

П.А. Качерович<sup>1,2</sup>, А.Н. Куликов<sup>1</sup>, Д.С. Мальцев<sup>1</sup>,  
В.А. Рейтузов<sup>1</sup>, Н.В. Лапина<sup>2</sup>

## Использование оптической когерентной томографии в диагностике поражений глаз газовым оружием самообороны

<sup>1</sup>Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург

**Резюме.** Рассматриваются возможности оптической когерентной томографии для диагностики поражений газовым оружием самообороны роговицы глаза кролика в условиях эксперимента. Газовое оружие в настоящее время используется в виде специальных средств правоохранительными органами для восстановления правопорядка во время митингов, демонстраций, иных массовых мероприятий, а также как оружие самообороны. В последние годы на снабжение силовых структур и для самообороны поступило современное газовое оружие – олеорезин капсоицин, его синтетические аналоги, применяемые отдельно или в комбинациях с ортохлорбензилоиденмалонодинитрилом. Диагностика и лечение поражений глаз в отечественной литературе не уделялось должного внимания, а критерии диагностики и способы лечения описывались в прежнем объеме. Анализируются зафиксированные оптической когерентной томографией изменения архитектоники роговицы на различных сроках поражения на фоне проводимой терапии. Изменения в структуре роговицы подтверждены патоморфологическими исследованиями. Установлено, что оптическая когерентная томография является высокочувствительной методикой исследования роговицы при поражениях органа зрения газовым оружием самообороны, позволяющей в динамике отследить развитие поражения с фиксацией результатов на различных носителях (электронном, бумажном), позволяющих провести в том числе ретроспективный анализ. По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что использование оптической когерентной томографии для диагностики и оценки проводимого лечения у поражённых лабораторных животных вполне приемлемо и эффективно.

**Ключевые слова:** поражения органа зрения, газовое оружие самообороны, химический ожог глаз, офтальмотравматизм, нелетальное оружие, оптическая когерентная томография, глазная травма, олеорезин капсоицин, ортохлорбензилоиденмалонодинитрил, ожог роговицы.

**Введение.** Ирританты активно применяются как при проведении так называемых «полицейских операций», целью которых является разгон агрессивных протеканий митингов и демонстраций, так и в целях самообороны [12–14]. В качестве ирритантов в настоящее время используются олеорезин капсоицин (ОС) и его синтетические аналоги (морфолид пеларгоновой кислоты (МПК) и прочие) отдельно или в комбинациях с ортохлорбензилоиденмалонодинитрилом (СS). Данные действующие вещества в регламентируемых концентрациях оказывают раздражающее действие на слизистые и кожные покровы при минимальных системных проявлениях. Это обусловлено тем, что ирританты обладают высокой избирательностью в действии на чувствительные нервные окончания роговицы, а их непосредственные растворители вызывают поражение по типу кислотного ожога. Таким образом, они вызывают выраженный роговичный синдром и, как правило, поверхностные поражения переднего отрезка глаза, при этом позволяя добиться поставленных целей [1, 7].

В отечественной офтальмологической научно-медицинской литературе поражения ирритантами описаны лишь в работах Р.А. Гундоровой [2–5], В.В. Бржеского [7] и их учеников более 10 лет назад, а опи-

сания случаев поражений органа зрения олеорезином капсоицином в отечественной научной литературе нами не обнаружено.

При диагностике поражений используется визометрия, биомикроскопия, окрашивание роговицы флюоресцином, определение чувствительности роговицы и оценка слезопродукции.

Использование оптической когерентной томографии (ОКТ) в офтальмологии позволяет выполнить прижизненное изучение структуры роговицы, а также объективизировать изменения, происходящие на фоне травм и заболеваний с регистрацией результатов и возможностью проводить ретроспективный анализ [6, 8, 11]. Однако в отечественной научно-медицинской литературе мы не выявили описания ОКТ переднего отрезка глаза при поражениях глаза ирритантами, а в зарубежных источниках описываются лишь отдельные клинические случаи использования данной методики при химических ожогах глаз [9, 10].

**Цель исследования.** Обосновать информативность ОКТ при поражениях глаз композицией ирритантов (морфолид пеларгоновой кислоты в комбинации с ортохлорбензилоиденмалонодинитрилом (СS)) на фоне проводимой терапии в виде инстилляций раствором макситрола.

**Задачи исследования:**

1. Исследовать возможности диагностики пораженной роговицы глаз лабораторных животных газовым оружием самообороны с помощью ОКТ переднего отрезка.

2. Сопоставить ОК-томограммы изменений роговицы кролика с клинической картиной и патоморфологическими исследованиями при поражениях газовым оружием.

3. Оценить динамику ОКТ-признаков, клинических и патоморфологических изменений роговицы на фоне проводимой терапии.

**Материалы и методы.** Исследование проведено на 6 офтальмологически здоровых кроликах (самцы) породы «Шиншилла» массой 3500–4700 гр (12 глаз). Выполнялось моделирование поражения глаз, сопоставимое с поражением после прямого попадания струи аэрозольного распылителя газового оружия самообороны в открытый глаз. Состав заряда: 140 мг МПК + 200 мг CS + 25 мл растворителя (изопропиловый спирт, этиленгликоль). Поражение осуществлялось путём инстилляцией раствора действующего вещества в объеме 0,2 мл в конъюнктивальную полость. Данный объем позволяет нанести травму, сопоставимую с реальным поражением глаз.

Введение поражающего агента выполнялось с учетом всех требований безопасности проведения испытаний в лаборатории газового оружия Института токсикологии Федерального медико-биологического агентства России: использование вытяжного шкафа, защитной одежды, перчаток, шприцев для набора растворов ирритантов. Через 2 ч после нанесенной травмы проводились инстилляцией раствора макситрола (частота закапывания 3 раза в сутки).

ОКТ лабораторным животным проводилась на аппарате «Optopol SOCT Copernicus» фирмы «Revo» (Польша) на кафедре офтальмологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова.

Наблюдение за структурными изменениями проводили до травмы, через 2 ч, 3 дня, 1, 2, 3 и 4 недели после поражения газовым оружием самообороны.

**Результаты и их обсуждение.** Непосредственно после поражения наблюдалось резкое появление отека конъюнктивы (хемоз, в одном случае отечная конъюнктива выступала за свободный край века), эрозий, выраженное расширение сосудов слизистой. На фоне проводимой терапии через неделю хемоз значительно уменьшался, но фиксировались очаги прокрашивания лиссаминовым зеленым в конъюнктивальных сводах и сохранялась гиперемия. К концу 2 недели на фоне лечения все изменения были купированы без каких-либо рубцовых или дистрофических последствий. Изменений глубжележащих структур не отмечалось.

Через 2 ч после травмы отмечалось стремительное нарастание отека эпителия роговицы с признаками десквамации (рис. 1). К 3-м суткам отмечается развитие тотальной дезэпителизации роговицы. В конце первой недели отмечалось восстановление эпителия роговицы с сохранением единичных очагов прокрашивания при окраске флюоресцеином. После 2-й недели патологических изменений эпителия не отмечалось (рис. 2).



Рис. 1. Роговица глаза через 1 неделю после поражения. Передний эпителий роговицы с небольшим участком отслойки от передней пограничной пластинки (боуменовой мембраны)



Рис. 2. Роговица глаза через 2 недели после поражения. Передний эпителий роговицы без признаков отслойки от передней пограничной пластинки (боуменовой мембраны)

Через 2 ч отмечалось увеличение отека стромы роговицы с  $370,91 \pm 7,12$  до  $455,83 \pm 11,56$  мкм ( $p < 0,05$ ). К 3-м суткам отечность стромы продолжала нарастать, достигнув  $521,82 \pm 17,02$  мкм. Через 1 неделю отечность стромы роговицы начала уменьшаться ( $516,44 \pm 23,4$  мкм). К концу второй недели толщина роговицы возвратилась к исходным показателям. При этом уменьшение отека роговицы протекало на фоне восстановления её эпителиального слоя. Далее показатели толщины роговицы были стабильны и оставались такими на протяжении всего исследования.

При ОКТ во всех исследуемых глазах (двух глазах через 2 ч после травмы и в 10 глазах на третьи сутки после травмы), зарегистрированы 2 типа дополнительных структурных изменений в строме роговицы: в виде распространенного гиперрефлективного сигнала от передней стромы роговицы (3 глаза – рисунок 3) и узкого линейного участка с выраженным гиперрефлективным сигналом в строме в виде демаркационной линии (9 глаз), рисунок 4.

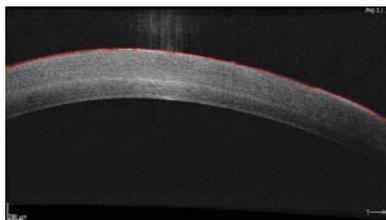


Рис. 3. Гиперрефлективный сигнал от передней стромы роговицы при ОКТ-исследовании роговицы

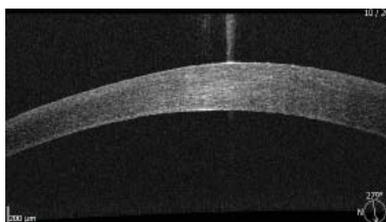


Рис. 4. Линейный гиперрефлективный сигнал в виде демаркационной линии при ОКТ-исследовании роговицы

В тех случаях, когда при ОКТ-исследовании на фоне проводимой терапии выявлялся гиперрефлективный сигнал от передней стромы роговицы, наблюдалось изменение толщины сигнала (табл. 1).

Таблица 1

**Изменения толщины гиперрефлективного сигнала передней стромы роговицы кролика после её поражения раствором композиции ирритантов**

Показатель	3-и сутки	1-я неделя	2-я неделя
Толщина зоны гиперрефлективного сигнала от передней стромы роговицы, мкм	170±7,64	132,5±7,14	110±8,15
Толщина роговицы, мкм	521,72±17,02	516,44±23,40	333,75±4,31

До 2 недель после травмы на патоморфологических срезах роговицы в поверхностных слоях наблюдаются и изменения ядер клеток стромы в виде набухания в ранние сроки после травмы (3 дня), пикнотичные изменения ядер спустя 1 неделю (рис. 5). Через две недели патологические изменения стромы не определяются.

При выявлении демаркационной линии на ОКТ величина гиперрефлективного сигнала в строме роговицы уменьшается (табл. 2).



Рис. 5. Диффузное расположение лимфоцитов в поверхностных отделах собственного вещества роговицы

Таблица 2

**Изменения величины демаркационной линии стромы роговицы кролика после поражения её раствором композиции ирритантов**

Параметр	3-и сутки	1-я неделя	4-я неделя
Глубина залегания демаркационной линии, мкм	220±28,58	241,67±15,86	115±1,67
Толщина роговицы, мкм	521,72±17,02	516,44±23,40	333,75±4,31

При стандартной окраске гематоксилин-эозином при обоих видах изменений ОКТ патоморфологическая картина остаётся однотипной. При ОКТ-исследованиях изменений эндотелия не выявлено. При этом патоморфологические исследования указывают на наличие структурных изменений с течением времени от срока травмы. Так, на 3-й день после травмы наблюдается набухание клеток эндотелия и вакуолизация его цитоплазмы (рис. 6). Через 1 неделю после травмы наблюдается резкое уменьшение объема клеток с частичным сохранением вакуолизации цитоплазмы. Далее (до 4 недель после травмы) прослеживается картина дистрофии клеток эндотелия (рис. 7). На поздних сроках после травмы эндотелий не имеет гистологических особенностей.

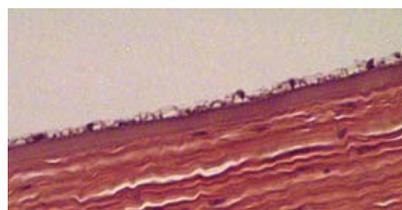


Рис. 6. Набухание клеток эндотелия роговицы и вакуолизация его цитоплазмы, 3-и сутки после поражения

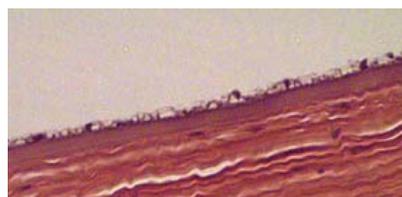


Рис. 7. Слабовыраженная дистрофия эндотелия роговицы через 4 недели после травмы

Таким образом, сроки полного выздоровления на фоне проводимой терапии предпочтительнее выявлять, используя ОКТ как более чувствительный способ диагностики, чем клинические и патоморфологические исследования.

**Выводы**

ОКТ является высокочувствительной методикой выявления изменений переднего отрезка глаза при поражениях газовым оружием самообороны.

Использование ОКТ при диагностике поражений глаз газовым оружием позволяет объективизировать глубину (степень) поражения роговицы лаборатор-

ного животного и оценивать изменения поражённого переднего отрезка глаза в динамике.

ОКТ позволяет определить окончательные сроки выздоровления.

### Литература

1. Александров, В.Н., Отравляющие вещества / В.Н. Александров, В.И. Емельянов. – М.: Воен. Изд-во, 1990. – С. 202–225.
2. Гундорова, Р.А. Клинические аспекты поражения глаз газовым огнестрельным оружием самообороны / Р.А. Гундорова [и др.] // Вестн. офтальмол. – 1996. – Т. 112, № 4. – С. 10–12.
3. Гундорова, Р.А. Поражение органа зрения газовыми пистолетами и револьверами / Р.А. Гундорова [и др.] // Офтальмол. журн. – 1997. – № 2. – С. 102–106.
4. Гундорова, Р.А. Поражение органа зрения содержимым газовых баллончиков со слезоточивым газом и способы лечения / Р.А. Гундорова [и др.] // Вестн. офтальмол. – 1996. – Т. 112, № 2. – С. 55–56.
5. Гундорова, Р.А. Поражение глаз газовым оружием / Р.А. Гундорова [и др.] // Вестн. офтальмол. – 1995. – № 2. – С. 35–37.
6. Качерович, П.А. Использование ОКТ-томографии в диагностике поражений глаз газовым оружием самообороны / П.А. Качерович [и др.] // X Российский общенациональный офтальмологический форум: сборник научных трудов науч.-практ. конф. с междунар. Участием. – М.: Апрель, 2017. – Т. 2. – С. 751.
7. Панчишена, В.М. Особенности поражений глаз аэрозольным газовым оружием и их лечение (экспериментальное исследование): автореф. дис. канд. мед. наук / В.М. Панчишена. – СПб., 2007. – 34 с.
8. Aptel, F. Anterior segment biometry using spectral-domain optical coherence tomography / F. Aptel [et al.] // Journal refract surgery. – 2014. – 30 (5). – P. 354–360.
9. Antova Velevska, M. Evaluation of corneal changes in chemical burns with anterior segment optical coherence tomography / M. Antova Velevska, H. Duma, N. Trpevska // South – east european journal of ophthalmology. – 2015. – 1 (1). P. 1–3.
10. Bai, J-Q. Research on mouse model of grade II corneal alkali burn / J-Q. Bai, H-F. Qin, S-H. Zhao // International Journal Ophthalmology. – 2016. – Vol. 9, № 4. – P. 3–7.
11. Kanellopoulos, A.J. Anterior-Segment Optical Coherence Tomography. Investigation of Corneal Deturgescence and Epithelial Remodeling After DSAEK / A.J. Kanellopoulos, G. Asimellis // Cornea. – 2014 – Vol. 33, № 4. – P. 15–17.
12. Niyousha, MR. Acute and chronic effects of disturbance control factors, complications and treatment method / MR Niyousha, Y. Panahi, S. Golzari // Environmental analytical chemistry. – 2015 – Vol. 2, Issue 3. – P. 23–25.
13. Rasier, R. The decrease in aqueous tear production associated with pepper spray / R. Rasier [et al.] // Current eye research. – 2015. – 40 (4). – P. 429–433.
14. Schep, L.J. Riot control agents: the tear gases CN, CS and OC – a medical review / L.J. Schep, R.J. Slaughter, D. I. McBride // J. R. Army Medical Corps. – 2013. – P. 1–6.

P.A. Kacherovich, A.N. Kulikov, D.S. Maltsev, V.A. Reytuzov, N.V. Lapina

### Using of optical coherence tomography in diagnosis of lesions caused by gas-based self-defense weapon

**Abstract.** The article presents the experience of using optical coherence tomography in diagnostics of lesions in the anterior segment of a rabbit eye caused by inducing an experimentally modeled trauma resulting from exposure to a gas-based self-defense weapon. Gas-based weaponry is presently used in special forms by law enforcement agencies for the purpose of riot control as well as for self-defense. The law enforcement structures and means of self-defense have been provided in the last years by modern gas-based weapons: oleoresin capsaicin and its synthetic analogues, used alone or in combination with orthochlorbenziloidenmalonodinitrile. Diagnostics and treatment of eye trauma have largely been neglected in Russian medical literature and their criteria have not been sufficiently defined. The optical coherence tomography data illustrate changes in the cornea structure at various times after the trauma incident and in relation to the applied therapeutic treatment. These structural changes have been confirmed by pathomorphology studies. It has been found that optical coherence tomography is a high-sensitivity method of study of the cornea damaged by the gas-based weaponry, which allows to track dynamically the development of the trauma and the results on various media (electronic, paper), letting to perform a retrospective analysis as well. It has been concluded, as a result of this study, that applications of optical coherence tomography for diagnostics and evaluation of treatment pertaining to experimental animals are acceptable and effective.

**Key words:** eye trauma, gas weapon of self-defense, chemical eye burn, ocular trauma, non-lethal weapon, optical coherence tomography, oleoresin capsaicin, orthochlorbenziloidenmalonodinitrile, cornea burn.

Контактный телефон: 8-921-091-41-18; e-mail: polin.ka@list.ru