

Исторические аспекты развития факохирургии. Часть 2

Юсеф Ю. Н.

*д.м.н, профессор, Директор
ORCID: 0000-0003-4043-456X*

Алхарки Л.

*к.м.н.
ORCID: 0000-0001-6791-4219*

Аль-Махдар Я. М.

*врач-офтальмолог
ORCID: 0000-0002-3038-9075*

ФГБНУ НИИГБ им. М.М. Краснова, Москва, Российская Федерация

Автор для корреспонденции: Аль-Махдар Ямен Мухи-Альддин; **e-mail:** almahdar_yamen@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Хирургия катаракты – одна из старейших операций, упоминаемых в медицинской литературе. Несмотря на то, что с течением времени было опубликовано множество статей по этому вопросу, мы постараемся выделить важные моменты долгой истории хирургии катаракты. В нашем историческом экскурсе, мы обнаружили удивительные детали, влияющие на современные тенденции факохирургии. Поразителен прогресс, достигнутый в этой области. Первые операции проводились с помощью примитивных инструментов, но сегодня сложная техника факоэмульсификации с применением фемтосекундного лазера показывает хорошие результаты, возвращая зрение нашим пациентам.

Ключевые слова: глаз, катаракта, экстракапсулярная экстракция, интраокулярные линзы, факоэмульсификация, фемтосекундный лазер

doi: 10.29234/2308-9113-2025-13-2-79-90

Для цитирования: Юсеф Ю. Н., Алхарки Л., Аль-Махдар Я. М. Исторические аспекты развития факохирургии. Часть 2. *Медицина* 2025; 13(2): 79-90

Учитывая достаточно хорошо изученные проблемы имплантации переднекамерных ИОЛ, а также ИОЛ с шовной фиксацией в цилиарной борозде, в последнее время были предложены методы ретропупиллярной фиксации ирис-кло ИОЛ в осложненных клинических ситуациях. Данный способ фиксации ИОЛ стал также успешно применяться при реимплантации (замене) ИОЛ и вторичной имплантации. Были разработаны и значительно усовершенствованы инструменты для выполнения имплантации ирис-кло ИОЛ [5,11].

В результате многолетних поисков оптимального места и способа фиксации ИОЛ Б.Н. Алексеевым в 1976 году впервые в мире была предложена внутрикапсулярная имплантация и разработана модель ИОЛ для ее выполнения [3]. Согласно предложенной методике, передняя капсула хрусталика вскрывается по краю расширенного зрачка по хорде длиной,

достаточной для выведения ядра хрусталика. После удаления кортикальных масс ИОЛ имплантируют в капсульный мешок между передней и задней капсулой хрусталика, после чего иссекают лоскут передней капсулы в области зрачка.

Внутрикапсульная имплантация ИОЛ является, согласно практически единодушному мнению офтальмологов, наиболее физиологичным и оптимальным методом интраокулярной коррекции афакии, при котором имплантат отделен от реактивных структур глазного яблока. Кроме того, эта методика позволяет располагать главную оптическую плоскость ИОЛ максимально близко к главной оптической плоскости естественного хрусталика [1,13,17].

В дальнейшем произошел переход от интракапсулярной экстракции катаракты (ICCE) с имплантацией ИОЛ в переднюю камеру, к менее травматичной экстракапсулярной экстракции катаракты (ECCE) с имплантацией заднекамерной ИОЛ [36].

В 1967 году исследования американского офтальмолога Чарльза Келмана привели к внедрению в факохирургию метода ультразвуковой факоэмульсификации (ФЭ), в основе которой лежит эмульсификация плотного ядра хрусталика низкочастотным ультразвуком. Основные этапы факоэмульсификации по методу С. Kelman: расширение зрачка, передняя капсулотомия, дробление ядра хрусталика ультразвуковым наконечником, ирригация-аспирация кортикальных масс остались основными этапами данного хирургического вмешательства до настоящего времени [34,35].

Однако в первые годы после своего появления данная технология была неоднозначно встречена офтальмологами прежде всего из-за известного повреждающего действия низкочастотного ультразвука на ткани глазного яблока, а также вследствие необходимости значительного расширения разреза при имплантации жестких ИОЛ из полиметиметакрилата.

Интakтная задняя капсула после неосложненной факоэмульсификации в наибольшей степени сохраняет естественные топографо-анатомические взаимоотношения в глазном яблоке после операции и способствует предупреждению ряда осложнений, прежде всего ретинальных, в послеоперационном периоде.

В Советском Союзе первые исследования по применению ультразвуковой факоэмульсификации, в том числе с имплантацией ИОЛ, были проведены под руководством М.М. Краснова [8]. Внедрение в факохирургию внутрикапсульной имплантации ИОЛ стало стимулом к разработке и совершенствованию экстракапсулярных методик удаления катаракты. С этого времени экстракапсулярный принцип стал доминирующим в факохирургии. Под руководством М.М. Краснова в Научно-исследовательском институте глазных болезней были проведены приоритетные исследования по разработке различных технологий экстракапсулярной экстракции катаракты [6,9].

В 1976 году М.М. Краснов и В.С. Акопян предложили использовать энергию лазера для решения задач хирургии катаракты. Ими впервые в мире была произведена в клинической практике методика лазерной передней капсулотомии с помощью аргонного лазера в ходе экстракапсулярной экстракции катаракты [7].

Однако в офтальмохирургической практике нередки ситуации, когда внутрикапсульная имплантация ИОЛ невозможна из-за отсутствия капсульного мешка, технически невыполнима, а также связана с риском тяжелых послеоперационных осложнений, таких как децентрация и дислокация ИОЛ. Оптимальным способом интраокулярной коррекции афакии в таких случаях является внекапсульная имплантация ИОЛ, основные принципы и методики которой описаны выше.

В 70-х годах XX века были разработаны и внедрены в хирургическую практику разнообразные модели ИОЛ с двумя гибкими опорными элементами. Эти ИОЛ имели различный диаметр оптики и гаптики, а также разнообразную конфигурацию гаптических элементов. Данные ИОЛ стали повсеместно широко имплантировать внутрикапсульно или в цилиарную борозду при условии полной сохранности или незначительном повреждении задней капсулы хрусталика. Начиная с этого периода, такой дизайн ИОЛ стал доминирующим при коррекции афакии в ходе факоэмульсификации. В последнее время ретропупиллярная имплантация ИОЛ с двумя гибкими опорными элементами в цилиарную борозду с бесшовной фиксацией на остатки передней или задней капсулы хрусталика используется при осложненном течении факоэмульсификации или при вторичной имплантации, когда полностью сохранен капсульный мешок или в значительной степени сохранены остатки передней и задней капсулы хрусталика [32,47,48].

В 1986 году Malbran et al. [39] впервые сообщили об использовании в хирургической практике трансклеральной шовной фиксации ИОЛ при полном отсутствии капсулярной поддержки. При трансклеральной шовной фиксации выбирают модель ИОЛ, опорные элементы которой, как правило, имеют большую длину, а также больший общий диаметр гаптики по сравнению с ИОЛ для внутрикапсульной фиксации. Гаптические элементы ИОЛ в таком случае располагают в цилиарной борозде [19,45].

Teichmann разработал опорные элементы, которые имеют по два маленьких кольца на расстоянии 2 мм друг от друга. Это дает возможность производить четырехточечную трансклеральную фиксацию, что повышает стабильность положения ИОЛ и, в значительной степени, предупреждает возможную ротацию ИОЛ по оси опорных элементов [50].

Все методы имплантации ИОЛ с трансклеральной шовной фиксацией принято делить по направлению проведения фиксирующей ИОЛ нити на *ab interno* и *ab externo* [45].

Впервые в мире трансклеральная шовная фиксация эластичной ИОЛ с проведением нити ab interno после осложненной факоэмульсификации при подвывихе хрусталика была выполнена Ю. Юсефом в Научно-исследовательском институте глазных болезней [10].

В последние годы появилось достаточно много методик бесшовной трансклеральной фиксации ИОЛ при отсутствии капсулярно-зонулярной поддержки ИОЛ, в том числе с использованием биоклея [18,38].

Ряд важнейших научных и технических разработок, появившихся в 80-е годы прошлого века, способствовал значительному прогрессу технологии ультразвуковой ФЭ и повсеместному возврату офтальмохирургов к её применению в клинической практике.

Важнейшим шагом на пути широкого внедрения факоэмульсификации в хирургическую практику стало появление ИОЛ из эластичных материалов, имплантацию которых стало возможным осуществлять через разрез 3 мм.

Первоначально эластичные ИОЛ имели вид пластинки с формой усеченного или многорадиусного овала. Для их имплантации были предложены и широко применяются в настоящее время специальные инжекторы и пинцеты [27,41]. Впоследствии появились эластичные ИОЛ с незамкнутыми гибкими опорными элементами, в частности из гидрофобного и гидрофильного акрила, что повысило надежность фиксации и улучшило центрацию эластичных ИОЛ.

Вторым важнейшим предложением, способствовавшим широкому внедрению ультразвуковой ФЭ, стала разработка и внедрение в офтальмохирургию вископрепаратов, которые радикально уменьшили травматичность удаления катаракты и имплантации ИОЛ. Первоначально были предложены вискоэластики на основе метилцеллюлозы и гиалуроновой кислоты [28,49].

Другим важным предложением, позволившим снизить травматизацию заднего эпителия роговицы, стало широкое внедрение в хирургическую практику специальных сбалансированных ирригационных растворов – BSS, BSS-plus и других. Результатом внедрения вискоэластиков и специальных сбалансированных ирригационных растворов стало многократное снижение потери заднего эпителия роговицы и числа случаев эндотелиально-эпителиальной дистрофии роговицы, а также существенное улучшение условий для выполнения операции при дефектах связочного аппарата хрусталика [37,43].

Возможность имплантации эластичной ИОЛ через разрез протяженностью 3 мм привела к разработке специальных тоннельных профильных разрезов и хирургического инструментария для их выполнения. Тоннельные разрезы, благодаря своему профилю и наличию клапана со стороны передней камеры, являются самогерметизирующимися, то есть позволяют избежать наложения швов [30,40].

Важнейшим усовершенствованием техники ультразвуковой факоэмульсификации стала разработка способа передней капсулотомии, получившего название непрерывный круговой капсулорексис. Данная методика передней капсулотомии, наряду с гидродиссекцией, обеспечивает оптимальные условия для внутрикапсульной эмульсификации ядра хрусталика, ирригации-аспирации кортикальных масс и внутрикапсульной имплантации эластичной ИОЛ [31].

Развитие ультразвуковой факоэмульсификации характеризовалось в последние десятилетия, в первую очередь, совершенствованием технологий данного вмешательства с минимальной энергетической нагрузкой на ткани глазного яблока – так называемых низкоэнергетических технологий, среди которых наилучшие результаты были получены с технологиями NeoSonix, WhiteStar Sonic Wave [24,29,33].

Однако наиболее эффективной низкоэнергетической технологией, согласно мнению большинства хирургов, является торсионная факоэмульсификация (технологии OZil, Ellips), при которой используются осцилляторные колебания факоиглы как в традиционном аксиальном направлении, так и в перпендикулярном направлении, что существенно влияет на процесс эмульсификации ядра за счет изменения распределения энергии [22,23,25].

Дальнейшее совершенствование факоэмульсификации имело несколько путей развития: совершенствование ультразвуковых машин для факоэмульсификации, уменьшение диаметра инструментов от 3 до 1 мм, что позволяет сделать маленький разрез и создание новых моделей ИОЛ [21]. Эти разработки привели к сокращению периода заживления, уменьшению послеоперационных осложнений и, как следствие, к улучшению остроты зрения у пациентов сразу после операции по удалению катаракты. Маленькие разрезы стали стандартом в хирургии факоэмульсификации. В настоящее время маленький разрез не требует наложения швов, а искусственный складной хрусталик имеет небольшие размеры, что обеспечивает быструю реабилитацию пациентов, позволяя выполнять оперативное вмешательство в амбулаторных условиях [20].

В зависимости от материала, из которого изготовлены ИОЛ, их можно разделить на три типа: жесткая, нескладывающаяся ИОЛ из ПММА, ИОЛ из силикона, имплантируемая через небольшой разрез, и ИОЛ из ультратонкого гидрогеля, которая имплантируется через микроразрез в 1 мм [21,44]. Первые ИОЛ были монофокальными (монофокусными), и после имплантации такой линзы коррекция зрения достигалась на одном расстоянии – линзы обеспечивали четкое зрение вблизи или вдаль, и пациенты нуждались в дополнительной очковой коррекции зрения вблизи или вдаль. Появившиеся в последнее время мультифокальная ИОЛ обеспечивает хорошее зрение на дальнем, промежуточном или близком расстоянии, и исключает очковую коррекцию после операции [21,46].

Помимо совершенствования материалов и технологий для изготовления ИОЛ в последние годы появились мультифокальные ИОЛ и ИОЛ с увеличенной глубиной фокуса, что

значительно улучшает функциональные результаты и качество зрения в послеоперационном периоде [4,12].

Развитие ультразвуковой факоэмульсификации позволило успешно применять данную хирургическую технологию в ряде осложненных ситуаций, которые долгое время считались противопоказанием к проведению этой операции в связи с риском тяжелых осложнений. Одной из таких клинических ситуаций при выполнении факоэмульсификации является подвывих хрусталика. Приоритетные исследования, проведенные в России Ю. Юсефом значительно расширили возможности ультразвуковой факоэмульсификации при подвывихе хрусталика. Ю. Юсефом и соавт. была впервые в мире предложена комбинированная методика фиксации капсульного мешка с помощью одновременного использования модифицированных автором крючков-ретракторов и одного или двух, а в ряде случаев и трех внутрикапсульных колец. Благодаря внедрению в факохирургию этой методики значительно расширяются возможности для внутрикапсульной – наиболее физиологичной имплантации ИОЛ при нарушениях связочно-капсулярного аппарата хрусталика, что, в конечном итоге, обеспечивает существенное повышение функциональных результатов операции и предупреждает возможные в таких случаях осложнения [10,14].

Прорывом в факохирургии можно считать появление фемтосекундного лазера. Методика комбинированной факохирургии с фемтосекундным сопровождением была представлена в 2012 году на Американском обществе рефракционной и катарактальной хирургии. Она заключается в эмульгировании ядра хрусталика с помощью лазерной энергии фемтосекундного лазера с неодимовым излучением 1053 нм. Ультракороткие сфокусированные импульсы (10-15 секунд) не вызывают побочных повреждений тканей, создаваемых выделяемым теплом, в результате образуется плазма, которая не содержит ионизированных молекул и электронов, образуя «пузырьки» и полости. Сила этих «пузырьков» и определяет разрушение ткани или ее фрагментацию. Эта техника представляется безопасной, эффективной и предсказуемой процедурой [2,26,42].

Применение фемтосекундного лазера для проведения переднего капсулорексиса и предварительной фрагментации ядра хрусталика обеспечивает наилучшие результаты и в осложненных клинических ситуациях, таких как подвывих хрусталика и перезревшая катаракта [15,16].

Таким образом, хирургия катаракты является наиболее часто выполняемой офтальмохирургической процедурой в мире, которая, постоянно развиваясь, прошла путь от рудиментарного вмешательства с помощью «копья» в древние времена до современной комбинированной факохирургии с фемтосекундным сопровождением, что делает эту операцию более безопасной и позволяет восстановить утраченное зрение наших пациентов.

Литература

1. Аветисов С.Э., Амбарцумян А.Р., Аветисов К.С. Диагностические возможности ультразвуковой биомикроскопии в факохирургии. *Вестник офтальмологии* 2013; 129(5): 32-42.
2. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Иванов М.Н., Аветисов К.С. Гибридная факоэмульсификация: новый этап в совершенствовании хирургии катаракты (?). *Вестник офтальмологии* 2014; 130(2): 4-7.
3. Алексеев Б.Н. Интракапсулярная имплантация искусственного хрусталика. *Вестник офтальмологии* 1976; 92(5): 31-36.
4. Воронин Г.В., Мамиконян В.Р., Шелудченко В.М., Нарбут М.Н. Клинические результаты коррекции афакии мультифокальными интраокулярными линзами. *Вестник офтальмологии* 2017; 133(1): 37-41, doi: 10.17116/oftalma2017133137-41
5. Воронин Г.В., Машкова Н.А. Первый опыт применения интраокулярной линзы с фиксацией к радужке у больных с открытоугольной глаукомой. *Вестник офтальмологии* 2012; 128(6): 38-40.
6. Краснов М.М. Экстракапсулярная экстракция катаракты и ее перспективы. *Вестник офтальмологии* 1977; (1): 3-8.
7. Краснов М.М., Акопян В.С. Использование лазерной капсулофакопунктуры при лечении «мягкой катаракты». *Вестник офтальмологии* 1976; (1): 22-25.
8. Краснов М.М., Бочаров В.Е., Двали М.Л. Факоэмульсификация катаракты с имплантацией искусственного хрусталика. *Вестник офтальмологии* 1975; 91(5): 29-32.
9. Краснов М.М., Двали М.Л., Полунин Г.С., Иванов М.Н., Федоров А.А., Шрамко И.А. Эффективность применения протеолитических ферментов при экстракапсулярной экстракции катаракты. *Вестник офтальмологии* 1990; (5): 8-12.
10. Краснов М.М., Каспаров А.А., Мамиконян В.Р., Юсеф Ю.Н., Введенский А.С., Юсеф С.Н. Модификация операции факоэмульсификации при подвывихе хрусталика. *Вестник офтальмологии* 2000; 116(1): 10-12.
11. Кумар В., Душин Н.В. Имплантация интраокулярной линзы Iris-claw IOL при осложненных формах афакии. *РМЖ. Клиническая офтальмология* 2002; 3(4): 158-161.
12. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Антонов Е.А., Коновалова М.М. Результаты билатеральной имплантации трифокальной интраокулярной линзы и интраокулярной линзы с расширенной глубиной фокуса. *Вестник офтальмологии* 2022; 138(5): 30-38, doi: 10.17116/oftalma202213805130
13. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Легких С.Л. Факоэмульсификация с имплантацией ИОЛ при экстремально высокой миопии. *Катарактальная и рефракционная хирургия* 2015; 15(3): 14-21.
14. Юсеф С.Н., Юсеф Ю.Н., Иванов М.Н. Некоторые особенности факоэмульсификации при подвывихе хрусталика. *Вестник офтальмологии* 2013; 129(3): 12-15.
15. Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Введенский А.С., Аветисов К.С., Алхарки Л. Фемтолазерная факоэмульсификация перезрелой катаракты. *Офтальмология*. 2020; 17(53): 592-596, doi: 10.18008/1816-5095-2020-35-592-596
16. Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Введенский А.С., Иванов М.Н., Альхумиди К., Дудиева Ф.К. Фемтолазерная факоэмульсификация перезрелой катаракты у больных с подвывихом хрусталика. *Вестник офтальмологии* 2021; 137(5-2): 209-216, doi: 10.17116/oftalma2021137052209
17. Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Резникова Е.В., Введенский А.С. Хирургия катаракты у пациентов с высокой близорукостью. *Вестник офтальмологии* 2005; 121(6): 47-49.
18. Agarwal A., Kumar D.A., Jacob S., Baid C., Agarwal A., Srinivasan S. Fibrin glue-assisted sutureless posterior chamber intraocular lens implantation in eyes with deficient posterior capsules. *J Cataract Refract Surg*. 2008; 34(9): 1433-1438, doi: 10.1016/j.jcrs.2008.04.040
19. Arkin M.S., Steinert R.F. Sutured posterior chamber intraocular lenses. *Int Ophthalmol Clin*. 1994; 34(3): 67-85, doi: 10.1097/00004397-199403430-00009

20. Ascaso F.J., Huerv V. The History of Cataract Surgery. 2013. InTech, doi: 10.5772/19243
21. Bellan L. The Evolution of Cataract Surgery: The Most Common Eye Procedure in Older Adults. *Medscape, Geriatrics and Aging* 2008;11(6): 328-332.
22. Christakis P.G., Braga-Mele R.M. Intraoperative performance and postoperative outcome comparison of longitudinal, torsional, and transversal phacoemulsification machines. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(2): 234-241, doi: 10.1016/j.jcrs.2011.08.035
23. Davison J.A. Cumulative tip travel and implied followability of longitudinal and torsional phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2008; 34(6): 986-990, doi: 10.1016/j.jcrs.2008.02.029
24. Davison J.A. Ultrasonic power reduction during phacoemulsification using adjunctive NeoSoniX technology. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31(5): 1015-1019, doi: 10.1016/j.jcrs.2004.09.025
25. DeMill D.L., Zaugg B.E., Pettey J.H., Jensen J.D., Jardine G.J., Wong G., Olson R.J. Objective comparison of 4 nonlongitudinal ultrasound modalities regarding efficiency and chatter. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(6): 1065-1071, doi: 10.1016/j.jcrs.2011.12.040
26. Donaldson K.E., Braga-Mele R., Cabot F., Davidson R., Dhaliwal D.K., Hamilton R., Jackson M., Patterson L., Stonecipher K., Yoo S.H.; ASCRS Refractive Cataract Surgery Subcommittee. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2013; 39(11): 1753-1763, doi: 10.1016/j.jcrs.2013.09.002
27. Faulkner G.D. Early experience with STAAR silicone elastic lens implants. *J Cataract Refract Surg.* 1986; 12(1): 36-39, doi: 10.1016/s0886-3350(86)80053-0
28. Fechner P.U. Preparation of 2% hydroxypropyl methylcellulose for viscous surgery. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1985; 11(6): 606-607, doi: 10.1016/s0146-2776(85)80150-6
29. Fine I.H., Packer M., Hoffman R.S. New phacoemulsification technologies. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28(6): 1054-1060, doi: 10.1016/s0886-3350(02)01399-8
30. Gills J.P., Sanders D.R. Use of small incisions to control induced astigmatism and inflammation following cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1991; 17 Suppl: 740-744, doi: 10.1016/s0886-3350(13)80695-5
31. Gimbel H.V., Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. *J Cataract Refract Surg.* 1990; 16(1): 31-37, doi: 10.1016/s0886-3350(13)80870-x
32. Gimbel H.V., Sun R., Ferensowicz M., Anderson Penno E., Kamal A. Intraoperative management of posterior capsule tears in phacoemulsification and intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2001; 108(12): 2186-2189; discussion 2190-2192, doi: 10.1016/s0161-6420(01)00716-3
33. Hoffman R.S., Fine I.H., Packer M., Brown L.K. Comparison of sonic and ultrasonic phacoemulsification using the Staar Sonic Wave system. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28(9): 1581-1584, doi: 10.1016/s0886-3350(01)01324-4
34. Kelman C.D. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol.* 1967; 64(1): 23-35.
35. Kelman C.D. Phaco-emulsification and aspiration. A report of 500 consecutive cases. *Am J Ophthalmol.* 1973; 75(5): 764-768, doi: 10.1016/0002-9394(73)90878-7
36. Khurana A.K. Comprehensive Ophthalmology, 4th Ed. 2007. New Age International (P) Ltd. Publishers.
37. Kohnen T. Compromised corneal endothelium and cataract: how should we decide? *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37(8): 1377-1378, doi: 10.1016/j.jcrs.2011.06.013
38. Maggi R., Maggi C. Sutureless scleral fixation of intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 1997; 23(9): 1289-1294, doi: 10.1016/s0886-3350(97)80104-6
39. Malbran E.S., Malbran E. Jr., Negri I. Lens guide suture for transport and fixation in secondary IOL implantation after intracapsular extraction. *Int Ophthalmol.* 1986; 9(2-3): 151-160, doi: 10.1007/BF00159844

40. Maloney W.F., Shapiro D.R. Universal small incision for cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1991; 17 Suppl: 702-705, doi: 10.1016/s0886-3350(13)80686-4
41. Mazzocco T. Silicone compressible elastic implant lenses. *Current Can. Ophthalmic Pract.* 1986; 4: 66-69.
42. Nagy Z., Takacs A., Filkorn T., Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg.* 2009; 25(12): 1053-1560, doi: 10.3928/1081597X-20091117-04
43. Nayak B.K., Shukla R.O. Effect on corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: fortified balanced salt solution versus Ringer lactate. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(9): 1552-1558, doi: 10.1016/j.jcrs.2012.04.036
44. Packer M., Fine I.H., Hoffman R.S., Piers P.A. Prospective randomized trial of an anterior surface modified prolate intraocular lens. *J Refract Surg.* 2002; 18(6): 692-696, doi: 10.3928/1081-597X-20021101-05
45. Por Y.M., Lavin M.J. Techniques of intraocular lens suspension in the absence of capsular/zonular support. *Surv Ophthalmol.* 2005; 50(5): 429-462. doi: 10.1016/j.survophthal.2005.06.010
46. Sanders D.R., Sanders M.L. Visual performance results after Tetraflex accommodating intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2007; 114(9): 1679-1684, doi: 10.1016/j.ophtha.2006.12.017
47. Shearing S.P. Evolution of the posterior chamber intraocular lens. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1984; 10(3): 343-346, doi: 10.1016/s0146-2776(84)80010-5
48. Simcoe C.W. Simcoe posterior chamber lens: theory, techniques and results. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1981; 7(2): 154-157, doi: 10.1016/s0146-2776(81)80064-x
49. Stegmann R., Miller D. Extracapsular cataract extraction with hyaluronate sodium. *Ann Ophthalmol.* 1982; 14(9): 813-815.
50. Teichmann K.D., Teichmann I.A. Haptic design for continuous-loop, scleral fixation of posterior chamber lens. *J Cataract Refract Surg.* 1998; 24(7): 889, doi: 10.1016/s0886-3350(98)80038-2

Historical aspects of phaco-surgery. Part 2

Yusef Y. N.

Doctor of Medicine, professor, Director
ORCID: 0000-0003-4043-456X

Alkharki L.

MD, PhD
ORCID: 0000-0001-6791-4219

Al-Mahdar Y. M.

MD, Ophthalmologist
ORCID: 0000-0002-3038-9075

M. M. Krasnov Eye Diseases Research Institute, Moscow, Russian Federation

Corresponding Author: Al-Mahdar Yamen Muhi-Alddin; **e-mail:** almahdar_yamen@mail.ru

Conflict of interest. None declared.

Funding. The study had no sponsorship.

Abstract

Cataract surgery is one of the oldest operations described in medical literature. Although numerous articles on this topic have been published over time, we will highlight key moments in the long history of cataract surgery. In our historical overview, we discovered fascinating details that influence modern trends in phaco surgery. The progress achieved in this field is remarkable. The earliest procedures were performed using primitive instruments, but today, advanced phacoemulsification techniques combined with femtosecond laser technology deliver excellent outcomes, restoring vision to our patients.

Keywords: eye, cataract, extracapsular extraction, intraocular lenses, phacoemulsification, femtosecond laser

References

1. Avetisov S.E., Ambartsumian A.R., Avetisov K.S. Diagnosticheskie vozmozhnosti ul'trazvukovoj biomikroskopii v fakohirurgii. [Diagnostic capabilities of ultrasound biomicroscopy in phaco surgery.] *Vestnik Oftalmologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2013; 129(5): 32-42. (In Russ.)
2. Avetisov S.E., Mamikonian V.R., Iusef Iu.N., Iusef S.N., Ivanov M.N., Avetisov K.S. Gibridnaya fakoemul'sifikaciya: novyj etap v sovershenstvovanii hirurgii katarakty (?) [Hybrid phacoemulsification: a new stage in the improvement of cataract surgery (?).] *Vestnik Oftalmologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2014; 130(2): 4-7. (In Russ.)
3. Alekseev B.N. Intrakapsulyarnaya implantaciya iskusstvennogo hrustalika. [Intracapsular implantation of an artificial lens.] *Vestnik Oftalmologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 1976; (5): 31-36. (In Russ.)
4. Voronin G.V., Mamikonian V.R., Sheludchenko V.M., Narbut M.N. Klinicheskie rezul'taty korrekcii afakii mul'tifokal'nymi intraokulyarnymi linzami. [Clinical results of aphakia correction with multifocal intraocular lenses.] *Vestnik Oftalmologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2017; 133(1): 37-41, doi: 10.17116/oftalma2017133137-41 (In Russ.)
5. Voronin G.V., Mashkova N.A. Pervyj opyt primeneniya intraokulyarnoj linzy s fiksaciej k raduzhke u bol'nyh s otkrytoougol'noj glaukomoj. [The First Experience of Iris-fixed Intraocular Lens Implantation in Patients with Open-Angle Glaucoma.] *Vestnik Oftalmologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2012; 128(6): 38-40. (In Russ.)
6. Krasnov M.M. Ekstrakapsulyarnaya ekstrakciya katarakty i ee perspektivy. [Extracapsular cataract extraction and its prospects.] *Vestnik Oftalmologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 1977; (1): 3-8. (In Russ.)
7. Krasnov M.M., Akopyan V.S. Ispol'zovanie lazernoj kapsulofakopunktury pri lechenii «myagkoj katarakty». [The use of laser capsule acupuncture in the treatment of «soft cataracts».] *Vestnik Oftalmologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 1976; (1): 22-25.
8. Krasnov M.M., Bocharov V.E., Dvali M.L. Fakoemul'sifikaciya katarakty s implantaciej iskusstvennogo hrustalika. [Phacoemulsification of a cataract with implantation of an artificial lenes.] *Vestnik oftal'mologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 1975; 91(5): 29-32. (In Russ.)
9. Krasnov M.M., Dvali M.L., Polunin G.S., Ivanov M.N., Fedorov A.A., Shramko I.A. Effektivnost' primeneniya proteoliticheskikh fermentov pri ekstrakapsulyarnoj ekstrakcii katarakty. [The effectiveness of proteolytic enzymes in extracapsular cataract extraction.] *Vestnik oftal'mologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 1990; (5): 8-12. (In Russ.)
10. Krasnov M.M., Kasparov A.A., Mamikonyan V.R., Yousef Yu.N., Vvedensky A.S., Yusef S.N. Modifikaciya operacii fakoemul'sifikacii pri podvyvihe hrustalika. [A new modified phacoemulsification operation in lenticular subluxation.] *Vestnik oftal'mologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2000; 116(1): 10-12. (In Russ.)
11. Kumar V., Dushin N.V. Implantaciya intraokulyarnoj linzy Iris-claw IOL pri oslozhnennyh formah afakii. [Implantation of intraocular lens «Iris-claw» in complicated forms of aphakia.] *Klinicheskaja oftal'mologiya [Russian Journal of Clinical Ophthalmology]* 2002; 3(4): 158-161. (In Russ.)
12. Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu., Antonov E.A., Konovalova M.M. Rezul'taty bilateral'noj implantacii trifokal'noj intraokulyarnoj linzy i intraokulyarnoj linzy s rasshirennoj glubinoj fokusa. [Outcomes of bilateral implantation of trifocal and extended depth of focus IOLs.] *Vestnik oftal'mologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2022; 138(5): 30-38, doi: 10.17116/oftalma202213805130 (In Russ.)
13. Pershin K.B., Pashinova N.F., Cygankov A.Yu., Legkih S.L. Fakoemul'sifikaciya s implantaciej IOL pri ekstremal'no vysokoj miopii. [Phacoemulsification with IOL Implantation in Extremely High Myopia.] *Kataraktal'naya i refrakcionnaya hirurgiya [Cataract and Refractive Surgery]* 2015; 15(3): 14-21. (In Russ.)
14. Yousef S.N., Yousef Iu.N., Ivanov M.N. Nekotorye osobennosti fakoemul'sifikacii pri podvyvihe hrustalika. [Some features of phacoemulsification in lens subluxation.] *Vestnik oftal'mologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2013; 129(3): 12-15. (In Russ.)
15. Yousef Y.N., Yousef S.N., Vvedenskiy A.S., Avetisov K.S., Alkharki L. Femtolazernaya fakoemul'sifikaciya perezreloj katarakty. [Femtosecond Laser-Assisted Facoemulsification of Hypermature Cataract.] *Oftal'mologiya [Ophthalmology in Russia]* 2020; 17(S3): 592-596, doi: 10.18008/1816-5095-2020-3S-592-596 (In Russ.)

16. Yousef Yu.N., Yousef S.N., Vvedenskiy A.S., Ivanov M.N., Alkhumidi K., Dudieva F.K. Femtolazernaya fakoemul'sifikatsiya perezreloj katarakty u bol'nyh s podvyvihom hrustalika. [Femtosecond laser-assisted phacoemulsification of hypermature cataract in patients with lens subluxation.] *Vestnik oftal'mologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2021; 137(5-2): 209-216, doi: 10.17116/oftalma2021137052209 (In Russ.)
17. Yousef Yu.N., Yousef S.N., Reznikova E.V., Vvedenskiy A.S. Hirurgiya katarakty u pacientov s vysokoj blizorukost'yu. [Cataract surgery in patients with high myopia.] *Vestnik oftal'mologii [Russian Annals of Ophthalmology]* 2005; 121(6): 47-49. (In Russ.)
18. Agarwal A., Kumar D.A., Jacob S., Baid C., Agarwal A., Srinivasan S. Fibrin glue-assisted sutureless posterior chamber intraocular lens implantation in eyes with deficient posterior capsules. *J Cataract Refract Surg.* 2008; 34(9): 1433-1438, doi: 10.1016/j.jcrs.2008.04.040
19. Arkin M.S., Steinert R.F. Sutured posterior chamber intraocular lenses. *Int Ophthalmol Clin.* 1994; 34(3): 67-85, doi: 10.1097/00004397-199403430-00009
20. Ascaso F.J., Huerv V. The History of Cataract Surgery. 2013. InTech, doi: 10.5772/19243
21. Bellan L. The Evolution of Cataract Surgery: The Most Common Eye Procedure in Older Adults. *Medscape, Geriatrics and Aging* 2008; 11(6): 328-332.
22. Christakis P.G., Braga-Mele R.M. Intraoperative performance and postoperative outcome comparison of longitudinal, torsional, and transversal phacoemulsification machines. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(2): 234-41, doi: 10.1016/j.jcrs.2011.08.035
23. Davison J.A. Cumulative tip travel and implied followability of longitudinal and torsional phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2008; 34(6): 986-990, doi: 10.1016/j.jcrs.2008.02.029
24. Davison J.A. Ultrasonic power reduction during phacoemulsification using adjunctive NeoSoniX technology. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31(5): 1015-1019, doi: 10.1016/j.jcrs.2004.09.025
25. DeMill D.L., Zaugg B.E., Pettey J.H., Jensen J.D., Jardine G.J., Wong G., Olson R.J. Objective comparison of 4 nonlongitudinal ultrasound modalities regarding efficiency and chatter. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(6): 1065-1071, doi: 10.1016/j.jcrs.2011.12.040
26. Donaldson K.E., Braga-Mele R., Cabot F., Davidson R., Dhaliwal D.K., Hamilton R., Jackson M., Patterson L., Stonecipher K., Yoo S.H.; ASCRS Refractive Cataract Surgery Subcommittee. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2013; 39(11): 1753-1763, doi: 10.1016/j.jcrs.2013.09.002
27. Faulkner G.D. Early experience with STAAR silicone elastic lens implants. *J Cataract Refract Surg.* 1986; 12(1): 36-39, doi: 10.1016/s0886-3350(86)80053-0
28. Fechner P.U. Preparation of 2% hydroxypropyl methylcellulose for viscous surgery. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1985; 11(6): 606-607, doi: 10.1016/s0146-2776(85)80150-6
29. Fine I.H., Packer M., Hoffman R.S. New phacoemulsification technologies. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28(6): 1054-1060, doi: 10.1016/s0886-3350(02)01399-8
30. Gills J.P., Sanders D.R. Use of small incisions to control induced astigmatism and inflammation following cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1991; 17 Suppl: 740-744, doi: 10.1016/s0886-3350(13)80695-5
31. Gimbel H.V., Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. *J Cataract Refract Surg.* 1990; 16(1): 31-37, doi: 10.1016/s0886-3350(13)80870-x
32. Gimbel H.V., Sun R., Ferensowicz M., Anderson Penno E., Kamal A. Intraoperative management of posterior capsule tears in phacoemulsification and intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2001; 108(12): 2186-2189; discussion 2190-2192, doi: 10.1016/s0161-6420(01)00716-3
33. Hoffman R.S., Fine I.H., Packer M., Brown L.K. Comparison of sonic and ultrasonic phacoemulsification using the Staar Sonic Wave system. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28(9): 1581-1584, doi: 10.1016/s0886-3350(01)01324-4
34. Kelman C.D. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol.* 1967; 64(1): 23-35.

35. Kelman C.D. Phaco-emulsification and aspiration. A report of 500 consecutive cases. *Am J Ophthalmol.* 1973; 75(5): 764-768, doi: 10.1016/0002-9394(73)90878-7
36. Khurana A.K. Comprehensive Ophthalmology, 4th Ed. 2007. New Age International (P) Ltd. Publishers.
37. Kohnen T. Compromised corneal endothelium and cataract: how should we decide? *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37(8): 1377-1378, doi: 10.1016/j.jcrs.2011.06.013
38. Maggi R., Maggi C. Sutureless scleral fixation of intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 1997; 23(9): 1289-1294, doi: 10.1016/s0886-3350(97)80104-6
39. Malbran E.S., Malbran E. Jr., Negri I. Lens guide suture for transport and fixation in secondary IOL implantation after intracapsular extraction. *Int Ophthalmol.* 1986; 9(2-3): 151-160, doi: 10.1007/BF00159844.
40. Maloney W.F., Shapiro D.R. Universal small incision for cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1991; 17 Suppl: 702-705, doi: 10.1016/s0886-3350(13)80686-4
41. Mazzocco T. Silicone compressible elastic implant lenses. *Current Can. Ophthalmic Pract.* 1986; 4: 66-69.
42. Nagy Z., Takacs A., Filkorn T., Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg.* 2009; 25(12): 1053-1060, doi: 10.3928/1081597X-20091117-04
43. Nayak B.K., Shukla R.O. Effect on corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: fortified balanced salt solution versus Ringer lactate. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38(9): 1552-1558, doi: 10.1016/j.jcrs.2012.04.036
44. Packer M., Fine I.H., Hoffman R.S., Piers P.A. Prospective randomized trial of an anterior surface modified prolate intraocular lens. *J Refract Surg.* 2002; 18(6): 692-696, doi: 10.3928/1081-597X-20021101-05
45. Por Y.M., Lavin M.J. Techniques of intraocular lens suspension in the absence of capsular/zonular support. *Surv Ophthalmol.* 2005; 50(5): 429-462, doi: 10.1016/j.survophthal.2005.06.010
46. Sanders D.R., Sanders M.L. Visual performance results after Tetraflex accommodating intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2007; 114(9): 1679-1684, doi: 10.1016/j.ophtha.2006.12.017
47. Shearing S.P. Evolution of the posterior chamber intraocular lens. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1984; 10(3): 343-346, doi: 10.1016/s0146-2776(84)80010-5
48. Simcoe C.W. Simcoe posterior chamber lens: theory, techniques and results. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1981; 7(2): 154-157, doi: 10.1016/s0146-2776(81)80064-x
49. Stegmann R, Miller D. Extracapsular cataract extraction with hyaluronate sodium. *Ann Ophthalmol.* 1982; 14(9): 813-815.
50. Teichmann K.D., Teichmann I.A. Haptic design for continuous-loop, scleral fixation of posterior chamber lens. *J Cataract Refract Surg.* 1998; 24(7): 889, doi: 10.1016/s0886-3350(98)80038-2