

УДК 617.753.29:611.843.3-073

## Новый подход к морфометрической оценке диска зрительного нерва и перипапиллярной сетчатки при высокой осевой миопии по данным спектральной оптической когерентной томографии

Н. А. Ульянова, к. мед. наук, Л. В. Венгер, д-р мед. наук

Одесский национальный  
медицинский университет

E-mail: uyanova@ukr.net

**Ключевые слова:** миопия высокой степени, диск зрительного нерва, спектральная оптическая когерентная томография.

**Ключові слова:** міопія високого ступеня, диск зорового нерва, спектральна оптична когерентна томографія.

**Вступ.** Збільшення передне-заднього розміру (ПЗР) ока при високій осевій міопії впливає на архітектуру нервових волокон в області диска зорового нерва (ДЗН) і супроводжується зміною його морфометричних показників.

**Мета роботи** — удосконалення морфометричного аналізу ДЗН і перипапиллярної сітківки у пацієнтів з високою осевою міопією за даними спектральної оптичної когерентної томографії (СОКТ).

**Матеріал і методи.** Під спостереженням перебувало 46 пацієнтів (88 очей). Група I — 7 осіб (14 очей) з еметропією і середнім ПЗР до 24 мм ( $23,89 \pm 0,05$ ). Група II — 10 пацієнтів (20 очей) з середнім сферичним еквівалентом ( $-2,5^D \pm 0,15$ ), ПЗР —  $25,02 \pm 0,03$  мм. Група III — 12 пацієнтів (21 око), з середнім сферичним еквівалентом ( $-4,0^D \pm 0,04$ ), ПЗР  $26,1 \pm 0,21$  мм. IV група — 9 пацієнтів (18 очей), з середнім сферичним еквівалентом ( $-8,75^D \pm 0,05$ ), ПЗР  $27,05 \pm 0,24$  мм. V група — 8 пацієнтів (15 очей) з середнім сферичним еквівалентом ( $-10,5^D \pm 0,05$ ), ПЗР  $28,03 \pm 0,11$  мм. Всім хворим проведена СОКТ ДЗН на апаратах «Soct Copernicus Optopol» в режимі «Asterisk scanning program» и «3D scanning».

**Результати.** Виявлена деформація ДЗН у пацієнтів з високою осевою міопією, яка проявляється змінами розмірів і форми ДЗН, косим входженням нервових волокон у склеральне кільце і нерівномірною товщиною шару нервових волокон у перипапиллярній зоні. При високій осевій міопії виявлено збільшення товщини шару нервових волокон в темпоральному секторі в середньому на 55,5 % в порівнянні з еметропією, зменшення товщини шару нервових волокон у верхньому і нижньому секторах в середньому на 12,9 і 13,4 % відповідно ( $p < 0,05$ ). Для кількісної оцінки косоного входження нервових волокон у склеральне кільце запропонований кутовий показник деформації ДЗН, який обчислюється по куту між двома променями, проведеними від країв ДЗН до найбільш глибокої точки фізіологічної екскавації.

## New approach to morphometric assessment of the optic nerve disc in high axial myopia according to the data of spectral optic coherent tomography

Ulyanova NA, Venger LV

Odessa National Medical University

E-mail: uyanova@ukr.net

**Introduction.** The enlargement of the anterior — posterior size (APS) of the eye in high axial myopia influences the architectonics of the nervous fibres in the area of the optic nerve disc (OND) and is accompanied by the morphometric indices.

**Purpose of the work.** Improvement of morphometric analysis of OND and peripapillar retina in patients with high axial myopia according to a spectral optical coherent tomography (SOCT).

**Materials and methods.** There were examined 46 patients (88 eyes). 1 group consisted of 7 people (14 eyes) with emmetropia and average APS of up to 24 mm ( $23.89 \pm 0.05$ ). II group comprised 10 patients (20 eyes) with average spherical equivalent ( $-2.5D \pm 0.15$ ), APS —  $25.02 \pm 0.03$  mm. III group included 12 patients (21 eyes) with average spherical equivalent ( $-4.0 \pm 0.04$ ), APS —  $26.1 \pm 0.21$  mm. IV group was of 9 patients (18 eyes) with average spherical equivalent ( $-8.75 \pm 0.05$ ), APS —  $27.05 \pm 0.24$  mm. V group consisted of 8 patients (15 eyes) with average spherical equivalent ( $-10.5 \pm 0.05$ ), APS —  $28.03 \pm 0.11$  mm. All

patients were made SOCT of OND («SoctCopernicusOptopol») in the mode «Asterisk scanning program» and «3D scanning».

**Results.** There was revealed OND deformation in patients with high axial myopia manifested by changes of the OND sizes and form, oblique entrance of the nervous fibres into the scleral ring and non-uniform thickness of the layer of the nervous fibres in the peripapillar zone. In high axial myopia the increase in thickness of the nervous fibres layer in the temporal sector is on the average by 55.5 % in comparison with emmetropia, decrease in the thickness of the layer of the nervous fibers in the upper and lower sectors is on an average by 12.9 and 13.4 % accordingly ( $p < 0.05$ ). For qualitative assessment of the oblique entrance of the nervous fibers into spectral ring there was suggested the angle index of APS deformation, which was calculated by the angle between two beams passed from the APS edges to the deepest point of the physiological excavation on optic tomogram of APS.

**Key words:** high degree myopia, optic nerve disc, spectral optical coherence tomography.

**Введение.** В процессе прогрессирования осевой миопии ключевая роль отводится структурным изменениям оболочек глазного яблока в экваториальной части и заднем полюсе глаза, что обусловлено формированием задней миопической стафиломы [2]. Очевидным является тот факт, что изменение размеров склерохориоидального кольца влияет на архитектуру нервных волокон в области диска зрительного нерва (ДЗН) и сопровождается изменением морфометрических показателей [1].

Изучение структурных особенностей ДЗН и перипапиллярной зоны сетчатки при миопии сопряжено с определенными трудностями. Данные, полученные на экспериментальных моделях миопии у животных, невозможно с точностью экстраполировать на глаз человека. Морфологические исследования энуклеированных глаз также не позволяют оценить пространственную организацию ДЗН и перипапиллярной зоны [5]. Следовательно, наиболее адекватным методом изучения формы и размера ДЗН, в частности, архитектуры нервных волокон в области диска, является метод «прижизненной гистологии» — оптическая когерентная томография [4, 8]. В свою очередь, при использовании современных объективных методов визуализации структур глазного дна необходимо учитывать анатомо-топографические особенности миопического глаза, который по своим биомеханическим и биометрическим характеристикам значительно отличается от других видов рефракции.

**Цель исследования.** Усовершенствование морфометрического анализа диска зрительного нерва и перипапиллярной сетчатки у пациентов с высокой осевой миопией по данным спектральной оптической когерентной томографии.

#### Материал и методы исследований

Под наблюдением в клинике на базе кафедры офтальмологии Одесского национального медицинского университета находились 46 больных (26 женщин и 20 мужчин) в возрасте от 20 до 57 лет. Больных в зависимости от степени миопии и величины переднезаднего размера (ПЗР) глаза распределили на 5 групп наблюдения. В первую (I) группу

вошли 7 человек (14 глаз) с эмметропической рефракцией и средней величиной ПЗР до 24 мм ( $23,89 \pm 0,05$ ). Во вторую (II) группу наблюдения вошли 10 пациентов (20 глаз) с миопией слабой степени, у которых средний сферический эквивалент рефракции составил  $-2,5^D \pm 0,15$ , при этом средний ПЗР был ( $25,02 \pm 0,03$ ) мм. В третью (III) группу наблюдения вошли 12 пациентов с миопией средней степени (21 глаз), у которых средний сферический эквивалент составил  $-4,0^D \pm 0,04$ , а ПЗР — ( $26,1 \pm 0,21$ ) мм. В четвертую (IV) и пятую (V) группы наблюдения включили пациентов с миопией высокой степени. Так, в IV клинической группе (18 глаз) средний сферический эквивалент глаз составил  $-8,75^D \pm 0,05$ , а ПЗР в среднем составлял ( $27,05 \pm 0,24$ ) мм. Соответственно в V группу наблюдения вошли пациенты с миопией свыше  $-10^D$  (15 глаз). Средний сферический эквивалент глаз в данной группе составил  $-10,5^D \pm 0,05$ , а ПЗР в среднем был ( $28,03 \pm 0,11$ ) мм. Разделение пациентов с высокой степенью миопии на две отдельные группы обусловлено отсутствием верхнего лимита степени миопии и значительным диапазоном сферического эквивалента в отличие от четкой градации для миопии слабой и средней степени, согласно общепринятой клинической классификации.

Всем больным производилось стандартное офтальмологическое обследование. Изучение морфологических особенностей ДЗН и перипапиллярной области сетчатки выполняли методом спектральной оптической когерентной томографии на аппарате «Soct Copernicus Optopol» в режиме «Asterisk scanning program» и «3D scanning program» с последующим анализом по стандарту «Disc analysis». Морфометрический анализ ДЗН включал измерение диаметра ДЗН, диаметра экскавации, соотношения экскавации и ДЗН по площади, толщину слоя нервных волокон.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием дисперсионного анализа, критерия Ньюмена-Кейлса.

#### Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что у пациентов I, II, и III групп наблюдения структурные изменения в области ДЗН и перипапиллярной зоны отсутствовали. У пациентов IV и V групп на томограммах определялась частичная либо полная «конкав»-деформация контура сетчатки в области сканирования, обусловленная наличием задней миопической стафиломы в 65 и 83 % случаев соответственно. Морфологические изменения

в виде перипапиллярной атрофии слоя пигментного эпителия сетчатки выявлены у 78 % больных в IV группе и у 93 % больных V группы наблюдения. Также практически у всех пациентов с высокой степенью миопии отмечался феномен перипапиллярной кавитации в виде гипоезогенных участков вокруг крупных сосудов в перипапиллярной зоне, что свидетельствует об изменениях их адвентиции в области ДЗН при наличии миопической стафиломы.

Выявленные морфологические изменения ДЗН сопровождались изменениями морфометрических характеристик. Следует отметить, что достоверных отличий размера ДЗН и экскавации, а также их соотношения у пациентов с различной рефракцией и величиной ПЗР не выявлено. На наш взгляд это связано с тем, что показатель величины ДЗН является достаточно варибельным и в некоторых случаях существуют значительные отклонения от средних параметров, связанные с индивидуальными особенностями, что не является патологией ДЗН. У всех обследованных пациентов показатели площади экскавации и соотношения экскавация/ДЗН находились в пределах нормы и статистически не отличались в различных группах наблюдения. Заслуживает внимания разница в размере вертикального и горизонтального диаметра ДЗН у пациентов IV и V групп, которая составила 0,09 и 0,08 мм соответственно. Это свидетельствует о том, что форма ДЗН у данной категории пациентов близка к овальной, что является признаком деформации ДЗН при увеличении ПЗР. Выявленная особенность ДЗН у 61 % пациентов с высокой миопией сочеталась с косым вхождением нервных волокон в склерохиориоидальный канал, что офтальмоскопически проявлялось характерными изменениями ДЗН в виде сглаженности и нависания носового края ДЗН и косоого расположения сосудистого пучка. Однако следует подчеркнуть, что показатели размера ДЗН и экскавации должны трактоваться с определенной долей условности, поскольку во многом зависят от индивидуальных особенностей строения глазного яблока.

Согласно данным литературы, при приобретенной миопии с увеличением ее степени и удлинением ПЗР увеличивается дистанция между диском и фовеолой, растет индекс овальности и сам размер

ДЗН [1]. При этом отличительными особенностями наклонного диска являются косое вхождение сосудов, гипоплазия прилежащей хориоретинальной ткани, β-зона перипапиллярной атрофии, задняя стафилома, перераспределение пигмента в нижне-назальном сегменте, хориоретинальная атрофия [1].

На наш взгляд, такие морфологические изменения не могут не влиять на микроархитектонику слоя нервных волокон в перипапиллярной зоне. Так, наиболее значимым в клинической практике является морфометрический анализ толщины слоя нервных волокон в перипапиллярной зоне, поскольку он является интегральным в оценке функционального состояния ДЗН. В результате проведенных исследований установлено, что средняя толщина слоя нервных волокон у всех пациентов находилась в пределах нормы. Однако интересным оказался тот факт, что у 9 % больных III группы, у 14 % больных IV группы и почти у 25 % больных V группы отмечалась неравномерная толщина слоя нервных волокон в перипапиллярной зоне, что проявлялось резким снижением либо увеличением данного показателя в отдельных локусах измерения. Причем, в отдельных случаях отмечалось увеличение толщины слоя нервных волокон более чем на 60 %.

Толщина слоя нервных волокон изменялась в зависимости от величины ПЗР. При этом в верхнем и нижнем секторах наблюдалось истончение данного слоя у пациентов с миопией по сравнению с эметропами (табл. 1). В назальном секторе изменений толщины слоя нервных волокон не выявлено. В свою очередь, в темпоральном секторе наблюдалось прогрессирующее увеличение толщины слоя нервных волокон по мере увеличения ПЗР, причем статистически достоверные отличия выявлены уже во II группе наблюдения.

Известно, что толщину слоя нервных волокон в пределах границ ДЗН измеряют от границы пигментного эпителия сетчатки до поверхности ДЗН. Измерение толщины слоя нервных волокон производят по результатам сканирования перипапиллярной зоны диаметром 3,4 мм концентрично окружности ДЗН. Наибольшую толщину слой нервных волокон имеет в верхних и нижневисоч-

**Таблица 1.** Толщина слоя нервных волокон в перипапиллярной зоне при различных видах рефракции и величине ПЗР (M±m, мкм)

Группа	Толщина слоя нервных волокон			
	Темпоральный сектор	Верхний сектор	Назальный сектор	Нижний сектор
I (n=14 глаз)	61,5±1,72	120,2±3,4	83,1±3,68	120,1±2,69
II (n=20 глаз)	69,7±2,2*	124,6±4,78	73,7±4,5	120,1±4,32
III (n=21 глаз)	91,2±2,1*	118,7±4,8	77,5±4,40	114,4±3,98
IV (n=18 глаз)	93,5±5,98*	108,1±5,0*	79,8±4,82	106,9±4,35*
V (n=15 глаз)	97,8±5,83*	101,4±4,85*	77,5±4,15	101,1±4,21*

Примечание. \* — p<0,05 по сравнению с эметропией.

ных отделах. Согласно некоторым данным литературы, результаты исследования не зависят от рефракции и длины ПЗР, поскольку слой нервных волокон имеет высокое обратное рассеивание и, таким образом, контрастирует с другими слоями сетчатки, так как аксоны нервных волокон ориентированы перпендикулярно пучку луча ОКТ [3]. Однако, на наш взгляд, выраженные морфологические изменения перипапиллярной зоны, наличие вышеописанной деформации ДЗН, обусловленные наличием обширных стафилом, при миопии свыше 10 диоптрий не могут не оказывать влияния на результаты автоматического определения данного показателя при проведении ОКТ. Особенно актуально это при наличии косоугольного вхождения нервных волокон в склерохориоидальный канал.

Полученные в результате наших исследований данные толщины слоя нервных волокон в четырех квадрантах согласуются с данными литературы, также указывающими на влияние косоугольного вхождения нервных волокон в склеральное кольцо как основной фактор влияющий на архитектуру в перипапиллярной зоне [7]. Учитывая все вышеперечисленное, нами предложено использовать дополнительную характеристику, отражающую выраженность деформации ДЗН в целом и архитектонику слоя нервных волокон в области формирования ДЗН, в частности. Так, при косоугольном вхождении нервных волокон в склерохориоидальный канал мы исследовали дополнительный морфометрический показатель — так называемый угловой показатель деформации ДЗН. Производилось измерение угла между линиями, проведенными от краев ДЗН к наиболее глубокой точке физиологической экскавации ДЗН на всех сканах, полученных в режиме «Asterisk scanning program» и вычислялась средняя величина угла, что характеризовало рельеф внутренней поверхности ДЗН (Рис. 1, 2). Выявлены статистические различия в величине этого угла. В частности, у пациентов с высокой осевой миопией и задней миопической стафилемой этот угол в среднем составил  $(138,3 \pm 3,9)^\circ$ , в свою очередь, при слабой миопии —  $(150,4 \pm 4,5)^\circ$  ( $p < 0,05$ ). В настоящее время нами исследуется зависимость данного ангулярного показателя деформации ДЗН от степени миопии и величины ПЗР.

### Выводы

1. Проведенные исследования выявили деформацию ДЗН у пациентов с высокой осевой миопией, которая проявляется изменениями размеров и формы ДЗН, косоугольным вхождением нервных волокон в склеральное кольцо и неравномерной толщиной слоя нервных волокон в перипапиллярной зоне.

2. При высокой осевой миопии выявлено увеличение толщины слоя нервных волокон в темпоральном секторе в среднем на 55,5 % по сравнению с

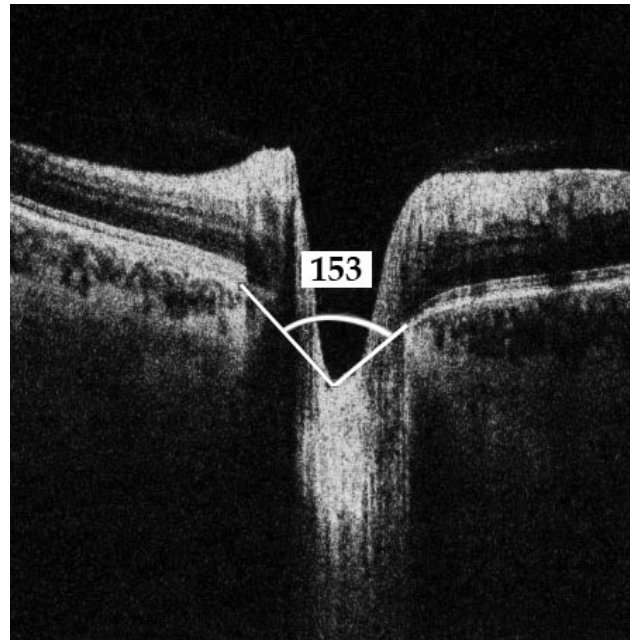


Рис. 1. Пациентка К., 62 года, миопия  $(-2,5^D)$ , ПЗР 24,9 мм.

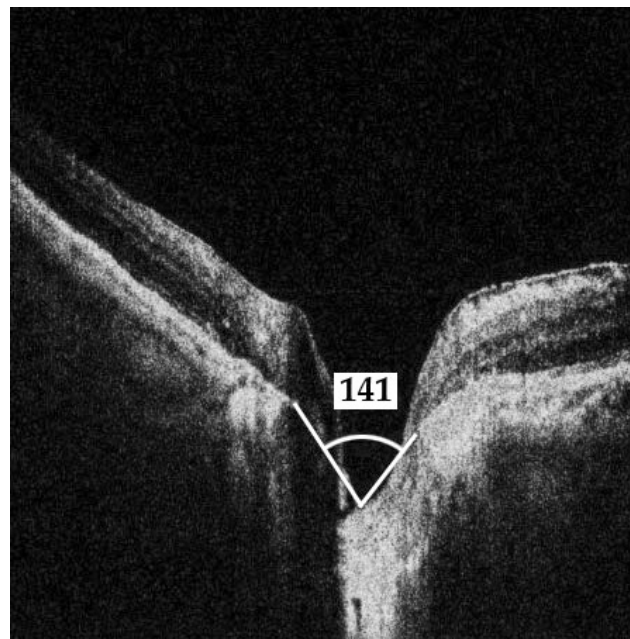


Рис. 2. Пациент Т., 47 лет. Миопия  $(-10,0^D)$ , ПЗР 27,7 мм.

эмметропией, уменьшение толщины слоя нервных волокон в верхнем и нижнем секторах в среднем на 12,9 и 13,4 % соответственно ( $p < 0,05$ ).

3. Для количественной оценки косоугольного вхождения нервных волокон в склеральное кольцо предложен угловой показатель деформации ДЗН, который вычисляется по углу между двумя лучами, проведенными от краев ДЗН к наиболее глубокой точке физиологической экскавации при анализе спектральной ОКТ.

*Литература*

1. Взаимосвязь биомеханических особенностей корнеосклеральной капсулы и стереометрических параметров диска зрительного нерва при врожденной и приобретенной миопии / Тарутта Е. П. и соавт. // Вестник офтальмологии. — 2013. — № 4. — С. 29–34.
2. Общие и местные биомеханические нарушения соединительной ткани при прогрессировании миопии / Иомдина Е. Н. и соавт. // РООФ — 2011. Сборник трудов конференции. — Москва, 2011. — С. 93–98.
3. Оптическая когерентная томография в диагностике глазных болезней / Под ред. Шуко А. Г., Малышева В. В. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 128 с.
4. Evaluation of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness of myopic and hyperopic patients: a controlled study by Stratus optical coherence tomography / V. Öner, M. Taş, F. M. Türkcü [et al.] // Curr. Eye Res. — 2013. — Vol. 38, № 1. — P. 102–107.
5. Histology of the parapapillary region in high myopia / J. B. Jonas, S. B. Jonas, R. A. Jonas [et al.] // Am. J. Ophthalmol. — 2011. — Vol. 152, № 6. — P. 1021–1029.
6. Hwang Y. H. Myopic optic disc tilt and the characteristics of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness measured by spectral-domain optical coherence tomography / Y. H. Hwang, C. Yoo, Y. Y. Kim // J. Glaucoma. — 2012. — Vol. 21, № 4. — P. 260–265.
7. Retinal nerve fiber layer imaging with spectral-domain optical coherence tomography a study on diagnostic agreement with Heidelberg Retinal Tomograph / C. K. Leung, C. Ye, R. N. Weinreb [et al.] — Ophthalmology. — 2010. — V. 117, № 2. — P. 267–274.

Поступила 04.11.2013

*References*

1. Tarutta et al. The relationship of biomechanical characteristics of corneoscleral capsule and stereometric parameters of the optic nerve in congenital and acquired myopia. Vestn Oftalmol. 2013; 4: 29–34. Russian.
2. Iomdina et al. General and local biomechanical disorders of the connective tissue in the progression of myopia. ROOF — 2011. Proceedings of the conference. Moscow; 2011: 93–8. Russian.
3. Shchuko AG, Malysheva VV. Optical coherence tomography in the diagnosis of eye diseases. M.: GEOTAR-Media, 2010. 128 p.
4. Öner V, Taş M, Türkcü FM et al. Evaluation of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness of myopic and hyperopic patients: a controlled study by Stratus optical coherence tomography. Curr. Eye Res. 2013; 38(1): 102–7.
5. Jonas JB, Jonas SB, Jonas RA et al. Histology of the parapapillary region in high myopia. Am. J. Ophthalmol. 2011; 152(6): 1021–9.
6. Hwang YH, Yoo C, Kim YY. Myopic optic disc tilt and the characteristics of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness measured by spectral-domain optical coherence tomography. J. Glaucoma. 2012; (4): 260–5.
7. Leung CK, Ye C, Weinreb RN et al. Retinal nerve fiber layer imaging with spectral-domain optical coherence tomography a study on diagnostic agreement with Heidelberg Retinal Tomograph. Ophthalmology. 2010; 117(2): 267–74.

Received 04.11.2013