

19. Dewey S.H. Cortical removal simplified by J-cannula irrigation. J. Cataract Refract. Surg. 2002; (28): 11-14. (in English).
20. Fine I.H., Hoffman R.S., Packer M. New phacoemulsification technologies. J. Cataract Refract. Surg. 2002; 28(6): 1054-1060. (in English).
21. Nakano C.T. et al. Hurricane cortical aspiration technique: One-step continuous circular aspiration maneuver. J. Cataract Refract. Surg., 2014; 40(4): 514-516. (in English).
22. Patel C. et al. Incidence and risk factors for chronic uveitis following cataract surgery. Ocul. Immunol. Inflamm., 2013; (21): 130-134. (in English).
23. Gimbel H.V. et al. Intraoperative management of posterior capsule tears in phacoemulsification and intraocular lens implantation. Ophthalmology. 2001; (108): 2186-2189. (in English).
24. International Agency for the Prevention of Blindness (2015) International Agency for the Prevention of Blindness What is avoidable blindness—cataract. London: International Agency for the Prevention of Blindness (IAPB). Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs213/en/> (accessed January 30, 2018). (in English).
25. Kelman C.D. Phacoemulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. Am. J. Ophthalmol., 1967; 64(7): 23-35. (in English).
26. Lamoureux E.L. et al. The impact of cataract surgery on quality of life. Curr. Opin. Ophthalmol., 2011; 22(1): 19-27. (in English).
27. Nayak B., Shukla R. Effect on corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: fortified balanced salt solution versus ringer lactate. J. Cataract Refract. Surg., 2012; (38): 1552-1558. (in English).
28. Prakash G., Kumar A., Purohit A. Unusual case of residual cortical lens matter in anterior chamber. Br. J. Ophthalmol., 2003; 87(11): 1421. (in English).
29. Hatch W.V. et al. Risk factors for acute endophthalmitis after cataract surgery: a population-based study. Ophthalmology, 2009; (116): 425-430. (in English).
30. Hayashi K. et al. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. J. Cataract Refract. Surg., 1996; 22(8): 1079-1084. (in English).
31. Peng Q. et al. Surgical prevention of posterior capsule opacification. Part 3: intraocular lens optic barrier effect as a second line of defense. J. Cataract Refract. Surg., 2000; 26(2): 198-213. (in English).
32. Thanigasalam T., Sahoo S., Ali M.M. Posterior Capsule Rupture With/Without Vitreous Loss During Phacoemulsification in a Hospital in Malaysia. Asia Pac. J. Ophthalmol., 2015; (4): 166-170. (in English).
33. Shimada Y. et al. Transparent irrigation cannula for bimanual lens cortex removal. J. Cataract Refract. Surg., 2002; (28): 221-223. (in English).

УДК 617.741-089.87

© Коллектив авторов, 2018

Б.М. Азнабаев<sup>1</sup>, Т.И. Дибаяев<sup>1,2</sup>, Р.Г. Мухаметов<sup>1,2</sup>, Г.М. Идрисова<sup>1</sup>  
**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ РАЗРУШЕНИЮ  
 ХРУСТАЛИКА ПРИ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»

Минздрава России, г. Уфа

<sup>2</sup>ЗАО «Оптимедсервис», г. Уфа

Одной из главных проблем ультразвуковой факоемульсификации катаракты является повреждение эндотелиальных клеток и ожог тоннельного разреза роговицы. По этой причине различными исследователями ранее разрабатывались и продолжают разрабатываться альтернативные методики разрушения хрусталика, направленные на уменьшение недостатков ультразвука. Представленный обзор отечественной и зарубежной литературы посвящен современным технологическим решениям, которые разработаны с целью снижения дозы ультразвукового воздействия при факоемульсификации катаракты.

**Ключевые слова:** катаракта, факоемульсификация, вакуум-пульсация.

B.M. Aznabaev, T.I. Dibaev, R.G. Mukhametov, G.M. Idrisova  
**MODERN APPROACHES TO ENERGETICAL CATARACT DISRUPTION  
 IN PHACOEMULSIFICATION**

One of the main problems of ultrasonic phacoemulsification of cataract is damage of endothelial cells and a burn of the corneal incision. Various researchers have previously developed and continue to develop alternative methods of lens destruction to devoid imperfections of ultrasound. The presented review of domestic and foreign literature is devoted to modern technological solutions that allow to reduce the dose of ultrasound exposure during phacoemulsification of cataract.

**Key words:** cataract, phacoemulsification, vacuum pulsation.

Катаракта является одной из основных причин обратимой слепоты и слабовидения во всем мире [3]. Общеизвестным является тот факт, что удаление мутного хрусталика является единственным эффективным способом лечения данного заболевания [1].

На сегодняшний день в большинстве случаев удаление хрусталика проводят через самогерметизирующийся разрез практически atraumatically. Наиболее отработанной с кли-

нической и технологической точки зрения является ультразвуковая факоемульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ [1,2].

Одной из главных проблем ультразвуковой факоемульсификации катаракты является повреждение эндотелия роговицы [30]. Эндотелий обладает сниженной способностью к восполнению потерянных клеточных элементов, их замещение происходит медленно за счет гипертрофии и миграции клеток

[7,23,24,30]. К основным факторам, приводящим к потере эндотелиальных клеток при ультразвуковой факоэмульсификации, относят: длительное воздействие ультразвука (УЗ) на интраокулярные структуры [17,28,30], контакт эндотелия с хрусталиковыми массами [24], воздействие потоком ирригационной жидкости [26], возникновение свободных радикалов [20]. Другим отрицательным эффектом ультразвуковой факоэмульсификации является нагрев тоннельного разреза. Термический ожог тоннельного разреза роговицы является серьезным осложнением факоэмульсификации, ведущим к нарушению герметизации раны, повреждению эндотелия и, как следствие, длительной послеоперационной реабилитации пациента [29].

Методика ультразвуковой факоэмульсификации за всю историю своего существования претерпела ряд изменений, направленных на снижение негативного воздействия УЗ. На истоках ее развития все действия с использованием УЗ проводились в передней камере, рядом с эндотелием, что закономерно приводило к значительной потере эндотелиальных клеток и частым осложнениям [1]. В дальнейшем были предложены техники факоэмульсификации в плоскости зрачка или задней камере. В 80-х годах XX века был изобретен капсулорексис, а с целью удаления ядра из капсульной сумки были предложены различные техники интракапсулярной фрагментации хрусталика [12,19,27]. Созданы различные режимы работы УЗ, которые увеличили эффективность ультразвуковой факоэмульсификации [18]. Дальнейшим этапом стала разработка продольного УЗ, позволяющего разрушать хрусталик при помощи колебаний факоиглы, вектор которых перпендикулярен ее продольной оси, что позволило еще больше увеличить эффективность ультразвукового воздействия, улучшить удерживаемость фрагментов хрусталика, снизить степень нагрева в области тоннельного разреза [2,9,10,11].

Различными исследователями ранее разрабатывались и продолжают разрабатываться альтернативные методики разрушения хрусталика. Разработчиками зарубежных компаний Staar и Alcon Inc. предпринимались попытки создать системы факоэмульсификации на основе колебаний в звуковом диапазоне. Преимуществом этих систем являлось отсутствие нагрева тоннельного разреза роговицы [15]. Но широкого распространения этот подход не получил из-за низкой эффективности при факоэмульсификации катаракт высокой плотности [13].

Другой альтернативной методикой факоэмульсификации стала гидромониторная факоэмульсификация, которая предусматривает разрушение хрусталика струей сбалансированного солевого раствора, подаваемой под высоким давлением, порциями с высокой частотой. В исследовании Н.Э. Темирова с соавт. сравнивалось влияние ультразвуковой и гидромониторной факоэмульсификаций на состояние роговицы и макулы. Исследование показало, что при использовании гидромониторной факоэмульсификации в ранние сроки после операции показатели потерь эндотелиальных клеток как и толщины сетчатки в макулярной области были меньше, чем в группе контроля [6]. Это свидетельствует в пользу безопасности данной методики, но ввиду ее низкой эффективности при факоэмульсификации катаракт высокой плотности широкого распространения она не получила [13].

Отечественными учеными под руководством В.Г. Копаевой была разработана методика лазерной экстракции катаракты, в которой в качестве разрушающего агента выступает ИАГ-лазер или гелий-неоновый лазер [4]. Лазерное излучение безопасного для интраокулярных структур диапазона (1,4-1,8 мкм) интересно с точки зрения применения в офтальмологии из-за высокого значения коэффициента поглощения излучения этого диапазона в средах с высоким содержанием воды. Преимуществом данной методики факоэмульсификации является отсутствие нагрева тоннельного разреза роговицы и безопасность лазерного излучения для интраокулярных структур. К недостаткам стоит отнести возможные трудности при факоэмульсификации катаракт высокой плотности.

S. Modl, E. Ruf и G. Sauder предложили разработку, также основанную на излучении ИАГ-лазера, представляющую собой лазерный излучатель внутри полого стержня, который может быть присоединен к аспирационной системе факоэмульсификаторов различных производителей. За счет излучения лазера в устье аспирационного отверстия наконечника создается плазма, ударная волна от которой в свою очередь разрушает хрусталиковые массы. Преимуществами данной технологии являются отсутствие нагрева и сниженное травмирующее воздействие на эндотелий. К недостаткам разработчики относят более высокий расход ирригационной жидкости, более сложную технику факоэмульсификации и, как следствие, увеличение времени операции [25].

С целью облегчить формирование тоннельного разреза, капсулорексиса и фрагмен-

тирования хрусталика, а также для снижения длительности ультразвукового воздействия в офтальмохирургии применяются фемтосекундные лазеры. Данная технология значительно облегчает проведение операции и уменьшает время воздействия ультразвука за счет того, что лазерное воздействие заранее запрограммировано и позволяет сверхточно выполнять роговичный разрез, капсулорексис, дозированную фрагментацию мутного хрусталика [8]. Однако повсеместному применению этих лазеров мешает высокая стоимость как самой аппаратуры, так и расходных материалов к ней. К тому же фемтолазерная факоэмульсификация не освобождает хирурга от необходимости использовать ультразвук полностью [5,14,16].

Следует отметить, что при проведении факоэмульсификации катаракты с применением фемтосекундного лазера возможно развитие специфических осложнений, таких как: потеря вакуума при фемтофрагментации ядра хрусталика, формировании капсулорексиса и разрезов роговицы; миоз, вызванный быстрым высвобождением простагландинов в ответ на лазерное воздействие со стороны интраокулярных структур, главным образом со стороны радужной оболочки; синдром капсулярного блока, возникающий в результате большого объема гидродиссекции без освобождения пузырьков газа, скопившихся при предшествовавшем этапе фемтофрагментации [21].

Еще одной методикой, призванной заменить ультразвук, является технология Catapult Med-Logics. Установка Catapult создает в аспирационной линии колебания вакуума, частота и амплитуда которых устанавливается хирургом [22]. Вещество хрусталика, устремляясь вместе с аспирационными потоками к факонконечнику, ударяется об него, вследствие чего происходит факофрагментация. Одним из главных преимуществ данной технологии является отсутствие дви-

жущихся частей в рабочем инструменте факоэмульсификатора, вследствие чего отсутствует теплообразование. Ввиду отсутствия необходимости охлаждения факонконечника и отсутствия ирригационного рукава размер роговичного разреза при факоэмульсификации по технологии Catapult составляет 1,4 мм. В цикле вакуум-пульсации давление в аспирационной линии всегда остается отрицательным, а значит, отсутствуют эффекты отталкивания фрагментов хрусталика. Так как технология Catapult не предусматривает использование ультразвуковой энергии, поэтому отсутствуют побочные эффекты с ней связанные. В сравнительном исследовании эффективности и безопасности методики систем Catapult Med-Logics и Infiniti Vision System Alcon Inc. в сочетании с фемтолазерной факофрагментацией было показано, что использование системы Catapult Med-Logics является надежной и безопасной методикой факоэмульсификации [23]. Однако публикаций об эффективности факоэмульсификации на основе вакуумной пульсации в случае катаракт высокой плотности и без фемтолазерного сопровождения в доступной литературе не встречается.

#### **Заключение**

Таким образом, на сегодняшний день большинство медико-технических решений, призванных полностью заменить ультразвук при факоэмульсификации катаракты, имеют существенное ограничение – недостаточную разрушающую способность, что в конечном итоге выливается в неспособность фрагментировать катаракты высокой плотности. В свете вышесказанного актуальной представляется разработка офтальмохирургической системы на основе вакуумной микропульсации и ультразвуковых колебаний, позволяющих снизить количество ультразвуковой энергии, затраченной на разрушение хрусталиковых масс.

#### *Сведения об авторах статьи:*

**Азнабаев Булат Маратович** – д.м.н., профессор, зав. кафедрой офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел./факс: 8(347)275-97-65.

**Дибяев Тагир Ильдарович** – к.м.н., ассистент кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, врач-офтальмолог ЗАО «Оптимедсервис». Адрес: 450059, г. Уфа, ул. 50 лет СССР, 8. Тел/факс: 8(347)277-60-60. E-mail: office@optimed-ufa.ru.

**Мухаметов Руслан Геннадьевич** – заочный аспирант кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, врач-офтальмолог ЗАО «Оптимедсервис» г. Октябрьский. Адрес: 452614, г. Октябрьский, ул. Губкина, 9. Тел/факс 8(34767)53908. E-mail: afentaniil@rambler.ru.

**Идрисова Гульназ Маратовна** – ассистент кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел./факс: 8(347)275-97-65. E-mail: idguma@mail.ru.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Азнабаев, Б.М. Ультразвуковая хирургия катаракты – факоэмульсификация / Б.М. Азнабаев. – М.: Август Борг, 2005. – 136 с.
2. Азнабаев, Б.М. Ультразвуковая факоэмульсификация на основе непродольных колебаний / Б.М. Азнабаев, Т.Р. Мухамедеев, Т.И. Дибяев // Медицинский вестник Башкортостана. – 2012. – Т. 7, № 6. – С. 103-107.
3. Кобзова, М.В. Современные подходы к оценке анатомо-функционального состояния роговицы в хирургии катаракты: автореф. дис. ... канд. мед.наук. – М., 2010. – 24 с.

4. Кобаев, С.Ю. Лазерная энергия в хирургии катаракты / С.Ю. Кобаев, Б.Э. Малюгин, В.Г. Кобаева // Точка зрения Восток – Запад. – 2016. – № 1. – С. 59-61.
5. Костенев, С.В. Фемтосекундная лазерная офтальмохирургия – вектор развития – катарактальная хирургия / С.В. Костенев // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 12, № 3. – С. 112-114.
6. Темиров, Н.Э. Сравнительная оценка влияния гидромониторной и ультразвуковой факэмульсификаций на послеоперационное состояние роговицы и макулярных отделов сетчатки / Н.Э. Темиров, П.Б. Вакарев // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2012: сб. науч. работ. – М., 2012. – С. 147-151.
7. Явишева, Т.М. Некоторые закономерности организации эндотелиального пласта роговицы человека в норме и патологии / Т.М. Явишева, А.С. Ягубов, А.А. Ногинов // Архив патологии. – 1994. – Т. 56, № 3. – С. 72-76.
8. Abell, R.G. Femtosecond laser – assisted cataract surgery compared with conventional cataract surgery / R.G. Abell, N.M. Kerr, B.J. Vote // Clin. Experiment. Ophthalmol. – 2013. – Vol. 41. – P. 455-462.
9. Assil, K. Randomized comparison of a Transversal Ultrasound vs. a Torsional Handpiece in Phacoemulsification: A Contralaterally-Controlled Trial / K. Assil, W. Christian, L. Harris // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2012. – Vol. 53. – P. 6635.
10. Assil, K. Transverse vs torsional ultrasound: prospective randomized contralaterally controlled study comparing two phacoemulsification-system handpieces / K. Assil, L. Harris, J. Cecka // Clinical Ophthalmology. – 2015. – Vol. 9. – P.1405-1411.
11. Christakis, P.G. Intraoperative performance and postoperative outcome of longitudinal, torsional and transversal phacoemulsification machines / P.G. Christakis, R.M. Braga-Mele // J. Cataract Refract. Surg. – 2012. – Vol. 38. – P. 234-241.
12. Comparison of phaco-chop, divide-and-conquer, and stop-and-chop phaco techniques in microincision coaxial cataract surgery / J. Park [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. – 2013. – Vol. 39. – P. 1463-1469.
13. Comparison of the effect of AquaLase and NeoSoniX phacoemulsification on the corneal endothelium / N. Jirásková [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. – 2008. – Vol. 34. – № 3. – P. 377-382.
14. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery / Z.Z. Nagy [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. – 2014. – Vol. 40. – P. 20-28.
15. Davison, J.A. Ultrasonic power reduction during phacoemulsification using adjunctive NeoSoniX technology / J.A. Davison // J. Cataract Refract. Surg. – 2005. – Vol. 31. – P. 1015-1019.
16. Donnenfeld E.D. Techniques to improve phaco after laser cataract surgery / E.D. Donnenfeld // J. Cataract Refract. Surg. Today. – 2013. – № 3. – P. 57-59.
17. Effect of ultrasound on the corneal endothelium: I. The Acute lesion // L.E. Olson [et al.] // Br. J. Ophthalmol. – 1978. – Vol. 62. – P. 134-144.
18. Fine, I.H. Power modulations in new phacoemulsification technology: Improved outcomes / I.H. Fine, R.S. Hoffman, M. Packer // J. Cataract Refract. Surg. – 2004. – Vol. 30. – № 5. – P. 1014-1019.
19. Gimbell, H.V. Divide and conquer nucleofractis phacoemulsification: development and variations / H.V. Gimbell // J. Cataract Refract. Surg. – 1991. – Vol. 17. – P. 281-291.
20. Hydroxyl free radical production during torsional phacoemulsification / S.D. Aust [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. – 2010. – Vol. 36. – P. 2146-2149.
21. Lubahn, J.G. Grid pattern delivered to the cornea during femtosecond laser-assisted cataract surgery / J.G. Lubahn, V.P. Kankariya, S.H. Yoo // J. Cataract Refract. Surg. – 2014. – Vol. 40. – P. 496-497.
22. Med-logics, Inc. [электронный ресурс]. – URL: <http://www.logics.com/cataract/catapulse>. – (дата обращения: 03.07.2017).
23. Mendez, A. Comparison of Effective Phacoemulsification and Pulsed Vacuum Time for Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery [Электронный ресурс] / A. Mendez, A.O. Manriquez // ASCRS Cornea Congress. San Diego, 2015. – URL: <https://ascrs.confex.com/ascrs/15am/webprogram/Paper18055.html> (дата обращения: 30.06.2018).
24. Miyata, K. Corneal endothelial cell protection during phacoemulsification: low- versus highmolecularweight sodium hyaluronate // K. Miyata, S. Maruoka, M. Nakahara // J. Cataract Refract. Surg. – 2002. – Vol. 28. – P. 1557-1560.
25. Modl, S. Nano-laser photophragmentation / S. Modl, E. Ruf, G. Sauder // J. Cutting Edge of Ophthalmic Surgery. – 2017. – P. 89-91.
26. Nayak, B. Effect on corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: fortified balanced salt solution versus ringer lactate / B. Nayak, R. Shukla // J. Cataract Refract. Surg. – 2012. – Vol. 38. – P. 1552-1558.
27. Shepherd, J.R. In situ fracture / J.R. Shepherd // J. Cataract Refract Surg. – 1990. – Vol. 16. – P.436-440.
28. The corneal endothelium: normal and pathologic structure and function / G.O. Waring [et al.] // Ophthalmology. – 1982. – Vol. 89. – P.531-590.
29. Ultrasound-induced corneal incision contracture survey in the United States and Canada / T. Sorensen [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. – 2012. – Vol. 38. – P. 227-233.
30. Werblin, T.P. Long-term endothelial cell loss following phacoemulsification: model for evaluating endothelial damage after intraocular surgery / T.P. Werblin // Refract. Corneal Surg. – 1993. – Vol. 9. – P. 29-35.

## REFERENCES

1. Aznabaev B.M. Ul'trazvukovaya khirurgiya katarakty – fakoemul'sifikatsiya [Ultrasonic cataract surgery – phacoemulsification]. Moscow, August Borg, 2016: 144. (in Russ.).
2. Aznabaev B.M., Mukhamedeev T.R., Dibaev T.I. Ultrasonic phacoemulsification based on non-longitudinal oscillations. Bashkortostan Medical Journal. 2012; 7(6): 103-107. (in Russ.).
3. Kobzova, M.V. Sovremennyye podkhody k otsenke anatomo-funktsional'nogo sostoyaniya rogovitsy v khirurgii katarakty: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. [Modern approaches to the assessment of anatomical and functional state of the cornea in cataract surgery: abstr. dis.... cand. med. sciences]. Moscow, 2010: 24. (in Russ.).
4. Кобаев, С.Ю., Малюгин В.Е., Кобаева В.Г. Лазерная энергия в хирургии катаракты [Laser energy in cataract surgery]. Tochka zreniya Vostok-Zapad [Point of view East-West], Ufa, 2016; (1): 59-61. (in Russ.).
5. Kostenev, S.V. Femtosekundnaya lazernaya oftal'mokhirurgiya – vektor razvitiya – kataraktal'naya khirurgiya [Femtosecond laser ophthalmic surgery – the vector of development of cataract surgery]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies], 2012; 12(3): 112-114. (in Russ.).
6. Temirov N.E., Vakarev P.B. Sravnitel'naya otsenka vliyaniya gidromonitorno i ul'trazvukovoi fakoemul'sifikatsii na posleoperatsionnoe sostoyanie rogovitsy i makulyarnykh otdelov setchatki [Comparative assessment of the impact of a water jet and ultrasound phacoemulsification on postoperative condition of cornea and macular regions of the retina]. Sovremennyye tekhnologii kataraktal'noi i refraktsionnoi khirurgii – 2012: sb. nauch. Rabot [Modern technologies in cataract and refractive surgery – 2012: scientific collection. Works]. Moscow, 2012: 147-151. (in Russ.).
7. Yavisheva T.M., Yagubov A.S., Noginov A.A. Nekotorye zakonomernosti organizatsii endotelial'nogo plasta rogovitsy cheloveka v norme i patologii [Some regularities of the organization of the endothelial layer of the cornea in norm and pathology] Arkhiv patologii [Archives of pathology], 1994; 56(3): 72-76. (in Russ.).
8. Abell R.G., Kerr N.M., Vote B.J. Femtosecond laser – assisted cataract surgery compared with conventional cataract surgery. Clin. Experiment. Ophthalmol., 2013; 41: 455-462. (in English).
9. Assil K., Christian W., Harris L. Randomized comparison of a Transversal Ultrasound vs. a Torsional Handpiece in Phacoemulsification: A Contralaterally-Controlled Trial. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2012; 53: 6635. (in English).

10. Assil K., Harris L., Cecka J. Transverse vs torsional ultrasound: prospective randomized contralaterally controlled study comparing two phacoemulsification-system handpieces. *Clinical Ophthalmology*, 2015; 9: 1405-1411. (in English).
11. Christakis P.G., Braga-Mele R.M. Intraoperative performance and postoperative outcome of longitudinal, torsional and transversal phacoemulsification machines. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2012; 38: 234-241. (in English).
12. Park J. et al. Comparison of phaco-chop, divide-and-conquer, and stop-and-chop phaco techniques in microincision coaxial cataract surgery. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2013; 39: 1463-1469. (in English).
13. Jirásková N. et al. Comparison of the effect of AquaLase and NeoSonix phacoemulsification on the corneal endothelium. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2008; 34(3): 377-382. (in English).
14. Nagy Z. Z. et al. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2014; 40: 20-28. (in English).
15. Davison, J.A. Ultrasonic power reduction during phacoemulsification using adjunctive NeoSonix technology. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2005; 31: 1015-1019. (in English).
16. Donnenfeld E.D. Techniques to improve phaco after laser cataract surgery. *J. Cataract Refract. Surg. Today.*, 2013; (3): 57-59. (in English).
17. Olson L.E. et al. Effect of ultrasound on the corneal endothelium: I. The Acute lesion. *Br. J. Ophthalmol.*, 1978; 62: 134-144. (in English).
18. Fine I.H., Hoffman R.S., Packer M. Power modulations in new phacoemulsification technology: Improved outcomes. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2004; 30(5): 1014-1019. (in English).
19. Gimbell, H.V. Divide and conquer nucleofractis phacoemulsification: development and variations. *J. Cataract Refract. Surg.*, 1991; 17: 281-291. (in English).
20. Aust S.D. et al. Hydroxyl free radical production during torsional phacoemulsification. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2010; 36: 2146-2149. (in English).
21. Lubahn, J.G., Kankariya V.P., Yoo S.H. Grid pattern delivered to the cornea during femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2014; 40: 496-497. (in English).
22. Med-logics, Inc. Available at: <http://www.mlogics.com/cataract/catapulse>. (Accessed: 03.07.2017). (in English).
23. Mendez A., Manriquez A.O. Comparison of Effective Phacoemulsification and Pulsed Vacuum Time for Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery. ASCRS Cornea Congress. San Diego, 2015. Available at: <https://ascrs.confex.com/ascrs/15am/webprogram/Paper18055.html> (Accessed: 30.06.2018). (in English).
24. Miyata K., Maruoka S., Nakahara M. Corneal endothelial cell protection during phacoemulsification: low- versus highmolecular weight sodium hyaluronate. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2002; 28: 1557-1560. (in English).
25. Modl S., Ruf E., Sauder G. Nano-laser photophagmentation. *J. Cutting Edge of Ophthalmic Surgery.*, 2017: 89-91. (in English).
26. Nayak B., Shukla R. Effect on corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: fortified balanced salt solution versus ringer lactate. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2012; 38: 1552-1558. (in English).
27. Shepherd J.R. In situ fracture. *J. Cataract Refract Surg.* 1990; 16: 436-440. (in English).
28. Waring G.O. et al. The corneal endothelium: normal and pathologic structure and function. *Ophthalmology*, 1982; 89: 531-590. (in English).
29. Sorensen T. et al. Ultrasound-induced corneal incision contracture survey in the United States and Canada. *J. Cataract Refract. Surg.*, 2012; 38: 227-233. (in English).
30. Werblin T.P. Long-term endothelial cell loss following phacoemulsification: model for evaluating endothelial damage after intraocular surgery. *Refract. Corneal Surg.*, 1993; 9: 29-35. (in English).

УДК 617.753.2-056.7:[612.6.051:575.1

© Коллектив авторов, 2018

А.Е. Апрелев<sup>1</sup>, Н.П. Сетко<sup>1</sup>, А.М. Исеркепова<sup>1</sup>, Р.В. Коршунова<sup>1</sup>, И.А.А. Ясин<sup>2</sup>  
**СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ МИОПИИ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет»

Минздрава России, г. Оренбург

<sup>2</sup>Нейро-офтальмологическая клиника ООО «Нейрон», г. Оренбург

Миопия – одна из актуальнейших в настоящее время проблем в офтальмологии. Заболеваемость миопией в развитых странах неуклонно растет. Многочисленные исследования все больше подтверждают полиэтиологичность и патогенетическую сложность развития миопии. В последние десятилетия проводятся активные исследования для выявления генов, ассоциированных с миопией, результаты которых могут лечь в основу таргетной патогенетической терапии миопии. Каждый отдельный ген способен кодировать несколько фенотипических признаков. Исследование связи полиморфизма этих генов с развитием миопии позволит лучше понять молекулярную природу процесса эмметропизации глаза.

**Ключевые слова:** миопия, наследственность, коллаген, генетическая предрасположенность, гены.

A.E. Aprelev, N.P. Setko, A.M. Iserkepova, R.V. Korshunova, I.A.A. Yasin

**MODERN ASPECTS OF GENETIC ASSOCIATION OF MYOPIA**

Myopia is one of the most urgent current issues in ophthalmology. The incidence of myopia in developed countries is steadily increasing. Many works tend to confirm polyetiological and pathogenetic complexity of the development of myopia. In recent decades, extensive research are being conducted to identify genes associated with myopia, which can give impetus to the development of targeted pathogenetic therapy to prevent the development and progression of myopia. Every single gene can encode multiple phenotypic traits. Study of the relationship of polymorphism of these genes with the development of myopia will allow a better understanding of the molecular nature of the process of eye emmetropization.

**Key words:** myopia, heredity, collagen, genetic predisposition, genes.

Миопия – одна из актуальнейших в настоящее время проблем в офтальмологии. Она представляет собой вид клинической рефракции, при которой наблюдается относи-

тельная избыточность преломляющей силы глаза, в связи с этим главная фокусная точка находится перед сетчаткой, что обуславливает плохое зрение вдаль [8]. Наличием первичной