

УДК 617.7–001.31–06:617.736–073.756.8

Классификационный алгоритм определения степени тяжести структурных изменений фовеа при контузии глазного яблока по данным спектральной оптической когерентной томографии

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: контузия глазного яблока, классификационный алгоритм, степень тяжести структурных изменений фовеа, спектральная оптическая когерентная томография.

Ключові слова: контузія очного яблука, класифікаційний алгоритм, ступінь тяжкості структурних змін фовеа, спектральна оптична когерентна томографія.

Вступ. Пошкодження сітківки внаслідок контузії очного яблука нерідко є причиною втрати зору.

Мета. Розробити класифікаційний алгоритм визначення ступеня тяжкості структурних змін фовеа при контузії очного яблука за даними спектральної оптичної когерентної томографії (СОКТ).

Матеріал і методи. Під спостереженням знаходилося 43 хворих з контузією ока, яким проводилася СОКТ сітківки.

Результати. В основі розподілу хворих з контузією очного яблука до легкого, середнього або важкого ступеня тяжкості структурних змін фовеа за даними СОКТ лежить визначення стану двох морфологічних ознак — еліпсоїда внутрішніх сегментів фоторецепторів та зовнішньої пограничної мембрани.

Висновки. Розроблено класифікаційний алгоритм, що дозволяє вірно відносити кожного хворого з контузією очного яблука за даними СОКТ до одного з трьох класів — з легким, середнім, важким ступенем тяжкості структурних змін фовеа.

Classification algorithm for determining the severity of structural foveal changes in patients after blunt eye injury using spectral optical coherence tomography

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

SI «Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Science of Ukraine»; Odessa (Ukraine)

Key words: blunt eye injury, classification algorithm, severity of structural foveal changes, spectral optical coherence tomography.

Introduction. Retinal damage due to the blunt eye injury is often the cause of vision loss.

Purpose. To develop the classification algorithm to determine the severity of the foveal structural changes in patient after blunt eye injury using spectral optical coherence tomography (SOCT).

Material and Methods. We observed 43 patients after blunt eye injury, all of them underwent SOCT.

Results. It is important to determine the state of two morphological characters — ellipsoid of internal segments of photoreceptors, the outer limiting membrane using SOCT. It allows to determine the severity of structural foveal changes using SOCT.

Conclusion. The classification algorithm is found. It allows to determine the severity of structural foveal changes after blunt eye injury.

Введение. Травма глаза остается одной из актуальных проблем в офтальмологии. Повреждение сетчатки вследствие контузии глазного яблока нередко является причиной потери зрения и инвалидизации пострадавших лиц.

В клинике для определения степени тяжести контузии глаза в основном используется классификация А. Г. Петропавловской (1975), в которой выделяется три степени [2]. К первой степени относятся контузии, не вызывающие снижения зрения при выздоровлении. Они характеризуются временными обратимыми изменениями (отек и эрозии рогови-

цы, берлиновское помутнение сетчатки, кольцо Фоссиуса, спазм аккомодации). Вторая степень — контузии, вызывающие стойкое снижение зрения (глубокие эрозии роговицы, локальные контузионные катаракты, разрывы сфинктера зрачка, ретролентальные кровоизлияния). Третья степень — контузии, для которых характерны крайне тяжелые изменения (разрыв склеры, стойкая гипертензия, стойкая гипотония). Очевидно, что в данной клас-

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

сификации не находят отражения структурные изменения сетчатки вследствие травмы.

В настоящее время для изучения структуры сетчатки используется спектральная оптическая когерентная томография (СОКТ). Данный метод позволяет визуализировать и оценивать микро-структурные изменения различных слоев сетчатки *in vivo* [8, 9]. С применением этого метода исследования у больных с контузией глазного яблока существенно расширились возможности определения тонких изменений сетчатки [1].

В литературе изучению морфологических изменений сетчатки по данным СОКТ при тупой травме глаза посвящены немногочисленные работы, в основном касающиеся берлиновского помутнения [4, 5, 7]. В одной из своих работ южнокорейские авторы предложили выделять четыре степени берлиновского помутнения в зависимости от изменений структуры сетчатки по данным СОКТ [6]. Группой ученых из Китая выделено три уровня наружной атрофии сетчатки после тупой травмы глаза с учетом толщины наружного ядерного слоя [3].

В связи с отсутствием алгоритма определения легкой, средней и тяжелой степеней тяжести структурных изменений фовеа при контузии глазного яблока по данным СОКТ, возникла необходимость в его разработке.

Цель: разработать классификационный алгоритм определения степени тяжести структурных изменений фовеа при контузии глазного яблока по данным СОКТ.

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, разрыва макулы, субмакулярного кровоизлияния, отслойки сетчатки.

Всем исследуемым проводилась СОКТ (Spectralis (HeidelbergEngineering)) в сроки до 2 месяцев с момента травмы — т. е. 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 до максимального значения по степени выраженности нарушений структуры, а затем использованы в дальнейшем анализе. Также учитывались численные переменные (морфометрические признаки) — толщина сетчатки в центральном секторе макулы, толщина хориоидеи субфовеально.

Для разработки данного алгоритма диагностики степени тяжести структурных изменений фовеа после конту-

зии глазного яблока у каждого пациента был использован метод построения классификационных деревьев, который представляет собой набор иерархических средств, предназначенных для предсказания принадлежности пациентов к определенному классу значений категориальной переменной по значению нескольких предикторных переменных, как численных — так и категориальных.

Анализ данных выполнен с применением программы Statistica 7.

Результаты и их обсуждение

Дерево классификации было построено по алгоритму дискриминантного одномерного ветвления для семи морфологических и морфометрических признаков. Наиболее важными (необходимыми и достаточными) переменными для создания алгоритма диагностики степени тяжести структурных изменений фовеа у пациентов с контузией глазного яблока явились:

Изменения наружной пограничной мембраны — 96 %

Изменения эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов — 100 %

Изменения контактного цилиндра колбочек — 39 %

Изменения пигментного эпителия сетчатки — 45 %

Изменения наружного ядерного слоя — 58 %

Толщина сетчатки в центральном секторе (ТСЦ) — 73 %

Толщина хориоидеи субфовеально (ТХСФ) — 4 %.

Графическое изображение распределения признаков СОКТ по степени значимости представлено на рисунке 1.

При построении дерева автоматически были отобраны первые два признака, обладающие наибольшей дискриминирующей способностью относительно остальных переменных. Самой сильной переменной, принимаемой за 100 %, явились изменения эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, которая принимается за 100 %. Морфометрические показатели толщины сетчатки в центральном секторе и хориоидеи субфовеально автоматически были выключены из-за малой важности. Решение получено при двух ветвлениях на три терминальных узлах, что показано на рис. 2.

Как видно из рисунка 2, в каждом четырехугольнике в левом верхнем углу проставлен номер вершины ветвления, в правом — принадлежность к классу. Первый и третий четырехугольники обозначают вершины ветвления, под которыми указаны условия ветвления. Второй, четвертый, пятый четырехугольники обозначают терминальные вершины, где ветвление окончено.

Первая вершина — начало ветвления, под ней обозначено первое условие последующего разделения (изменение эллипсоида внутренних сег-

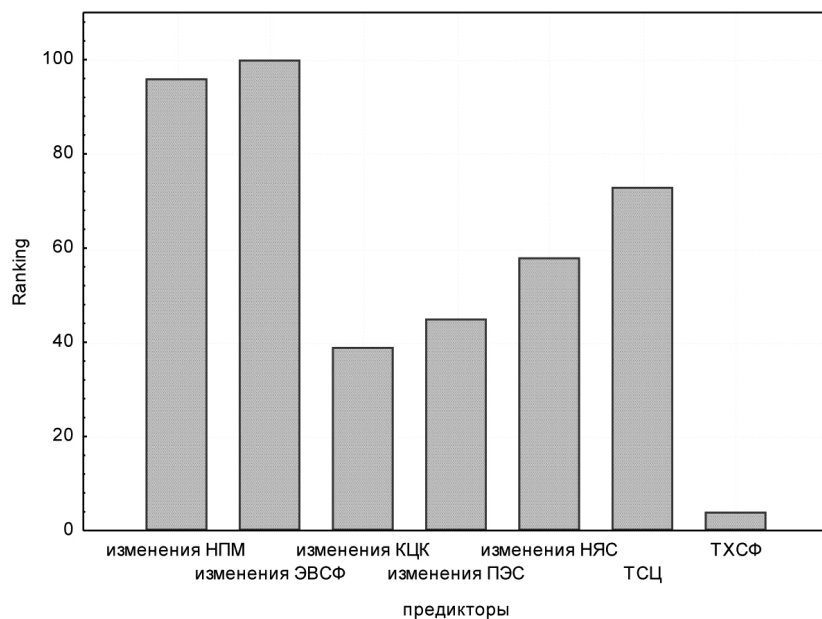


Рис. 1. Градации признаков СОКТ по важности. НПМ — наружная пограничная мембрана, ЭВСФ — эллипсоид внутренних сегментов фоторецепторов, КЦК — контактный цилиндр колбочек, ПЭС — пигментный эпителий сетчатки, НЯС — наружный ядерный слой, ТСЦ — толщина сетчатки в центральном секторе, ТХСФ — толщина хориоидеи субфовеально.

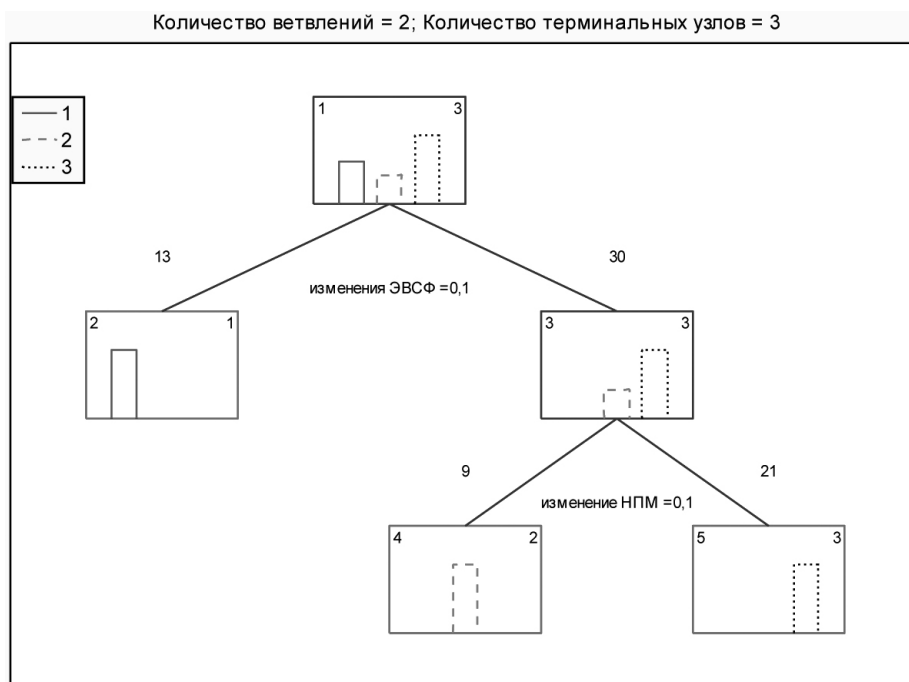


Рисунок 2. Дерево классификации для определения степени тяжести структурных изменений фовеа при контузии глазного яблока. ЭВСФ — эллипсоид внутренних сегментов фоторецепторов, НПМ — наружная пограничная мембрана.

ментов фоторецепторов). Если условие, указанное под этой вершиной, выполняется, то происходит переход на левую терминальную вершину. Таким образом, если изменения эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, в частности, соответствуют 0 категории — отсутствие изменений или 1-ой категории — гиперрефлексивность слоя с ис-

чезновением гипорефлексивного пространства под ним, — то этот пациент переходит на вторую вершину. В данном случае, это терминальный узел принадлежности к первому классу с легкой степенью тяжести структурных изменений фовеа и таких больных — 13. Если первое условие не выполняется (эллипсоид внутренних сегментов фото-

рецепторов фрагментирован или с дефектом), то рассматривается правая вершина (3 вершина), где накладывается второе условие деления. Таких глаз, согласно схеме, 30. Под правой вершиной указано следующее (второе) условие ветвления — изменения наружной пограничной мембраны (0 категория — отсутствие изменений наружной пограничной мембраны, первая категория — фрагментация наружной пограничной мембраны), при выполнении которого пациент на четвертой терминальной вершине классифицируется во второй класс — со средней степенью тяжести структурных изменений фовеа. Согласно представленному дереву решений, в случае невыполнения условия (21 глаз) пациент классифицируется на пятой терминальной вершине как принадлежащий к третьему классу — с тяжелой степенью структурных изменений фовеа.

Таким образом, каждый больной с любым набором значений двух морфологических признаков по данным СОКТ (изменения наружной пограничной мембраны и эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов), может быть отнесен к одному из классов — с легкой, средней, тяжелой степенью структурных изменений фовеа.

Таблица 1. Соответствие распределения пациентов в диагностированном и наблюдаемом классе

Диагностированный класс	Наблюдаемый класс		
	1 (n=13)	2 (n=9)	3 (n=21)
1	13	0	0
2	0	9	0
3	0	0	21

Используя разработанный алгоритм, все 43 глаза больных с контузией глазного яблока были разделены на три класса — с легкой, средней, тяжелой степенью структурных изменений фовеа. В таблице 1 представлен результат классификации.

Как видно из данных таблицы 1, верно классифицированы все 43 глаза (100 %). Ни в одном случае не была получена ошибочная классификация.

Приводим клинический пример пациента. Больной К., м., 21 год. Клинический диагноз: левый глаз — контузия глазного яблока, вторичная дегенерация макулы. Горизонтальный скан СОКТ макулы представлен на рисунке 3. По томограмме определяется дефект наружного ядерного слоя, наружной пограничной мембраны, эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, контактного цилиндра колбочек в фовеа.

По дереву классификации у данного больного — дефект эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов, переход на узел ветвления № 3 с добавлением следующего условия — дефект наружной пограничной мембраны. Соответственно, переход на узел № 5, который является терминальным с распределением в третий класс — тяжелой степени структурных изменений фовеа. Острота зрения левого глаза в отдаленный период 0,2 не корр.

Таким образом, в основе распределения больного с контузией глазного яблока к классу с легкой, средней или тяжелой степени тяжести структурных изменений фовеа по данным СОКТ лежит определение состояния двух морфологических признаков — эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов и наружной пограничной мембраны.

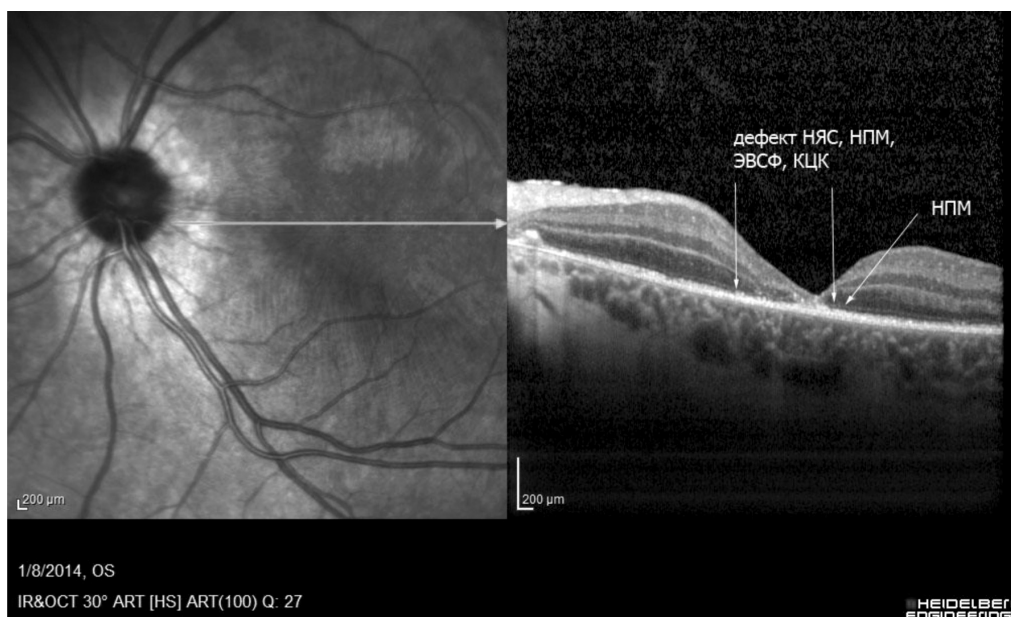


Рис. 3. Горизонтальный скан СОКТ. Определяется дефект НЯС, НПМ, ЭВСФ, КЦК в фовеа. ЭВСФ — эллипсоид внутренних сегментов фоторецепторов, КЦК — контактный цилиндр колбочек, НПМ — наружная пограничная мембрана, НЯС — наружный ядерный слой.

Выводы

Разработан классификационный алгоритм, позволяющий верно относить каждого больного с контузией глазного яблока по данным СОКТ к одному из трех классов — с легкой, средней, тяжелой степенью структурных изменений фовеа.

Выявлено, что определяющую роль в распределении больных к классам с легкой, средней, тяжелой степенью тяжести структурных изменений фовеа по данным СОКТ играют изменения эллипсоида внутренних сегментов фоторецепторов и наружной пограничной мембраны.

Литература

1. **Грубник Н. П.** Система оценки степени тяжести структурных изменений фовеа по данным СОКТ и остроты зрения при контузии глазного яблока / Н. П. Грубник, Т. А. Красновид, В. В. Вит // Офтальмол. журн. — 2015. — № 1. — С. 41–47.
2. **Гундорова Р. А.** Травмы глаза / Р. А. Гундорова, В. В. Нероев, В. В. Кашников // Москва, 2009. — С. 553.
3. **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.
4. **Oh J** Comotio retinae with spectral domain optical coherence tomography / J Oh et al. // Retina. — 2011. — Vol.31. — P. 2044–2049.
5. **Saleh M.** Long-term outcomes of acute traumatic maculopathy / M Saleh et al. // Retina. — 2011. — Vol.31. — P. 2037–2043.
6. **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.
7. **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.
8. **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. 31(8). — P. 1609–1619.
9. **Srinivasan V. J.** Characterization of outer retinal morphology with high-speed, ultrahigh-resolution optical coherence tomography / V. J. Srinivasan et al. // Invest Ophthalmol Vis Sci. — 2008. — Vol. 49. — P. 1571–1579.

Поступила 13.03.2015

References

1. **Grubnik NP, Krasnovid TA, Vit VV.** 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. Ophthalmol Zh. 2015;1:41–7. In Russian.
2. **Gundorova RA, Neroiev VV, Kashnikov VV.** Trauma of the eye. Moscow; 2009. 553 p.
3. **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.
4. **Oh J et al.** Comotio retinae with spectral domain optical coherence tomography. Retina. 2011;31:2044–9.
5. **M Saleh et al.** Long-term outcomes of acute traumatic maculopathy. Retina. 2011;31:2037–43.
6. **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.
7. **Souza-Santos F et al.** Spectral domain optical coherence tomography in patients with commotio retinae. Retina. 2012;32:711–718.13.
8. **Spaide RF, Curcio CA.** Anatomical correlates to the bands seen in the outer retina by optical coherence tomography: Literature Review and Model. Retina. 2011;31(8):1609–19.
9. **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 13.03.2015