

DOI: <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2020-1-73-76>  
УДК 617.7-007.681

## Феномен Тиндаля в оценке воспалительной реакции глаза после ИАГ-лазерной хирургии

Ю.Е. Янилкина<sup>1</sup>, Н.А. Маслова<sup>1</sup>, Б.А. Нормаев<sup>2</sup>, О.А. Волков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова», Чебоксары

<sup>2</sup>ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова», Москва

### РЕФЕРАТ

**Цель.** Оценить воспалительную реакцию глаза после ИАГ-лазерного воздействия методом лазерной тиндалеметрии.

**Материал и методы.** Под наблюдением находилось 58 пациентов (58 глаз), которым выполнено ИАГ-лазерное воздействие. Из них 32 пациента (32 глаза) с наличием артефакции и вторичной катаракты различной степени, которым потребовалась задняя капсулотомия, и 26 пациентов (26 глаз) с деструкцией стекловидного тела, которым произведен витреолизис. Всем исследуемым проводили количественное определение концентрации белка и клеток во влаге передней камеры по методике лазерной тиндалеметрии. Измерения выполняли непосредственно до и в различные сроки после лазерного воздействия. Период наблюдения составил 3 месяца.

**Результаты.** Во всех 58 глазах непосредственно после ИАГ-лазерного воздействия наблюдалось значимое увеличение уровня белка и клеток во влаге передней камеры в 2,0-2,5 раза. На первые сутки

после лазерной операции количество белка и клеток превышало исходные значения в 1,0-1,5 раза, далее к 3-му дню показатели существенно не отличались от дооперационных величин. Была выявлена положительная корреляция между выраженностью клеточной реакции и степенью помутнения задней капсулы хрусталика, а также определена слабая зависимость феномена Тиндаля от точки приложения ИАГ-лазерного излучения в структурах глаза.

**Заключение.** Лазерная тиндалеметрия является информативным методом оценки воспалительных явлений после процедуры ИАГ-лазерного воздействия. Минимально выраженная послеоперационная воспалительная реакция, не зависимо от точки-мишени ИАГ-лазерного воздействия, свидетельствует о безопасности данных вмешательств при дифференцированном использовании параметров лазерного излучения.

**Ключевые слова:** деструкция стекловидного тела, вторичная катаракта, ИАГ-лазерный витреолизис, задняя капсулотомия, тиндалеметрия. ■

Точка зрения. Восток – Запад. 2020;1:73-76.

### ABSTRACT

#### Tyndall phenomenon in the inflammatory eye response analysis after YAG-laser surgery

I.E. Ianilkina<sup>1</sup>, N.A. Maslova<sup>1</sup>, B.A. Normaev<sup>2</sup>, O.A. Volkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>S.N. Fedorov NMRC «MNTK «Eye Microsurgery», Cheboksary branch

<sup>2</sup>S.N. Fedorov NMRC «MNTK «Eye Microsurgery», Moscow

**Purpose.** To assess the inflammatory eye reaction after YAG- laser exposure using laser flare-cell meter.

**Material and methods.** We observed 58 patients (58 eyes) which were treated by YAG-laser. 32 patients (32 eyes) with pseudophakia and secondary cataracts, required a posterior capsulotomy, and 26 patients (26 eyes) with primary vitreous destruction, underwent vitreolysis. All patients were determined protein and cells concentration in the anterior chamber by laser flare-cell meter. The follow-up period was 3 months.

**Results.** In all 58 eyes the protein and cells concentration progressive increasing after YAG-vitreolysis immediately was revealed. Then by the 3rd day follow-up, the indicators did not differ significantly from the

preoperative values. A positive correlation with posterior capsular opacities' s degree and severity inflammatory eye reaction was found. The weak dependence between the Tyndall phenomenon and the point-of YAG-laser radiation in the eye structures was determined.

**Conclusion.** Laser flare-cell meter is informative method of eye inflammation assessment after the YAG-laser procedures. The minimal postoperative inflammatory response, indicates the safety of these interventions using differentiated laser parameters.

**Key words:** floater, secondary cataract, YAG-laser vitreolysis, posterior capsulotomy, laser flare-cell meter. ■

Point of View. East – West. 2020;1:73-76.

Внедрение ИАГ-лазеров в клиническую медицинскую практику стало настоящим «прорывом» и для лазерной офтальмохирургии. На сегодняшний день самым широко используемым является

неодимовый ИАГ-лазер, по механизму действия представляющий собой фотодеструктор, который производит рассеечение и фрагментацию тканей-мишеней [1, 4, 12]. В офтальмологии подобный эффект

довольно успешно используется для проведения иридэктомии, капсулотомии, гониодесцемето- и ретинопунктуры, рассеечения зрачковых и витреальных мембран, витреолизиса и т.д. [2, 3, 10]. Однако известно,

что данное воздействие в силу своей природы также связано с определенными рисками интра- и послеоперационных осложнений, обусловленных непрямым повреждением глазных структур за счет распространения механической ударной волны в момент импульса. Описаны случаи повышения внутриглазного давления, развития дистрофии роговицы, макулярного отека и отслойки сетчатки [3, 6, 8]. Кроме того, имеются сообщения о развитии послеоперационных воспалительных реакций глаза, таких как отек роговицы, цилиарного тела и корня радужки, асептический витреит, связанный непосредственно с нарушением проницаемости гематофтальмического барьера (ГОБ), что клинически проявляется в виде феномена Тиндаля во влаге передней камеры [9, 11]. На сегодняшний день существует возможность проводить объективную оценку степени выраженности подобных реакций в ответ на проводимое хирургическое вмешательство методом лазерной тиндалеметрии (ЛТ) [7, 14, 15]. И поскольку ИАГ-хирургия – довольно распространенная процедура в практике лазерного офтальмохирурга, то представляется актуальным определить степень нарушения проницаемости ГОБ у пациентов после ИАГ-лазерного воздействия на переднем и заднем отрезках глаза.

## ЦЕЛЬ

Оценить воспалительную реакцию глаза после ИАГ-лазерного воздействия методом лазерной тиндалеметрии.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В клиническое исследование включено 58 глаз 58 пациентов, которым проводили ИАГ-лазерное воздействие на переднем и заднем отрезках глаза. Средний возраст пациентов составил  $64,8 \pm 8,1$  года, среди них было 40 женщин и 18 мужчин. В зависимости от вида лечения все исследуемые были разделены на 2 группы: 1-я группа – 32 пациента (32 глаза) с наличием артификации и помутнением задней капсулы

хрусталика (ЗКХ) различной степени, которым выполнена задняя ИАГ-лазерная капсулотомия; 2-я группа – 26 пациентов с наличием первичной деструкции стекловидного тела в виде плавающих помутнений (ПСТ), которым произведен ИАГ-лазерный витреолизис.

Сроки после хирургии катаракты среди пациентов 1-й группы составили от 6 месяцев до 5 лет ( $3,1 \pm 0,9$ ). Давность возникновения ПСТ у пациентов 2-й группы варьировала от 2 месяцев до 3 лет ( $1,6 \pm 0,9$ ). Статистически значимых различий между группами по возрасту и полу выявлено не было ( $p=0,5$  и  $0,7$  соответственно).

Всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое обследование и специальное, включающее ультразвуковое сканирование в В-режиме («Eye cubed», Ellex, Австралия). В ходе биомикроофтальмоскопии оценивали интенсивность помутнения ЗКХ, которую характеризовали по трем степеням [10]. Офтальмоскопические и по данным В-сканирования определяли тип и локализацию ПСТ. Для характеристики ПСТ по структурному типу пользовались рабочей классификацией, разработанной J. Karickhoff (2005), согласно которой все помутнения условно разделили на пять типов: А – кольца Вейса, В – точечная преретинальная деструкция, С – волокнистая (нитевидная), D – сочетанная, E – вторичная смешанная [13]. Локализацию ПСТ оценивали согласно расположению ПСТ в передних, средних и задних отделах витреальной полости.

Лазерную тиндалеметрию проводили на аппарате KOVA FC-2000 (LFCM, Япония), принцип работы которого основан на измерении потока крупномолекулярного белка и подсчета воспалительных клеток в фиксированном объеме влаги передней камеры (ПК). В ходе исследования количественно оценивали два основных параметра – уровень макроглобулинов (F, ф/мс) и число клеток (С, мм<sup>3</sup>) во влаге ПК.

Пациентам 1-й группы была выполнена задняя ИАГ-лазерная капсулотомия на приборе «YAG III» (Carl Zeiss Meditec AG, Германия), со следующими параметрами излучения: длина волны 1064 нм, диаметр пят-

на в фокусе 10 мкм, длительность импульса 4 нс, энергия в импульсе 0,9-1,4 ( $1,1 \pm 0,2$ ) мДж, количество импульсов варьировало в диапазоне от 17 до 134 ( $84 \pm 30$ ).

Пациентам 2-й группы был выполнен ИАГ-лазерный витреолизис на установке «Ultra Q Reflex» (Ellex Corp., Австралия) со следующими параметрами излучения: длина волны 1064 нм, диаметр пятна в фокусе 8 мкм, длительность импульса 4 нс, энергия в импульсе 2,5-4,0 ( $3,1 \pm 0,4$ ) мДж, количество импульсов варьировало в диапазоне от 159 до 488 ( $364 \pm 108$ ).

Обследование пациентов проводилось до и непосредственно после операции, далее через 1, 3, 7, 14 дней, 1, 1,5 и 2 месяца после лечения.

Статистическая обработка полученных результатов с помощью программы SPSS Statistics 25 (IBM). Результаты описательной статистики представлены в виде  $M \pm \sigma$ , где M – среднее значение, а  $\sigma$  – стандартное отклонение. В работе для обнаружения различий были использованы параметрические и непараметрические методы статистики. Различия признавались статистически достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам проведенного дооперационного обследования среди пациентов 1-й группы распределение по степени помутнения ЗКХ было следующим: 1-й степени – 4 глаза (12,5%), 2-й и 3-й степени – 20 (62,5%) и 8 (25%) глаз соответственно.

Во 2-й группе в 26 исследуемых глазах наиболее частую деструкцию СТ составили кольца Вейса и его фрагменты (А-тип ПСТ) – 13 глаз (50%). Точечная и нитевидная деструкция (В- и С-типы) выявлены приблизительно в равных долях – в 6 (23,1%) и 7 (26,9%) глазах соответственно. По локализации у большей части пациентов помутнения располагались в средних и задних слоях СТ – 11 глаз (42,3%) и 12 (46,1%) глаз соответственно, тогда как в передних слоях – всего 3 глаза (11,6%).

По результатам лазерной тиндалеметрии диапазон исходного уров-

ня белка (F) в общей выборке составил от 2,4 до 9,7 ( $5,8 \pm 2,1$ ) ф/мс, клеток (С) от 1,3 до 10,0 ( $5,9 \pm 2,9$ ) в  $\text{мм}^3$ , что соответствовало средним нормальным показателям у здоровых лиц,  $6,7 \pm 2,4$  ф/мс и  $7,38 \pm 2,9$  в  $\text{мм}^3$  соответственно [7]. Распределение потока белка и клеток в группах было однородным, статистически значимых различий между группами по данным показателям на дооперационном этапе не было ( $p=0,386$  и  $0,150$ , t-критерий Стьюдента для независимых выборок).

Непосредственно после выполнения лазерных операций в обеих группах средние значения потока белка и клеток в среднем увеличились в 2-2,5 раза. Далее наблюдалось постепенное снижение исследуемых показателей в группах – в 1-е сутки количественные данные превышали исходные значения в 1-1,5 раза, а уже к 3-му дню наблюдения в обеих группах приближались практически к дооперационным значениям и в дальнейшем за весь период наблюдения заметно не отличались от исходных величин.

При этом в раннем послеоперационном периоде динамика уровня белка и клеток во влаге ПК была сопоставимо значимой в обеих исследуемых группах ( $p < 0,001$ , однофакторный дисперсионный анализ). Однако были выявлены достоверные отличия непосредственно между группами по данным показателям сразу после лазерного воздействия. У пациентов 1-й группы с вторичной катарактой непосредственно после проведения лазерной ДЗК количество белка и клеток значимо превышало таковые, по сравнению со 2-й группой пациентов с помутнениями СТ сразу после процедуры витреолизиса ( $p=0,013$  и  $p=0,009$ , t-критерий Стьюдента для равенства средних), но далее уже через первые сутки значимых отличий между группами не было (рис. 1, 2). Внутриглазное давление и МКОЗ оставались стабильными в течение всего срока наблюдения.

В 1-й группе при оценке влияния степени фиброза ЗКХ на результаты тиндалеметрии было выявлено, что динамика средних показателей F и С в целом была одинакова при разной степени выраженности помутнения капсулы ( $p=0,9$  и  $0,06$  соответ-

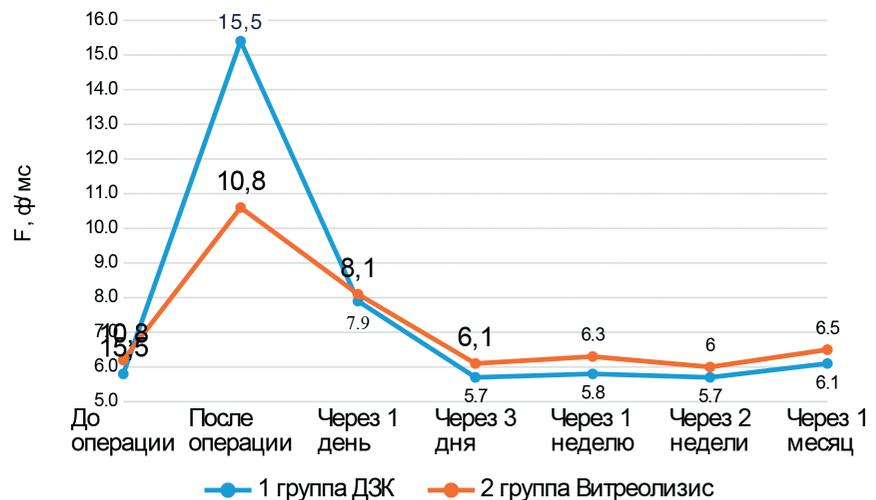


Рис. 1. Динамика потока белка во влаге передней камеры

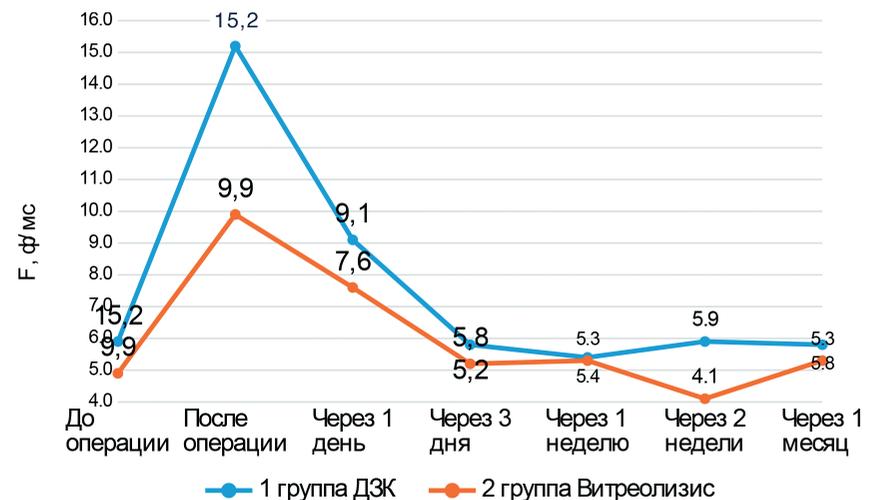


Рис. 2. Динамика количества клеток во влаге передней камеры

ственно). При этом значимого взаимодействия между уровнем средней лазерной энергии, количеством импульсов, необходимых для капсулотомии при помутнениях различной степени, и результатами FCM не обнаружено ( $p > 0,05$ ).

Во 2-й группе при оценке влияния типа и локализации помутнений на результаты тиндалеметрии было выявлено, что динамика показателей F и С в целом была одинаковой для всех типов ПСТ. При этом значимого взаимодействия между уровнем средней лазерной энергии, количеством импульсов, необходимых для фрагментации разного типа и расположения ПСТ, и результатами FCM не обнаружено ( $p > 0,05$  дисперсион-

ный анализ с повторными измерениями с заданием фактора).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Доказано, что повышение содержания клеточных элементов во влаге передней камеры является следствием воспалительно-экссудативных либо асептических реакций глаза в результате прямого повреждения ГОБ, обусловленного какими-либо патологическими состояниями (диабет, увеит и т.д.) или в ответ на какое-либо травмирующее вмешательство (хирургические операции). Клинически это проявляется в виде опалесценции влаги перед-

ней камеры и диагностируется как феномен Тиндаля различной степени [5, 9].

В нашей работе феномен Тиндаля наблюдался на фоне проводимого ИАГ-лазерного воздействия как на переднем отрезке глаза (у пациентов с наличием артефакции и вторичной катаракты различной степени), так и в стекловидном теле (у пациентов с наличием различной по локализации и типу деструкции стекловидного тела). В основе обоих вмешательств лежит механическая фрагментация ткани, микроразрыв за счет использования большого количества энергии ИАГ-лазерного излучения в ограниченном объеме с образованием электрооптического «пробоя» и мощной ударной волны. Такое воздействие во многом сопряжено с рисками повреждения окружающих глазных структур, а следовательно, и нарушением целостности ГОБ. Однако согласно полученным результатам, у исследуемых пациентов не было отмечено прогрессивного увеличения показателей тиндалеметрии, как это наблюдается после полостных хирургических вмешательствах [9, 11, 14].

Выраженность клинического эффекта Тиндаля в обеих исследуемых группах, вне зависимости от степени помутнения ЗКХ, а также типа и локализации ПСТ, сохранялась лишь в первые сутки с момента воздействия. Однако оно было более выраженным при вмешательстве на переднем отрезке глаза после выполнения капсулотомии, по сравнению с воздействием на заднем отрезке после проведения витреолизиса. Не выявлено значимой зависимости между количеством импульсов, уровнем суммарной лазерной энергии,

потребовавшихся при данных воздействиях, и показателями тиндалеметрии. В целом явление носило характер реактивного асептического воспаления. Темпы восстановления исходных значений FCM позволяют судить о безопасности ИАГ-лазерных процедур в отношении влияния на состояние ГОБ и об отсутствии необходимости послеоперационной реабилитации пациентов после данных вмешательств.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод лазерной тиндалеметрии является достаточно информативным в оценке послеоперационной реакции глаза на фоне проводимого лечения. Полученные результаты показали минимально выраженную послеоперационную реакцию глаза, а, следовательно, безопасность процедуры ИАГ-лазерного витреолизиса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вопросы лазерной офтальмологии / под ред. А.В. Большунова. – М.: Апрель, 2013. 316 с.
2. Дога А.В., Буряков Д.А., Норманов Б.А. Плавающие помутнения стекловидного тела: современные подходы к лечению. *Новости хирургии*. 2018; 26(24): 482-490.
3. Дога А.В., Крыль Л.А., Янилкина Ю.Е. ИАГ-лазерная хирургия в лечении клапанных разрывов сетчатки. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2016; 21(4): 1500-1504.
4. Лазерная хирургия сосудистой патологии глазного дна / под ред. А.Г. Шуко. – М.: Изд-во «Офтальмология», 2014. 256 с.
5. Малюгин Б.Э., Паштаев Н.П., Поздеева Н.А., Фадеева Т.В. Оценка эффективности противовоспалительной терапии после факоэмульсификации у пациентов с

возрастной макулярной дегенерацией. *Офтальмохирургия*. 2010; 1: 39-44.

6. Норманов Б.А., Дога А.В., Буряков Д.А. Эффективность ИАГ – лазерного витреолизиса в лечении различных типов помутнений стекловидного тела. *Практическая медицина*. 2018; 114(3): 136-140.

7. Паштаев Н.П., Поздеева Н.А., Волков А.В., Федорова М.Н. Количественный метод оценки состояния гематоофтальмического барьера по содержанию белка и клеток в передней камере неинвазивным способом с помощью аппарата КОМА РС-2000: *практ. руководство*. Чебоксары, 2006. 10 с.

8. Степанов А.В., Бабижаев М.А., Иванов А.Н. и др. Фотоповреждение глаза при воздействии излучения неодим-ИАГ лазера с модулированной добротностью: физико-химические структурные изменения хрусталика и стекловидного тела. *Вестник офтальмологии*. 1990;106(1): 31-35.

9. Федорова М.Н., Поздеева Н.А., Паштаев Н.П., Волков А.В. Лазерная тиндалеметрия для сравнительной оценки послеоперационной воспалительной реакции на хирургию стандартных и микроинвазивных технологий. *Актуальные проблемы офтальмологии*. М.;2006: 497-500.

10. Чупров А.Д., Щербаков М.А., Демакова Л.В. Задняя лазерная капсулотомия при I степени помутнения задней капсулы хрусталика артефакционного глаза. *Офтальмохирургия*. 2015;1:6-11.

11. Шленская О.В., Поздеева Н.А. Иммунологический и цитокиновый статус при центральных дистрофиях сетчатки различного генеза до и после интравитреального введения авастина, и его взаимосвязь с данными лазерной тиндалеметрии. *Вестник Поволжья*. 2010; 36 (460):23-24.

12. Fankhauser F, Kwasniewska S. *Laser in Ophthalmology. Basic, Diagnostik, and Surgical Aspects*. Hague. 2003. 459 p.

13. Karickhoff JR. *Laser Treatment of Eye Floaters*. Washington: Med. Publ. LLC. 2005. 232 p.

14. Laplace O, Goldshild M, De Saint Jean M. Evaluation by laser flame meter of the inflammatory response after cataract surgery. *J. Fr. Ophthalmol*. 1998;21(4): 265-269.

15. Oshica T, Masuda K, Araie M. Diurnalvariation of aqueous flare in normal human eyes measured with a laser flare-cell meter. *Jap. J. of Ophthalmol*. 1988; 32: 143-145.