались в лицевую маску. На меридиане 9 ч выполняли тоннельный разрез калиброванным стальным факножом соответствующего размера (2,4 мм). Затем копьем для парацентеза размером 1,2 мм на меридиане 7 ч выполняли парацентез, через который вводили в переднюю камеру канюлю, соединенную с интегральным кремниевым датчиком давления MPX 5010 DP (Motorola), информация с которого оцифровывалась с помощью двухканального цифрового запоминающего осциллографа АКИП-4108 (Pico Technology, Великобритания). После введения в переднюю камеру рукоятки факоэмульсификатора и включения режима «ирригация — аспирация» создавали окклюзию факноглы за счет сдвигания аспирационной линии у рукоятки. По прошествии 2 с после достижения максимально предусмотренного вакуума линию разжимали, имитируя ПОВ. При каждой экспериментальной операции ПОВ имитировалась не менее 10 раз. Амплитуда ПОВ оценивалась как разница между значениями ВГД при полной окклюзии и после прорыва окклюзии (рис. 3). Применяемая схема эксперимента позволила стандартизировать условия в группах и наиболее полно отвечала поставленной задаче.

Для определения прогнозируемого и фактического объемов ПОВ во время каждой экспериментальной операции на аспирационную магистраль устанавливался цифровой ультразвуковой датчик-расходомер Sonoflow CO.056/035 (Sonotec, Германия). Обработка информации с датчика проводилась при помощи оригинального программного обеспечения Sonoflow Software (рис. 4).

Расчет прогнозируемого объема ПОВ выполняли по запатентованной технологии [14]. При этом первым этапом оценивалось замедление α скорости аспирационного потока

по формуле (рис. 5, А): $\alpha = \frac{U_1 - U_2}{t}$, где U_1 — скорость

аспирационного потока (мл/с²) в точке 1, соответствующей состоянию «проходимая факоигла»; U_2 — скорость аспирационного потока (мл/с²) в пиковой точке 2 состояния «окклюзия факоиглы»; t — интервал времени, измеряемый в миллисекундах, между скоростями U_1 и U_2 . Следующим этапом контроллер рассчитывает предполагаемый объем ΔV

ПОВ по формуле: $\Delta V = \frac{\alpha \times t^2}{2}$, где α — замедление скоро-

сти аспирационного потока (мл/с), t^2 — квадрат интервала времени t (мс) между скоростями U_1 и U_2 .

Фактический объем ПОВ рассчитывался по схожему принципу: первым этапом для расчета фактического объема ПОВ оценивалось ускорение α скорости аспирационного потока по формуле (рис. 5, Б): $\alpha = \frac{U_1 - U_2}{t}$,

где U_1 — скорость аспирационного потока (мл/с²) в точке 1, соответствующей состоянию «окклюзия факоиглы»; U_2 — скорость аспирационного потока (мл/с²) в пиковой точке 2 состояния «проходимая факоигла»; t — интервал времени (мс) между скоростями U_1 и U_2 . Следующим этапом рассчитывался фактический объем ΔV ПОВ по формуле:

$\Delta V = \frac{\alpha \times t^2}{2}$, где α — ускорение скорости аспирационного

потока, измеряемое в миллилитрах в секунду, t^2 — квадрат интервала времени t (мс) между скоростями U_1 и U_2 .

Статистическая обработка. Рассчитывали следующие параметры описательной статистики: среднее значение (M) и стандартное отклонение (Sd). При анализе данных на нормальность распределения использовали критерий Шапиро — Уилка. При нормальном распределении данных для сравнения показателей между выборками использовался параметрический t -критерий Стьюдента. Различия показателей считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,01$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Амплитуда ПОВ в серии ФЭК с хирургической системой «Оптимед Профи» составила $12,1 \pm 0,21$ мм рт. ст., а в серии с хирургической системой Centurion — $13,30 \pm 0,31$ мм рт. ст. (рис. 6). Различия между группами статистически значимы ($p < 0,01$).

Значение прогнозируемого объема ПОВ в серии ФЭК на хирургической системе «Оптимед Профи» составило $136,8 \pm 9,59$ мкл, а в серии ФЭК на хирургической системе Centurion — $146,0 \pm 9,46$ мкл (рис. 7, А). Различия между сериями по данному показателю не имели статистической значимости ($p > 0,01$).

Значение фактического объема ПОВ в серии ФЭК на хирургической системе «Оптимед Профи» составило $135,3 \pm 4,97$ мкл, а в серии ФЭК на хирургической системе Centurion — $158,5 \pm 8,63$ (рис. 7, Б). Различия между сериями по данному показателю имели статистическую значимость ($p < 0,01$).

Полученные значения фактического объема ПОВ в обеих группах были приближены к максимальным значениям данного параметра при ранее проведенных экспериментах на тестовой модели глаза Spring Eye (Alcon) с применением хирургических систем Infiniti Vision System и Centurion Vision System [10]. Анализируя наши результаты, необходимо учитывать фиксированные параметры хирургических систем, а также достижение предельного уровня

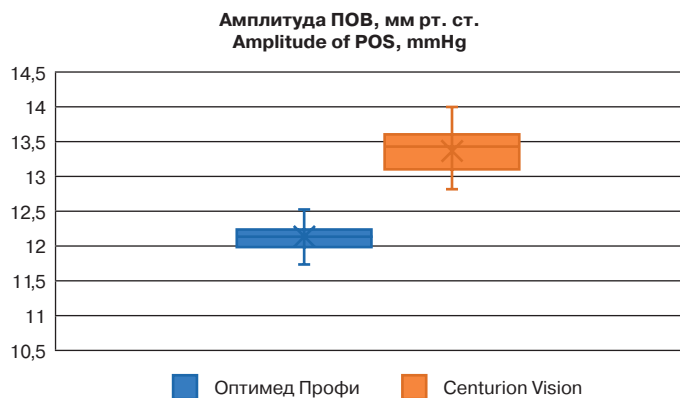


Рис. 6. Сравнение амплитуды ПОВ в основной («Оптимед Профи») и контрольной (Centurion Vision) группах

Fig. 6. Comparison of POS amplitude in the main (Optimed Profi) and control (Centurion Vision) groups

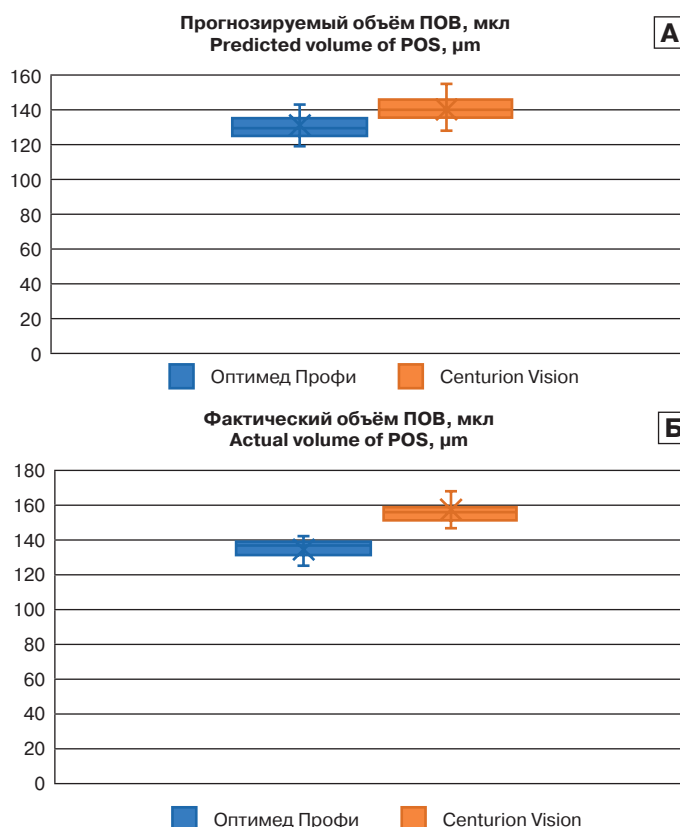


Рис. 7. Сравнение прогнозируемого (А) и фактического (Б) объемов ПОВ в основной и контрольной группах

Fig. 7. Comparison of predicted (А) and actual (Б) volumes of POS in the main (Optimed Profi) and control (Centurion Vision) groups

вакуума перед каждым прорывом окклюзии. Тем не менее использованный нами способ неинвазивной оценки скорости аспирационного потока с помощью датчика-расходомера позволил оценить значения прогнозируемого и фактического объемов ПОВ при ФЭК в экспериментальных условиях, приближенных к хирургическим.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный на базе хирургической системы «Оптимед Профи» способ адаптивного управления инфузионным потоком позволил получить меньшее значение амплитуды

и объема ПОВ, чем при использовании хирургической системы Centurion Vision System, за счет более точной оценки проходимости факоиглы и инфузионной компенсации колебаний ВГД. Создание новых способов адаптивного управления инфузионным потоком с помощью механизмов форсированной инфузии совместно с оценкой проходимости факоиглы за счет контроля скорости потоков в магистральных системах — актуальный шаг в сторону улучшения гидродинамической стабильности ФЭК.

Литература/References

1. Suzuki H, Igarashi T, Takahashi H. Effect of a new phacoemulsification and aspiration handpiece on anterior chamber stability. *J Cataract Refract Surg.* 2023; 49 (1): 91–6. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000001071
2. Sharif-Kashani P, Fanney D, Injev V. Comparison of occlusion break responses and vacuum rise times of phacoemulsification systems. *BMC Ophthalmol.* 2014; 14 (1): 1–7. doi: 10.1186/1471-2415-14-96
3. Packer M, Fishkind WJ, Fine IH, Seibel BS, Hoffman RS. The physics of phaco: a review. *J Cataract Refract Surg.* 2005 Feb; 31 (2): 424–31. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.11.027
4. Vasavada V, Vasavada AR, Vasavada SA, Bhojwani D. Real-time dynamic changes in intraocular pressure after occlusion break: comparing 2 phacoemulsification systems. *J Cataract Refract Surg.* 2021 Sep 1; 47 (9): 1205–9. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000666
5. Benjamin L. Fluidics and rheology in phaco surgery: What matters and what is the hype? *Eye.* Nature Publishing Group. 2018; 32 (2): 204–9. doi: 10.1038/eye.2017.299
6. Thorne A, Dyk DW, Fanney D, et al. Phacoemulsifier occlusion break surge volume reduction. *J Cataract Refract Surg United States.* 2018; 44 (12): 1491–6. doi: 10.1016/j.jcrs.2018.01.032
7. Miller KM, Dyk DW, Yalamanchili S, et al. Experimental study of occlusion break surge volume in 3 different phacoemulsification systems. *J Cataract Refract Surg United States.* 2021; 47 (11): 1466–72. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000651
8. Zhou J, Han D. Post-occlusion surge and anterior chamber stability in a new phacoemulsification machine with small-bore, dual-durometer aspiration tubing. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2021; 62 (8): 574. <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2774553>
9. Kunishige T, Takahashi H. Effects of combinations of ophthalmic viscosurgical devices and suction flow rates on the corneal endothelial cell damage incurred during phacoemulsification. *J Ophthalmol.* 2020; 2020: 2159363. doi: 10.1155/2020/2159363
10. Азнабаев Б.М., Мухаммадеев Т.Р., Бикчуряев Д.Р., Дибаяев Т.И., Махматов В.Ф. Микроколлапсы передней камеры глаза при ультразвуковой факоэмульсификации. *Медицинский Вестник Башкортостана.* 2014; 9 (2): 85–8. [Aznabaev B.M., Mukhamadeev T.R., Bikchuraev D.R., Dibaev T.I., Makhmutov V.F. Microcollapses of the anterior chamber during ultrasound phacoemulsification. *Meditsinsky Vestnik Bashkortostana.* 2014; 9 (2): 85–8 (In Russ.)].
11. Zacharias J, Zacharias S. Volume-based characterization of postocclusion surge. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31 (10): 1976–82. doi: 10.1016/j.jcrs.2005.03.061
12. Dyk DW, Miller KM. Mechanical model of human eye compliance for volumetric occlusion break surge measurements. *J Cataract Refract Surg.* 2018; 44 (2): 231–6. doi: 10.1016/j.jcrs.2017.10.052
13. Aravena C, Dyk D, Thorne A, et al. Aqueous volume loss associated with occlusion break surge in phacoemulsifiers from 4 different manufacturers. *J Cataract Refract Surg.* ASCRS and ESCRS. 2018; 44 (7): 884–8. doi: 10.1016/j.jcrs.2018.02.026
14. Азнабаев Б.М., Дибаяев Т.И., Мухаммадеев Т.Р., Исмагилов Т.Н. Способ адаптивного управления инфузией во время факоэмульсификации. Патент РФ № 2788289 от 17.01.2023. [Aznabaev B.M., Dibaev T.I., Mukhamadeev T.R., Ismagilov T.N. Method of adaptive infusion management during phacoemulsification. RF Patent No. 2788289, 17. 01. 2023 (In Russ.)].
15. Gordon R, Ranch L. Pressure control in phacoemulsification system. U.S. patent № 9119701; 2015.
16. Solomon KD, Lorente R, Fanney D, Cionni RJ. Clinical study using a new phacoemulsification system with surgical intraocular pressure control. *J Cataract Refract Surg.* 2016 Apr; 42 (4): 542–9. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.01.037
17. Machuk RW, Arora S, Kutzner M, et al. Porcine cataract creation using formalin or microwave treatment for an ophthalmology wet lab. *Can J Ophthalmol.* 2016; 51 (4): 244–8. doi: 10.1016/j.jcjo.2016.01.012
18. Van Vreeswijk H, Pameyer JH. Inducing cataract in postmortem pig eyes for cataract surgery training purposes. *J Cataract Refract Surg United States.* 1998; 24 (1): 17–8. doi: 10.1016/s0886-3350(98)80068-0

Вклад авторов в работу: Б.М. Азнабаев, Т.Р. Мухаммадеев — разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи; Т.И. Дибаяев, Т.Н. Исмагилов — сбор, обработка и интерпретация данных, написание статьи.

Author's contribution: B.M. Aznabaev, T.R. Mukhamadeev — development of the concept and design of the study, editing of the article; T.I. Dibaev, T.N. Ismagilov — data collection, processing and interpretation, writing of the article.

Поступила: 28.04.2023. Переработана: 06.05.2023. Принята к печати: 10.05.2023

Originally received: 28.04.2023. Final revision: 06.05.2023. Accepted: 10.05.2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Ленина, д. 3, Уфа, 450008, Россия

² ЗАО «Оптимедсервис», ул. 50 лет СССР, д. 8, Уфа, 450059, Россия

Булат Маратович Азнабаев — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры офтальмологии с курсом ИДПО¹, генеральный директор², ORCID 0000-0003-1796-8248

Тимур Рафаэльевич Мухаммадеев — д-р мед. наук, заведующий кафедрой офтальмологии с курсом ИДПО¹, заместитель генерального директора по научно-клинической работе², ORCID 0000-0003-3078-2464

Тагир Ильдарович Дибаяев — канд. мед. наук, доцент кафедры офтальмологии с курсом ИДПО¹, руководитель отдела координации научных исследований², ORCID 0000-0002-7448-6037

Тимур Наилевич Исмагилов — аспирант кафедры офтальмологии с курсом ИДПО¹, младший научный сотрудник отдела координации научных исследований², ORCID 0000-0003-4132-4979

Для контактов: Тимур Наилевич Исмагилов, ismagilov-timur@bk.ru

¹ Bashkir State Medical University, 3, Lenin St., 450008, Ufa, Russia

² Optimedservis Ltd, 8, 50 let SSSR St., 450059, Ufa, Russia

Bulat M. Aznabaev — Dr. of Med. Sci., professor, professor of chair of ophthalmology with postgraduate course¹, general director², ORCID 0000-0003-1796-8248

Timur R. Mukhamadeev — Dr. of Med. Sci., head of chair of ophthalmology with postgraduate course¹, deputy general director for scientific and clinical work², ORCID 0000-0003-3078-2464

Tagir I. Dibaev — Cand. of Med. Sci., associate professor of chair of ophthalmology with postgraduate course¹, head of research coordination department², ORCID 0000-0002-7448-6037

Timur N. Ismagilov — PhD student of Department of chair of Ophthalmology with Postgraduate course¹, junior researcher of research coordination department², ORCID 0000-0003-4132-4979

For contacts: Timur N. Ismagilov, ismagilov-timur@bk.ru