

Определение тактики хирургии катаракты на основании данных спектрофлуориметрического исследования хрусталика

В.В. Гарькавенко — канд. мед. наук, врач-офтальмолог¹

В.В. Салмин — д-р физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой медицинской и биологической физики²

В.И. Лазаренко — д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии с курсом ПО²

К.А. Шаповалов — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры медицинской и биологической физики²

¹ КГБУЗ «Красноярская краевая офтальмологическая клиническая больница им. профессора П.Г. Макарова», 660011, Красноярск, ул. Никитина, д. 1в

² ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет

им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого», 660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1

Цель работы — определить корреляцию значений индекса плотности хрусталика с дозой ультразвукового воздействия. **Материал и методы.** В группу исследования входили 60 пациентов (средний возраст — 76,4 года) с диагнозом «незрелая и зрелая возрастная катаракта». Проведено спектрофлуориметрическое исследование и регистрация индекса плотности хрусталика с последующей фактоэмульсификацией катаракты (ФЭК) и регистрацией кумулятивной дозы ультразвука. **Результаты.** Выявлена положительная корреляция плотности хрусталика с суммарной дозой ультразвукового воздействия. **Заключение.** УФ-индуцированная спектрофлуориметрия хрусталика может применяться как метод прогнозирования послеоперационных осложнений при проведении ультразвуковой ФЭК, а также для определения способа хирургии катаракты.

Ключевые слова: флуоресценция, катаракта, фактоэмульсификация.

Для цитирования: Гарькавенко В.В., Салмин В.В., Лазаренко В.И., Шаповалов К.А. Определение тактики хирургии катаракты на основании данных спектрофлуориметрического исследования хрусталика. Российский офтальмологический журнал. 2017; 10 (4): 16–9. doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-4-16-19.

Современная хирургия катаракты базируется на преимущественном использовании малотравматичных технологий малых разрезов. Однако в ряде случаев они не применимы, в частности при «бурой» катаракте. Хирургия катаракты методом фактоэмульсификации (ФЭК) является золотым стандартом в ее лечении [1]. Разрушение ядра хрусталика при «бурых» катарактах [2] может сопровождаться излишней хирургической травмой из-за длительности манипуляций и большой суммар-

ной энергии ультразвука, в результате чего вероятен риск развития буллезной кератопатии, и, как следствие, может потребоваться сквозная кератопластика [3, 4]. Социально-экономические условия в нашей стране обуславливают наличие большого количества пациентов с «бурой» катарактой, поскольку зачастую пациент не обращается к офтальмологу до тех пор, пока не ослепнет на оба глаза. Кроме того, вследствие развития стационарзамещающих технологий у пациентов растут требования к хирургии

катаракты: пациенты хотят видеть сразу после операции, без различных дополнительных инстилляций глазных капель и физиотерапевтических методов лечения. Во всех этих случаях у офтальмохирурга возникает дилемма: прибегнуть к хирургии больших разрезов или к ФЭК [5].

Однако объективных методов оценки степени помутнения и плотности помутневшего хрусталика не так много, несмотря на то, что это является ключевым моментом в выборе методики удаления катаракты. К известным методам определения состояния хрусталика относят ретроиллюминационное фотографирование, биомикротиндалеметрию, микроденситометрию фотонегативов оптических срезов, лазерное обследование с помощью волоконного оптического сенсора, флуоресцентную спектрографию, шаймпфлюг-фотографирование специальной камерой. SLS аналитическая система Carl-Zeiss-7082 позволяет создавать трехмерную модель хрусталика и определять его плотность методом проходящего света. Однако все методики основаны на субъективных показателях цвета хрусталика или скорости прохождения ультразвуковой волны. Прохождение света, острота зрения, биомикроскопия не позволяют в полной мере оценить состояние хрусталика и тем более выбрать правильную методику оперативного лечения. Главную роль в этом случае играет личный опыт хирурга.

Один из объективных методов оценки степени зрелости катаракты описан в работах D. Nixon, где с помощью системы Pentacam строилась трехмерная модель хрусталика, а также на основе денситометрии определялась его плотность. Используемая шкала градаций катаракты PNS содержит 6 уровней (0–5), так же, как и шкала LOCSIII [6, 7]. Продемонстрирована положительная корреляция между зрелостью катаракты и временем ультразвукового воздействия, а также количеством физиологического раствора, используемого для аспирации хрусталика, однако значение коэффициента корреляции не приводится, что не позволяет оценить точность прогноза указанных параметров.

Флуориметрия глаза — перспективная методика для исследований и диагностики в офтальмологии [8–10]. В настоящее время предложен ряд офтальмологических флуорофотометров для оценки флуоресценции тканей глаза. Одним из приложений флуоресцентных методов в офтальмологии является диагностика катаракты [11].

Как известно, соотношение основных флуорофоров хрусталика — триптофана, 3-гидрокси-L-кинурунин-О- β -гликозида (3-НKG), флавинов, аскорбиновой кислоты, НАДН, НАДФН, β -карболина, антраниловой кислоты и других изменяется при развитии катаракты [12, 13]. Помутнению хрусталика при катаракте способствуют как собственно денатурация и агрегация структурных белков, так и недостаточная функция хрусталико-

вых шаперонов или компонентов антиоксидантной системы. С учетом того, что работа последних во многом определяется биодоступностью пиридиновых и флавиновых нуклеотидов (НАДФН, ФАД), оценка спектра аутофлуоресценции хрусталика в диапазоне, соответствующем оптическим характеристикам этих эндогенных флуорофоров, является удобным методом скрининг-оценки состояния хрусталика. Флуоресцентная диагностика основана на регистрации флуоресценции эндо- и экзогенных флуорофоров. Исследование аутофлуоресценции хрусталика осуществляется путем возбуждения ее излучением длиной волны 340 нм. Это обосновано тем, что основные флуорофоры НАДН и НАДФН имеют пик поглощения на длине волны 340 нм и участвуют во всех окислительно-восстановительных процессах и реакциях восстановительного биосинтеза [14].

ЦЕЛЬ работы: определить корреляцию между значениями индекса плотности хрусталика при возрастной катаракте, полученными методом УФ-индуцированной спектрофлуориметрии, и дозы ультразвукового воздействия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились офтальмологическим спектрофлуориметром [15], разработанным в НИИ молекулярной медицины и патобиохимии КГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, на базе КГБУЗ ККОКБ им. профессора П.Г. Макарова в рамках клинических испытаний с разрешения локального этического комитета (рис. 1).

В группу исследования входили 60 пациентов (средний возраст — 76,4 года) с диагнозом «незрелая и зрелая возрастная катаракта» и остротой зрения

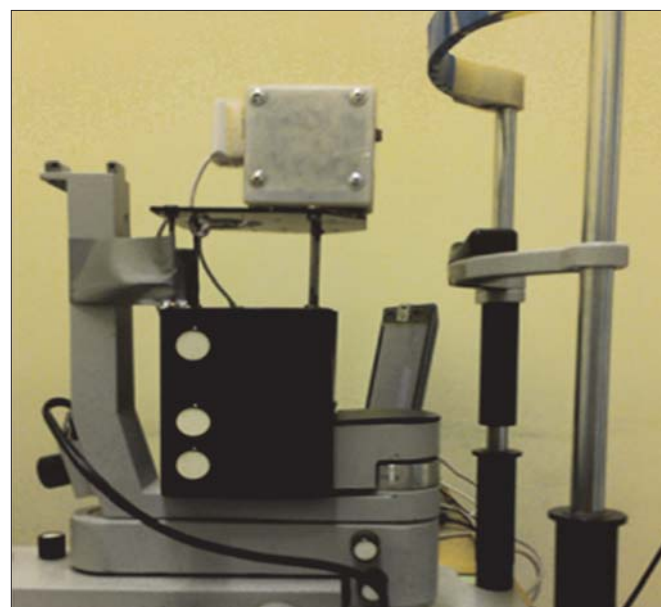


Рис. 1. Малогабаритный офтальмологический спектрофлуориметр, установленный на штатив щелевой лампы.

Fig. 1. Compact ophthalmological spectrofluorimeter mounted on the slit lamp support.

от 0,05 до правильной светопроекции. За день до операции проводилось спектрофлуориметрическое исследование хрусталика и регистрировался индекс плотности.

Индекс плотности хрусталика вычисляли по данным спектра флуоресценции хрусталика, полученным при фронтальном облучении узким пучком ультрафиолетового излучения с длиной волны 320–350 нм и фронтальной регистрации излучения флуоресценции на трех длинах волн: $\lambda_1 = 440$ нм, $\lambda_2 = 440$ нм, $\lambda_3 = 500$ нм. Для вычисления индекса помутнения хрусталика α использовали формулу:

$$\alpha = \frac{\frac{I_{440}^H}{I_{400}^H - I_{500}^H} - \frac{I_2}{I_1 - I_3}}{\frac{I_{440}^K}{I_{400}^K - I_{500}^K} - \frac{I_{440}^H}{I_{400}^H - I_{500}^H}},$$

где $I_{1,2,3}$ — интенсивности флуоресценции хрусталика на длинах волн 400, 440, 500 нм соответственно, $I_{400,440,500}^H$ — усредненные значения интенсивности флуоресценции для людей с прозрачным хрусталиком на соответствующих длинах волн, $I_{400,440,500}^K$ — усредненные значения интенсивности флуоресценции для людей с катарактальным хрусталиком на соответствующих длинах волн.

После этого всем пациентам выполнялась ФЭК и имплантация эластичной интраокулярной линзы (ИОЛ). Операции выполнялись одним хирургом с применением микрохирургической офтальмологической системы Stellaris (Bausch & Lomb).

Применялась стандартная техника ФЭК «Разделяй и властвуй» (Divide and conquer) с ультразвуковой насадкой и иглой DP 8730S. ФЭК выполнялась в двойном линейном режиме с максимальной силой ультразвука до 60 %, частотой импульса 50, вакуумом до 380 мм рт. ст., высота бутылки — BSS 80 см. После чего регистрировался показатель суммарного количества ультразвука, примененного к данному хрусталику (total ultrasound).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Индекс помутнения использовали для выявления корреляционной связи с дозой ультразвукового воздействия при удалении катаракт. Как видно из диаграммы (рис. 2), доза ультразвукового воздействия не превышала 43 с. Выявлена прямая линейная зависимость индекса плотности от дозы кумулятивной энергии ультразвука.

Статистическая обработка полученных данных позволила выявить тесную корреляцию индекса плотности катаракты с дозой ультразвукового воздействия (коэффициент корреляции Пирсона = 0,86).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведение спектрофлуориметрического исследования хрусталика перед выполнением хирургического лечения катаракты по-

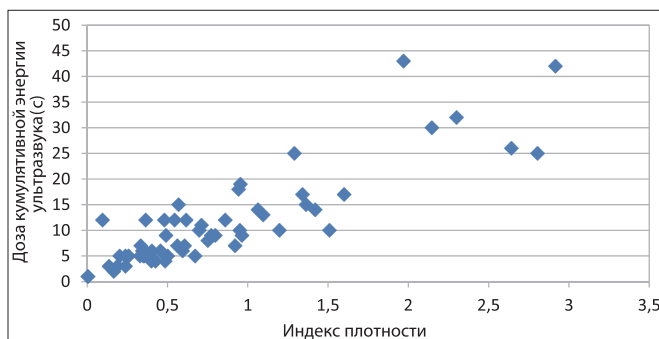


Рис. 2. Зависимость дозы ультразвукового воздействия при ФЭК от индекса плотности хрусталика, полученного методом УФ-индуцированной флуоресцентной спектроскопии.

Fig. 2. Dependence of phacoemulsification ultrasound dose on the lens density index obtained using UV-induced spectrofluorimetry.

зволяет прогнозировать дозу кумулятивной энергии, необходимую для ФЭК, что немаловажно, поскольку этот фактор во многом определяет возможные осложнения после хирургического лечения в виде постоперационного отека роговицы. В то же время в успехе хирургии катаракты немаловажную роль играют и другие факторы, такие как техника дробления ядра, манипуляции в передней камере, уровень хирурга и возраст пациента.

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Литература/References

1. Буррато Л. Хирургия катаракты. Москва; 1999. Burrato L. Cataract surgery. Moscow; 1999 (in Russian).
2. Chen D.Z., Tan C.W. Smartphone imaging in ophthalmology: a comparison with traditional methods on the reproducibility and usability for anterior segment imaging. Ann. Acad. Med. Singapore. 2016; 45 (1): 6–11.
3. Resnikoff S., Pascolini D., Etya'ale D., et al. Global data on visual impairment in the year 2002. Bull. World Health Organ. 2004; 82 (11): 844–51.
4. Davison J.A., Chylack L.T.Jr. Clinical application of the lens opacities classification system III in the performance of phacoemulsification. J. Cataract Refract. Surg. 2003; 29: 138–45.
5. Leon P., Umari I., Mangogna A., Zanei A., Tognetto D. An evaluation of intraoperative and postoperative outcomes of torsional mode versus longitudinal ultrasound mode phacoemulsification: a meta-analysis. Int. J. Ophthalmol. 2016; 9 (6): 890–7.
6. Nixon D.R. Preoperative cataract grading by Scheimpflug imaging and effect on operative fluidics and phacoemulsification energy. J. Cataract. Refract. Surg. 2010; 36: 242–46.
7. Siik S. Lens autofluorescence and light scatter in relation to the lens opacities classification system, LOCS III. Acta Ophthalmol. Scand. 1999; 77 (5): 509–14.
8. Burd J., Lum S., Cahn F., Ignatz K. J. Diabetes Sci. Technol. 2012; 6 (6): 1251–9.
9. Klemm M., Schweitzer D., Peters S., et al. FLIMX: A Software package to determine and analyze the fluorescence lifetime in time-resolved fluorescence data from the human eye. PLoS One. 2015; 10 (7): e0131640. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131640>.
10. Topakova A.A., Salmin V.V., Gar'kavenko V.V., Levchenko J.S., Lazarenko V.I. Development of optoelectronic hardware: program

- complex for the analysis of hypoxia in the anterior eye camera in persons wearing contact lenses. Proc. SPIE 9917, Saratov Fall Meeting 2015: Third International Symposium on Optics and Biophotonics and Seventh Finnish-Russian Photonics and Laser Symposium (PALS), 991715 (21 April 2016). doi: 10.1117/12.2229816; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2229816>.
11. Salmin V., Gar'kavenko V., Levchenko J. UVA-induced autofluorescence spectroscopy in ophthalmology. In: Asia Communications and Photonics Conference 2014, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2014), paper ATh3A.203. <https://doi.org/10.1364/ACPC.2014.ATh3A.203>.
 12. Makley L.N., McMenimen K.A., DeVree B.T., et al. Pharmacological chaperone for α -crystallin partially restores transparency in cataract models. Science. 2015; 350 (6261): 674–7. doi:10.1126/science.aac9145.
 13. Davson H. Physiology of the Eye. New York San Francisco: Academic Press; 1980: 116–64.
 14. Владимирова Е.С., Салмин В.В., Салмина А.Б. Флуоресцентная диагностика состояния хрусталика человека in vivo. Журнал прикладной спектроскопии. 2012; 79 (1): 136–40. Vladimirova E.S., Salmin V.V., Salmina A.B. Fluorescent diagnostics of a condition of a human crystalline lens in vivo. Journal of applied spectroscopy. 2012; 79 (1): 136–40 (in Russian).
 15. Шаповалов К.А., Салмин В.В., Лазаренко В.И., Гарькавенко В.В. Моделирование спектров аутофлуоресценции хрусталика при катаракте с учетом светорассеяния. Журнал прикладной спектроскопии. 2017; 2: 258–63. Shapovalov K.A., Salmin V.V., Lazarenko V.I., Gar'kavenko V.V. Modeling of the autofluorescence spectra of the crystalline lens with cataract taking into account light scattering. Journal of applied spectroscopy. 2017; 2: 258–63 (in Russian).

Поступила: 15.05.2017

Choosing the cataract surgery approach on the basis of spectrofluorometric examination of the of lens

V.V. Gar'kavenko — MD, Cand. Med. Sci., ophthalmologist¹

V.V. Salmin — Dr. Med. Sci., assistant professor, head of medical and biological physics chair²

V.I. Lazarenko — MD, Dr. Med. Sci., professor, chair of ophthalmology²

K.A. Shapovalov — Cand. Med. Sci., assistant professor, medical and biological physics chair²

¹Makarov Ophthalmology Clinical Hospital, 1v, Nikitina St., Krasnoyarsk, 660011, Russia

²V.F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, 1, Partizana Zheleznjaka St., Krasnoyarsk, 660022, Russia
victor-unique@yandex.ru

Purpose — to determine the correlation between the lens density index and ultrasound dose. **Materials and methods.** The experimental group of 60 patients (average age 76.4 years) with immature and mature age-related cataract were examined using lens spectrofluorometry to determine the lens density index recording, followed by cataract phacoemulsification and cumulative ultrasound dose registration. **Results.** A positive correlation between lens density and the total ultrasound dose was revealed. **Conclusion.** UV-induced spectrofluorimetry of the lens may be used as a prediction method of postoperative complications after ultrasound cataract phacoemulsification as well as basis for choosing a cataract surgery approach.

Keywords: fluorescence, cataract, phacoemulsification.

For citations: Gar'kavenko V.V., Salmin V.V., Lazarenko V.I., Shapovalov K.A. Choosing the cataract surgery approach on the basis of spectrofluorometric examination of the of lens. Russian ophthalmological journal. 2017; 10 (4): 16–9. doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-4-16-19 (In Russian).

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

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

Для контактов: Гарькавенко Виктор Валерьевич
E-mail: victor-unique@yandex.ru