

УДК 617.7–001.31–06:617.736:617.751–073

Система оценки степени тяжести структурных изменений фовеа по данным спектральной оптической когерентной томографии и остроты зрения при контузии глазного яблока

Н. П. Грубник, аспирант, Т. А. Красновид, д-р мед. наук, В. В. Вит, д-р мед. наук, проф.

ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им.

В. П. Филатова НАМН Украины»; Одесса (Украина)

E-mail: natgrub@mail.ru

Ключевые слова: фовеа, структурные изменения, контузия глазного яблока, острота зрения, спектральная оптическая когерентная томография.

Ключові слова: фовеа, структурні зміни, контузія очного яблука, гострота зору, спектральна оптична когерентна томографія.

Вступ. Контузія очного яблука являється однією з важливих проблем офтальмології.

Мета: розробити систему оцінки ступеня тяжкості структурних змін фовеа на основі даних СОКТ та гостроти зору при контузії очного яблука.

Матеріал і методи: Під наглядом знаходились 43 хворих з контузією очного яблука. Для визначення ступеня тяжкості структурних змін фовеа використовувався кластерний аналіз, який враховував гостроту зору та визначені за допомогою спектральної оптичної когерентної томографії морфологічні зміни шарів сітківки в зоні фовеа: в зовнішньому ядерному шарі, в зовнішній пограничній мембрані, еліпсоїді внутрішніх сегментів фоторецепторів, контактному циліндрі колбочок, пігментному епітелії сітківки.

Результати: Використовуючи кластерний аналіз, на основі даних СОКТ та гостроти зору при контузії очного яблука, визначено три ступеня тяжкості структурних змін фовеа: легкий, середній, важкий.

Висновок: Розроблено систему оцінки ступеня тяжкості структурних змін фовеа на основі даних СОКТ та гостроти зору при контузії очного яблука. Визначено три ступеня тяжкості структурних змін: легкий, середній, важкий.

A system of assessing the severity degree of the foveal structural changes according to the data of spectral optic coherent tomography and visual acuity in the eyeball contusion

N. P. Grubnik, T. A. Krasnovid, V. V. Vit

SI «Filatov's Institute of eye diseases and tissue therapy of NAMN of Ukraine», Odessa (Ukraine)

Key words: fovea, structural changes, spectral optical coherence tomography, visual acuity, blunt ocular injury.

Introduction: Blunt ocular injury is one of the serious problems in ophthalmology.

Purpose: To study the grading system of structural changes in the fovea based on spectral optical coherence tomography and visual acuity after blunt eye injury.

Material and methods: 43 patients with blunt ocular injury were observed. External nuclear layer, external limiting membrane, ellipsoid of the inner segments of photoreceptors, contact cylinder of cones, pigment retinal epithelium, examined by spectral optical coherence tomography and visual acuity were studied. We used cluster analysis for the grading system of structural changes in the fovea based on spectral optical coherence tomography and visual acuity after blunt eye injury.

Results: We found 3 grades of structural changes in the fovea based on spectral optical coherence tomography and visual acuity after blunt eye injury mild, moderate, severe.

Conclusion: The Grading system of structural changes in the fovea based on spectral optical coherence tomography and visual acuity after blunt eye injury showed 3 grades: mild, moderate, severe.

Введение: Контузия глазного яблока является одной из актуальных проблем офтальмологии. Несмотря на значительный полиморфизм контузий глазного яблока, нередко причиной снижения трудоспособности и инвалидизации пострадавших лиц является повреждение сетчатки.

Существует много различных классификаций контузий глаза и его придатков. Как правило, они

классифицируются по механизму повреждения, по локализации и по степени тяжести. Для определения степени тяжести контузии глаза в основном используют классификацию А. Г. Петропавловской (1975), в которой выделяется три степени: первая, вторая, третья [3].

© Н. П. Грубник, Т. А. Красновид, В. В. Вит, 2015

В известных отечественных классификациях состояние структуры макулы ранее не было отражено из-за отсутствия методов исследования сетчатки, доступных на современном этапе в офтальмологии.

В настоящее время в связи с появлением спектральной оптической когерентной томографии (СОКТ), кроме морфометрического анализа, стала возможной визуализация и оценка микроструктурных изменений различных слоев сетчатки *in vivo* [18, 19].

В литературе встречаются немногочисленные работы по изучению морфологических изменений сетчатки по данным СОКТ при тупой травме глаза, в основном при берлиновском помутнении [12, 13, 17]. На основании данных СОКТ ряд южнокорейских авторов предложили выделять четыре степени берлиновского помутнения в зависимости от изменений структуры сетчатки [14]. Другой группой ученых из Китая предложено три уровня наружной атрофии сетчатки после тупой травмы глаза с учетом толщины наружного ядерного слоя [8].

В одной из наших предыдущих работ изучалась связь между остротой зрения в отдаленный период после контузии глаза и морфологическим состоянием наружных слоев фовеа по данным СОКТ, в раннем посттравматическом периоде (до 2 месяцев после травмы). Используя терминологию, предложенную Spaide R. F. и соавторами для интерпретации четырех рефлексивных наружных слоев сетчатки по данным СОКТ, нами показана зависимость остроты зрения от характера изменений наружной пограничной мембраны, эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, контактного цилиндра колбочек, пигментного эпителия сетчатки, наружного ядерного слоя [2, 18].

Учитывая множество качественных признаков, выявленных по данным СОКТ, а также разнообразие показателей остроты зрения при этом, необходим системный подход для оценки степени тяжести структурных изменений фовеа на основании этих данных у больных с контузией глаза.

Для одновременной оценки качественных и количественных характеристик могут быть использованы новые классификационные подходы, основанные на методах автоматической группировки. Применение автоматических методов классификации, основанных на различных методиках кластерного анализа, позволяет выделить из большого количества данных, характеризующих патологический процесс, несколько подгрупп, объекты которых обладают более однородными свойствами. Кластерный анализ позволяет снизить гетерогенность исследуемой группы больных, которая характеризуется большой вариабельностью признаков [5, 6].

Цель: разработать систему оценки степени тяжести структурных изменений фовеа на основании

данных СОКТ и остроты зрения при контузии глазного яблока.

Материал и методы

Под наблюдением находились 43 больных с контузией глаза. Мужчин — 38, женщин — 5. Средний возраст 34,6 (12,1) года. Срок наблюдения после травмы не менее 12 месяцев. Оперативному лечению больные не подвергались. Критерии включения больных в исследование: отсутствие помутнений роговицы, катаракты, гемофтальма, травматической оптической нейропатии, макулярного разрыва, субмакулярного кровоизлияния, отслойки сетчатки.

Всем исследуемым проводилась СОКТ (Spectralis (Heidelberg Engineering)) в сроки до 2 месяцев с момента травмы — в ранний посттравматический период. Оценивались морфологические изменения слоев сетчатки в зоне фовеа: в наружном ядерном слое, наружной пограничной мембране, эллипсоиде внутренних сегментов фоторецепторов, контактном цилиндре колбочек, пигментном эпителии сетчатки. Качественные признаки патологических изменений вышеуказанных слоев сетчатки (по данным СОКТ) были формализованы в полуколичественные переменные, ранжированные от минимального значения до максимального по степени выраженности нарушений структуры и использованы в дальнейшем анализе.

На первой стадии анализа был применен метод Варда с использованием манхеттенской метрики. Была создана дендрограмма, построенная по значению шести переменных (изменения наружной пограничной мембраны, изменения эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, изменения контактного цилиндра колбочек, изменения пигментного эпителия сетчатки, изменения наружного ядерного слоя, острота зрения) у 43 больных с контузией глазного яблока.

По данным дендрограммы, в исходной совокупности объектов (матрица данных обследования 43 больных с контузией глазного яблока) возможно выделение трех кластеров, различающихся одновременно по значению шести признаков.

При статистическом анализе данных был использован дисперсионный анализ. Анализировались среднее значение и стандартное отклонение от M (SD). Анализ данных выполнен с применением программы Statistica 7.

Результаты и их обсуждение

Для разработки классификации степени тяжести структурных изменений фовеа на основании данных СОКТ и остроты зрения, то есть наличия в исследуемой группе больных трех естественных кластеров, был использован метод автоматической классификации (кластерный анализ).

Для разработки системы комплексной оценки изменений структуры сетчатки и остроты зрения при контузии глазного яблока мы использовали как качественные показатели (морфологические признаки — данные СОКТ), так и количественный признак (острота зрения).

После разделения определялась принадлежность каждого больного к определенному кластеру и оценивалась статистическая достоверность различий по каждому признаку, характеризующему изменения структуры сетчатки и остроты зрения.

По полученным данным для всех шести признаков уровень значимости различий в трех кластерах — $p < 0,0000$ по критерию Фишера (табл. 1).

Таким образом, согласно данным таблицы 1, все шесть признаков вносят статистически значимый вклад в разделение больных с контузией глазного яблока по степени тяжести структурных изменений фовеа по данным СОКТ и остроты зрения на три кластера: 1-й кластер — легкая степень структурных изменений фовеа; 2-й кластер — средняя степень структурных изменений фовеа; 3-й кластер — тяжелая степень структурных изменений фовеа (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что в первом кластере все признаки (1–5), характеризующие проявления структурных изменений фовеа по данным СОКТ, имеют более низкие значения, а показатель остро-

ты зрения (6) — более высокий по сравнению со вторым и третьим кластерами. В третьем кластере показатель остроты зрения (6) имеет более низкое значение, а признаки (1–5), характеризующие структурные изменения фовеа, — более высокие значения. Во всех кластерах характерен идентичный уровень значений 1 и 5 признаков (соответственно — изменения наружной пограничной мембраны и наружного ядерного слоя).

Таким образом, на основании проведенного кластерного анализа нами выделено три кластера, характеризующие степень тяжести структурных изменений фовеа по данным СОКТ и остроты зрения при контузии глазного яблока. 1-й кластер характеризуется легкой степенью структурных изменений фовеа, 2-й кластер — средней степенью структурных изменений фовеа, 3-й кластер — тяжелой степенью структурных изменений фовеа. Выявленные различия в выделенных кластерах (как видно из рисунка 1) отмечены в показателях остроты зрения (см. табл. 2). При легкой степени структурных изменений фовеа острота зрения была достоверно выше, чем при средней и тяжелой (0,0001). При тяжелой степени структурных изменений фовеа острота зрения была достоверно ниже, чем при средней (0,0001).

Графическое изображение распределения показателей остроты зрения в трех кластерах представлено на рисунке 2.

Показатели остроты зрения в кластерах в зависимости от сочетания различного характера нару-

Таблица 1. Оценка различий между качественными и количественными показателями в зависимости от степени тяжести структурных изменений фовеа и остроты зрения при контузии глазного яблока.

| Клинические показатели | Критерий Фишера | p (достоверность различий) |
|--|-----------------|----------------------------|
| Изменения наружной пограничной мембраны | 424,5 | 0,0000 |
| Изменения эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов | 194,4 | 0,0000 |
| Изменения контактного цилиндра колбочек | 184 | 0,0000 |
| Изменения пигментного эпителия сетчатки | 24,4 | 0,0000 |
| Изменения наружного ядерного слоя | 40,9 | 0,0000 |
| Острота зрения | 187,4 | 0,0000 |

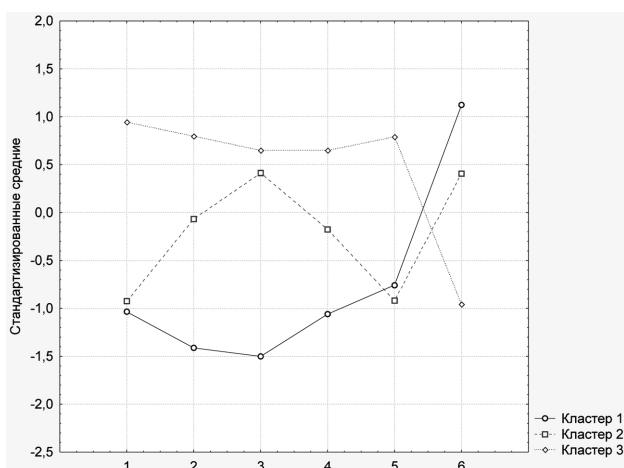


Рис. 1. Значения стандартизованных средних в выделенных кластерах: 1 — изменения наружной пограничной мембраны, 2 — изменения эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, 3 — изменения контактного цилиндра колбочек, 4 — изменения пигментного эпителия сетчатки, 5 — изменения наружного ядерного слоя, 6 — острота зрения.

Таблица 2. Острота зрения в трех кластерах

| Кластеры | Острота зрения | Стандартное отклонение | Количество больных, n |
|----------|----------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 0,98 | 0,04 | 12 |
| 2 | 0,7 | 0,19 | 9 |
| 3 | 0,16 | 0,12 | 22 |

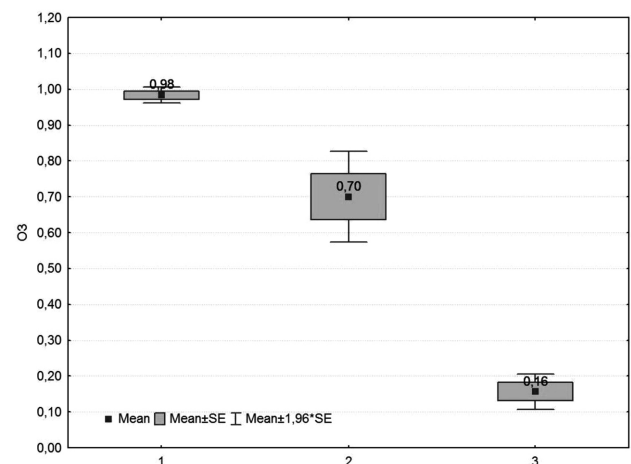


Рис. 2. Острота зрения в разных кластерах. 1–1-й кластер, 2–2-й кластер, 3–3-й кластер.

Таблица 3. Распределение показателей остроты зрения при различных изменениях четырех рефлективных наружных слоев фовеа при контузии глазного яблока

| Степень тяжести структурных изменений фовеа | Изменение наружной пограничной мембраны | Изменение эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов | Изменение контактного цилиндра колбочек | Изменение пигментного эпителия сетчатки | Острота зрения (SD) |
|---|---|--|---|---|---------------------|
| легкая | нет | нет | гиперрефлект. | нет | 0,98 (0,03) |
| | | | гиперрефлект. | | 1,0 |
| | | гиперрефлект. | дефект | | 1,0 |
| | | | дефект | | 0,95 (0,07) |
| средняя | нет | фрагмент. | гиперрефлект. | нет | 0,7 |
| | | | | да | 0,7 |
| | | | дефект | нет | 0,63 (0,23) |
| | | | | да | 0,7 (0,28) |
| | фрагмент. | дефект | дефект | да | 0,55 (0,07) |
| | тяжелая | дефект | дефект | дефект | нет |
| да | | | | | 0,14 (0,09) |

Примечание: гиперрефлект. — гиперрефлективность, фрагмент. — фрагментирован.

шений четырех рефлективных наружных слоев фовеа (наружной пограничной мембраны, эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, контактного цилиндра колбочек, пигментного эпителия сетчатки) при контузии глазного яблока представлены в таблице 3.

Как следует из данных, представленных в таблице 3, для группы больных с легкой степенью структурных изменений фовеа характерны изменения контактного цилиндра колбочек в виде гиперрефлективности либо дефекта, а также отсутствие изменений либо гиперрефлективность эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов. Средняя острота зрения у этих больных 0,98 (0,04). Для группы со средней степенью структурных изменений фовеа характерны изменения контактного цилиндра колбочек, фрагментация либо дефект эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, фрагментация наружной пограничной мембраны. Встречается также пигментная эпителиопатия. Средняя острота зрения у этих лиц 0,7 (0,19). У пациентов с тяжелой степенью структурных изменений фовеа характерны дефекты контактного цилиндра колбочек, эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, а также наружной пограничной мембраны. В 86 % случаев у таких больных выявлена пигментная эпителиопатия. Средняя острота зрения в данной группе составляет 0,16 (0,12).

В 30,2 % случаев острота зрения составила 0,98 (0,04), в 21 % — 0,7 (0,19), у 48,8 % — 0,16 (0,12).

Таким образом, характер и степень структурных изменений сетчатки в фовеа играют определяющую роль в сохранении зрительных функций после контузии глазного яблока. О большой уязвимости наружных слоев сетчатки при механическом воздействии на глазное яблоко свидетельствуют резуль-

таты экспериментальных работ [16]. В эксперименте на кроликах при контузии глазного яблока легкой степени нами также подтверждено повреждение наружных сегментов и митохондрий фоторецепторной клетки, пигментного эпителия сетчатки [4].

Известно, что внутренние и наружные сегменты фоторецепторов, расположенные под наружной пограничной мембраной, не поддерживаются мюллеровскими клетками [1, 11]. Вследствие этого, они, возможно, и вовлекаются в патологический посттравматический процесс в первую очередь [11]. Так, по полученным нами данным, изменения контактного цилиндра колбочек, по которым можно судить о состоянии наружных сегментов фоторецепторов, определяются во всех трех кластерах с легкой, средней и тяжелой степенью структурных изменений фовеа. По мнению ряда авторов, гиперрефлективность контактного цилиндра колбочек предположительно связана с нарушением строгой однонаправленной структурной организации наружных сегментов фоторецепторов, которые могут восстанавливаться после их регенерации и переработки их дегенеративных элементов пигментным эпителием сетчатки [9, 13, 14]. Важность оценки этого слоя по данным СОКТ была также показана при центральной серозной хориоретинопатии, макулярном разрыве, эпиретинальной мембране [7, 10, 15].

По полученным нами данным, при наличии фрагментации и дефекта эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов у больных определяется средняя степень структурных изменений фовеа. По данным литературы, в эллипсоиде внутренних сегментов фоторецепторов, который располагается ближе к наружным сегментам, содержится огромное количество митохондрий [1]. Мы предполагаем, что в зависимости от степени повреждения

(фрагментации либо дефекта) этой структуры энергообразующая функция клетки может снижаться в разной степени. По мнению ряда авторов, восстановления внутренних сегментов фоторецепторов, обнаруженных, например, при берлиновском помутнении, не происходит [14].

Для отнесения больного к тяжелой степени структурных изменений фовеа определяющим является наличие дефекта наружной пограничной мембраны. Как известно, наружная пограничная мембрана представляет собой скопление терминальных пластинок в одной плоскости, расположенных между мюллеровскими клетками и фоторецепторами, либо между смежными мюллеровскими клетками и, редко, между соседними фоторецепторами. Этим и обеспечивается стабилизация положения фоторецепторов [1, 18]. В свою очередь наружный ядерный слой, содержащий тела и ядра фоторецепторов, поддерживается мюллеровскими клетками, которые располагаются между наружной и внутренней пограничной мембранами [1]. Мы предполагаем, что при отсутствии этой поддержки, возможно при дефекте наружной пограничной мембраны, в патологический процесс вовлекается и наружный ядерный слой. Возможно, это является следствием потери стабильного их положения либо результатом распространения первичного механического воздействия непосредственно на наружный ядерный слой. Также не исключена вероятность вовлечения в патологический процесс и мюллеровских клеток. Все эти вопросы требуют дальнейшего исследования.

Литература

1. Вит В. В. Строение зрительной системы человека / В. В. Вит // Одесса: Астропринт, 2010. — 664 с.
2. Грубник Н. П. Особенности морфологических изменений структуры сетчатки зоны фовеа по данным спектральной оптической когерентной томографии и их связь с остротой зрения после контузии глазного яблока / Н. П. Грубник, Т. А. Красновид, В. В. Вит // Офтальмол. журнал. — 2014. — № 6. — С.41–47.
3. Гундорова Р. А. Травмы глаза / Р. А. Гундорова, В. В. Нероев, В. В. Кашников // Москва, 2009. — С.553.
4. Думброва Н. Е. Ультратруктурные изменения хорио-ретинального комплекса при моделировании контузии глаза у кроликов / Н. Е. Думброва, В. В. Вит, Т. А. Красновид, Н. И. Молчанюк, Н. П. Грубник // Офтальмол. журнал. — 2013. — № 5. — С. 67–73.
5. Тройченко Л. Ф. Разработка системы оценки состояния глаза у больных с персистирующими эпителиальными дефектами и торпидными язвами роговицы постинфекционной и нейропаралитической этиологии. / Л. Ф. Тройченко, Г. И. Дрожжина, Е. И. Драгомирецкая // Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології: зб. Наук. праць — Київ — Луганськ, 2011. — Вип.3 (105). — С.112–125.
6. Янковой А. Г. Многомерный анализ в системе STATISTICA / А. Г. Янковой // Одесса. — 2001. — С.107.
7. Fujita K Correlation of integrity of cone outer segment tips line with retinal sensitivity after half — dose photodynamic therapy for chronic central serous chorioretinopathy / K. Fujita et al. // Am J Ophthalmol. — 2012. — Vol.154(3). — P.579–585.
8. Haoyu Chen Prediction of visual prognosis with spectral — domain optical coherence tomography in outer retinal atrophy secondary to closed globe trauma / Chen Haoyu et al. // Retina. — 2013. — Vol. 33. — P. 1258–1262.
9. Itakura H. Restored photoreceptor outer segment in commotio retinae [online] / H. Itakura, S. Kishi // Ophthalmic Surg Lasers Imaging. — 2011. — Vol.42. — P.29–31.
10. Itoh Y. Correlation between length of foveal cone outer segment tips line defect and visual acuity after macular hole closure / Y. Itoh et al // Ophthalmology. — 2012. — Vol. 119(7). — P.1438–1446.
11. Mansour A. M. Histopathology of commotio retinae / A. M. Mansour, W. R. Green, C. Hogge // Retina. — 1992. — Vol. 12. — P.24–28.
12. Oh J. Commotio retinae with spectral domain optical coherence tomography / J Oh et al. // Retina. — 2011. — Vol. 31. — P.2044–2049.

В целом, дефекты наружной пограничной мембраны, а также наружного ядерного слоя могут свидетельствовать о глубоких дегенеративных процессах в фоторецепторных клетках.

Выявленные нами с помощью СОКТ морфологические изменения слоев фовеа подтверждают высокую уязвимость этих структур при механическом воздействии на глазное яблоко, что согласуется с данными литературы [8].

Применение кластерного анализа позволяет создать системный подход в оценке степени тяжести структурных изменений фовеа по данным СОКТ и остроты зрения у больных с контузией глазного яблока.

Выводы

1. Разработана система оценки структурных изменений фовеа по данным СОКТ и остроты зрения у больных с контузией глазного яблока, включающая комплекс формализованных количественных и качественных характеристик.

2. Используя методы кластерного анализа по комплексу признаков, выделены три кластера, характеризующие легкую, среднюю и тяжелую степени структурных изменений фовеа у больных с контузией глазного яблока.

3. Тяжесть поражения сетчатки при контузии глазного яблока обусловлена изменениями структуры наружной пограничной мембраны, эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, контактного цилиндра колбочек, наружного ядерного слоя, пигментного эпителия сетчатки.

13. **Saleh M.** Long-term outcomes of acute traumatic maculopathy / M. Saleh et al. // *Retina* — 2011. — Vol. — 31. — P.2037–2043.
14. **Seong Joon.** Ahn Optical coherence tomography morphologic grading of macular commotio retinae and its association with anatomic and visual outcomes / Ahn Joon Seong // *Am J Ophthalmol.* — 2013. — Vol. 156. — P. 994–1001.
15. **Shimozono M.** The significance of cone outer segment tips as a prognostic factor in epiretinal membrane surgery / M Shimozono // *Am J Ophthalmol.* — 2012. — Vol. 153(4). — P. 698–704.
16. **Sipperley J. O.** Traumatic retinopathy in primates. The explanation of commotio retinae / J. O. Sipperley, H. A. Quigley, D. M. Gass // *Arch Ophthalmol.* — 1978. — Vol. 96(12). — P.2267–2273.
17. **Souza-Santos F** Spectral domain optical coherence tomography in patients with commotio retinae / F. Souza-Santos et al. // *Retina.* — 2012. — Vol. 32. — P. 711–718.13.
18. **Spaide R. F.** Anatomical correlates to the bands seen in the outer retina by optical coherence tomography: Literature Review and Model. / R. F. Spaide, C. A. Curcio // *Retina.* — 2011. — Vol. September; 31(8). — P. 1609–1619.
19. **Srinivasan VJ** Characterization of outer retinal morphology with high-speed, ultrahigh — resolution optical coherence tomography / VJ Srinivasan et al // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* — 2008. — Vol.49. — P.1571–1579.

Поступила 30.12.2014

References

1. **Vit VV.** The structure of the human visual system. Odessa: Astroprint. 2003. 655 p.
2. **Grubnik NP, Krasnovid TA, Vit VV.** Morphological retinal features in the fovea based on spectral optical coherence tomography and their correlations with visual acuity in patients with blunt ocular injury. *Oftalmol Zh.* 2014;6:41–7. In Russian.
3. **Gundorova RA, Neroiev VV, Kashnikov VV.** Traumas of the eye. Moscow; 2009. 553 p.
4. **Dumbrova NE, Vit VV, Krasnovid TA, Molchanyuk NI, Grubnik NP.** Ultrastructural changes of chorioretinal complex in modeling eye contusion in rabbits. *Oftalmol Zh.* 2013;5:67–73. In Russian.
5. **Troichenko LF, Drozhzhina GI, Dragomiretskaia EI.** Development of a system of the eye assessment in patients with persistent epithelial defects and corneal torpid ulcers of postinfection and neuromyolytic etiology. *Problems of ecological and medical genetics and clinical etiology. Collection of papers.* Kyiv-Lugansk. 2011; 3(105):112–25. In Russian.
6. **Yankovoi AG.** Multidimensional analysis in system STATISTICA. Odessa;2001. 107 p.
7. **Fujita K** Correlation of integrity of cone outer segment tips line with retinal sensitivity after half — dose photodynamic therapy for chronic central serous chorioretinopathy. *Am J Ophthalmol.* 2012;154(3):579–85.
8. **Haoyu Chen** et al. Prediction of visual prognosis with spectral — domain optical coherence tomography in outer retinal atrophy secondary to closed globe trauma. *Retina.* 2013;33:1258–62.
9. **Itakura H, Kishi S.** Restored photoreceptor outer segment in commotio retinae [online]. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2011;42:29–31.
10. **Itoh Y.** et al. Correlation between length of foveal cone outer segment tips line defect and visual acuity after macular hole closure. *Ophthalmology.* 2012;119(7):1438–46.
11. **Mansour AM, Green WR, Hogge C.** Histopathology of commotio retinae. *Retina.* 1992;12:24–8.
12. **Oh J** et al. Commotio retinae with spectral domain optical coherence tomography. *Retina.* 2011;31:2044–9.
13. **Saleh M** et al. Long-term outcomes of acute traumatic maculopathy. *Retina* — 2011;31:2037–43.
14. **Seong Joon.** Ahn Optical coherence tomography morphologic grading of macular commotio retinae and its association with anatomic and visual outcomes. *Am J Ophthalmol.* 2013;156:994–1001.
15. **Shimozono M.** The significance of cone outer segment tips as a prognostic factor in epiretinal membrane surgery. *Am J Ophthalmol.* 2012;153(4):698–704.
16. **Sipperley JO, Quigley HA, Gass DM.** Traumatic retinopathy in primates. The explanation of commotio retinae. *Arch Ophthalmol.* 1978;96(12):2267–73.
17. **Souza-Santos F** et al. Spectral domain optical coherence tomography in patients with commotio retinae. *Retina.* 2012;32:711–718.13.
18. **Spaide RF, Curcio CA.** Anatomical correlates to the bands seen in the outer retina by optical coherence tomography: Literature Review and Model. *Retina.* 2011 September; 31(8):1609–19.
19. **Srinivasan VJ** et al. Characterization of outer retinal morphology with high-speed, ultrahigh — resolution optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49:1571–9.

Received 30.12.2014