

DOI: <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2017-4-67-72>  
УДК 617.7-073.756.8

# Оптическая когерентная томография у пациентов с аномалиями рефракции.

## Сообщение 1: Толщина перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки

А.А. Шпак, М.В. Коробкова

ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва

### РЕФЕРАТ

**Цель.** Разработка доступного способа коррекции влияния оптической системы длинных или коротких глаз на параметры перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (пСНВС), измеряемого методом оптической когерентной томографии (ОКТ).

**Материал и методы.** Обследовано 46 пациентов (46 глаз) в возрасте от 18 до 40 лет с миопией средней и высокой степени, имеющих остроту зрения с коррекцией не ниже 0,8, а также 53 здоровых человека с эметропией, аналогичного пола и возраста (группа сравнения), и 117 здоровых эметропов 41-84 лет (группа «старше 40 лет»). ОКТ выполняли на приборе Cirrus HD-OCT (Carl Zeiss Meditec). Проведен анализ литературы для подбора оптимального способа коррекции влияния оптической системы глаза на параметры пСНВС.

**Результаты.** С учетом данных литературы для коррекции влияния оптической системы глаза на параметры пСНВС был избран метод Littmann (1982) в модификации Bennett et al. (1994). Метод был модифицирован применительно к эметропическому глазу длиной 23,5 мм. Определены нормативы пСНВС для таких глаз. Несмотря на высокую остроту зрения пациенты с близорукостью демонстрирова-

ли достоверное снижение толщины пСНВС ( $83,9 \pm 5,4 \mu\text{м}$ ) относительно группы сравнения ( $96,1 \pm 8,2 \mu\text{м}$ ,  $P < 0,000$ ) и корреляцию толщины пСНВС с длиной оси глаза ( $r = -0,394$ ;  $P = 0,007$ ). После коррекции по модифицированному методу средняя толщина пСНВС ( $96,0 \pm 5,8 \mu\text{м}$ ) не отличалась от нормы и отсутствовала корреляция с длиной оси глаза. Разработана таблица, позволяющая корректировать толщину пСНВС с учетом длины оси глаза.

**Заключение.** Приборы для ОКТ большинства производителей не учитывают влияния аномалий рефракции, особенно высокой степени, на количественные измерения структур глазного дна. Для правильной интерпретации измерений пСНВС у таких пациентов усовершенствованы существующие способы расчетов и предложена оригинальная таблица, обеспечивающая быструю оценку полученных результатов.

**Ключевые слова:** оптическая когерентная томография, миопия, гиперметропия, перипапиллярный слой нервных волокон сетчатки, оптическое увеличение, формулы расчета. ■

**Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.**

Офтальмохирургия. – 2017. – № 4. – С. 67–72.

### ABSTRACT

#### Optical coherence tomography in patients with refractive errors. Part 1: The thickness of the peripapillary retinal nerve fiber layer

A.A. Shpak, M.V. Korobkova

The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow

**Purpose.** To develop an available method to correct the influence of the optical system of long or short eyes on the thickness of peripapillary retinal nerve fiber layer (pRNFL), measured using the optical coherence tomography (OCT).

**Material and methods.** The study involved 46 patients (46 eyes) aged 18 to 40 years, with moderate and high myopia and the best corrected visual acuity (BCVA) not lower than 0.8, as well as 53 healthy persons with emmetropia of the same sex and age (comparative group) and 117 healthy emmetropic individuals aged 41-84 years (group «over 40 years old»). The OCT was performed using a Cirrus HD-OCT device (Carl Zeiss Meditec). An analysis of the literature was conducted for the

selection of the optimal method to correct the influence of the eye optical system on the pRNFL parameters.

**Results.** Taking into account the literature data, Littmann's method (1982), modified by Bennett et al. (1994), was chosen for a correction of the influence of the ocular optical system on the pRNFL. The method was modified and adopted to the emmetropic eye with a 23.5 mm axial length. The pRNFL normative data were defined for such eyes. Despite the high visual acuity, the patients with myopia showed a significant decrease in the thickness of pRNFL ( $83.9 \pm 5.4 \mu\text{m}$ ) compared to the healthy individuals ( $96.1 \pm 8.2 \mu\text{m}$ ,  $P < 0.000$ ) and the correlation of the pRNFL thickness with the axial length of the eye ( $r = -0.394$ ;  $P = 0.007$ ).

After the correction by the suggested modified method, the average RNFL thickness ( $96.0 \pm 5.8 \mu\text{m}$ ) did not differ from the healthy individuals, and there was no correlation with the axial length of the eye. A table was developed that allows to correct the pRNFL thickness taking into account the axial length of the eye.

**Conclusion.** The OCT devices of most manufacturers do not consider the effect of refractive errors, especially in case of high degree, on quantitative measurements of structures of the eye fundus. For a correct

interpretation of pRNFL measurements in these patients, the existing methods of calculation were improved and an original table was proposed, which provides a quick assessment of the obtained results.

**Key words:** optical coherence tomography, myopia, hyperopia, peripapillary retinal nerve fiber layer, the optical magnification, correction calculation formula. ■

**No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned.**

Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. – 2017. – No. 4. – P. 67–72.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Измерения, выполняемые методом оптической когерентной томографии (ОКТ), играют важную роль в диагностике глаукомной оптической нейропатии и атрофий зрительного нерва другого происхождения. Большие сложности представляет трактовка количественных результатов ОКТ у пациентов с миопией, особенно высокой степени. В ряде работ [1, 2, 5, 6] отмечено снижение толщины перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (пСНВС) при высокой близорукости, что существенно затрудняет диагностику глаукомы. Не меньшие затруднения могут быть связаны с утолщением пСНВС у пациентов с дальнозоркостью, особенно высокой степени [23, 26, 27]. Считается, что перечисленные изменения являются оптическим эффектом, а не истинным изменением толщины пСНВС [20, 21, 23, 24, 26]. Однако в большинстве приборов для ОКТ подобные оптические эффекты не учитываются. Исключением служат прибор 3D OCT-2000 (Topcon), который измеряет пСНВС по окружности, диаметр которой корректируется с учетом длины оси и других параметров оптической системы глаза, а также приборы серии RS (Nidek), которые оснащены нормативной базой данных для миопии с длиной оси 26–29 мм (только для пациентов азиатского происхождения) [4]. Предложены способы коррекции влияния аномалий рефрак-

ции на параметры пСНВС и ДЗН (но не макулярной области) путем пересчета результатов по специальным формулам [8, 15, 18, 22]. Однако эти формулы не элементарны и во многих случаях адаптированы к приборам определенного производителя, что затрудняет их практическое использование.

## ЦЕЛЬ

Разработка доступного способа коррекции влияния оптической системы длинных или коротких глаз на параметры пСНВС.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Были обследованы 46 пациентов (46 глаз, основная группа), последовательно обратившихся в ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России для решения вопроса о рефракционном вмешательстве. Пациенты были с миопией средней (15 чел.) и высокой (31 чел.) степени; у каждого из них оценивали один глаз, избранный случайным методом. Критериями включения были близорукость (по сферозэквиваленту) от  $-4,0$  дптр, астигматизм до  $3,0$  дптр, острота зрения с коррекцией не ниже  $0,8$  (для оперированных больных как до, так и после операции), возраст не старше 40 лет, нормальное внутриглазное давление, отсутствие глаукомы у ближайших родственников. Исключали больных с неустойчивой фиксацией, помутнениями оптических сред глаза, серьезными заболеваниями органа зрения и сопутствующими соматическими заболеваниями.

Пациенты были в возрасте от 18 до 40 (в среднем  $26,9 \pm 5,9$ ) лет, из

них 26 женщин и 20 мужчин. Рефракция (по сферозэквиваленту) составляла в среднем  $-7,7 \pm 2,8$  дптр, варьируя от  $-4,0$  до  $-17,4$  дптр, астигматизм не превышал  $2,5$  дптр. Длина оси глаза была в диапазоне от  $25,63$  до  $29,36$  мм, в среднем  $26,65 \pm 0,78$  мм.

Группу сравнения составили 53 здоровых испытуемых (53 глаза) с рефракцией, близкой к эметропии (допускались аномалии рефракции не более  $\pm 1,25$  дптр по сферозэквиваленту и астигматизм не свыше  $1,25$  дптр). Испытуемые были аналогичного возраста (от 19 до 40 лет, в среднем  $26,5 \pm 4,1$  года) и пола (33 женщины и 20 мужчин). Длина оси глаза составляла в среднем  $23,50 \pm 0,70$  мм (от  $22,10$  до  $25,03$  мм).

Для уточнения возрастных нормативов пСНВС, важных для диагностики глаукомы, были дополнительно обследованы 117 здоровых испытуемых с рефракцией, близкой к эметропии (117 глаз, группа «старше 40 лет»). Средний возраст испытуемых был  $63,7 \pm 7,7$  (от 41 до 84) лет, среди них 66 женщин и 51 мужчина. Рефракция (по сферозэквиваленту) и астигматизм были в пределах  $\pm 1,25$  дптр. Длина оси глаза была в диапазоне от  $21,55$  до  $25,46$  мм, в среднем  $23,57 \pm 0,81$  мм.

Наряду с традиционными методами обследования выполняли спектральную ОКТ по общепринятой методике на приборе Cirrus HD-OCT (Carl Zeiss Meditec). Сканирование области ДЗН осуществляли по протоколу «Optic Disc Cube 200x200» с последующим анализом пСНВС и ДЗН по программе «ONH and RNFL OU Analysis». Исключали протоколы анализа с силой сигнала менее 6 (из возможных 10). Длину оси глаза измеряли в основной группе методом эхобиометрии на приборе Tomey AL-3000, у здоровых испыты-

## Для корреспонденции:

Коробкова Мария Валерьевна, аспирант  
E-mail: korobkova1@inbox.ru

емых – методом оптической биометрии на приборах IOLmaster 500 и LENSTAR LS 900 (следует учитывать, что аппланационная ультразвуковая биометрия занижает результаты измерений длины оси глаза на 0,1-0,2 мм [3, 12, 29]).

Для подбора оптимальных математических способов коррекции влияния оптической системы глаза на параметры пСНВС был проведен анализ литературы и сравнительная оценка найденных математических расчетов.

Статистическую обработку выполняли на персональном компьютере с использованием программ Excel и R. Количественные показатели сравнивали с использованием t-критерия Стьюдента, качественные – с помощью точного критерия Фишера. Соотношения толщины пСНВС и длины оси глаза оценивали методом корреляционного анализа по Пирсону. Все данные приведены в формате  $M \pm \sigma$ . Статистически значимым считали уровень  $P < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Путем изучения литературных источников было найдено свыше 10 методов коррекции влияния аномалий рефракции на размеры изображения объектов на глазном дне [15, 18]. При теоретическом их сравнении метод Littmann [22] в модификации Bennett et al. [8] был признан самым точным [15], что подтверждалось наиболее широким его использованием [20, 21, 23, 24, 26]. Согласно этому методу соотношение линейных размеров изображения, истинного на глазном дне ( $t$ ) и измеренного на ОКТ ( $s$ ), определяется формулой:

$$t = p \cdot q \cdot s, \quad (1)$$

где:  $p$  – коэффициент увеличения камеры прибора,  $q$  – коэффициент увеличения оптической системы глаза. Последний определяется по формуле [8]:

$$q = 0,01306 \cdot (AL - 1,82), \quad (2)$$

где:  $AL$  – длина оси глаза, 1,82 – расстояние от вершины роговицы до 2-й главной точки в схематическом глазу Bennett и Rabbetts [8, 15]. Коэффициент увеличения камеры прибора Stratus OCT 3000 (Carl Zeiss Meditec)  $p = 3,382$  рассчитан, исходя

из равенства истинного и измеренного размеров изображения в глазу с длиной оси 24,46 мм [21]. Такое же значение он имеет и в приборе Cirrus HD-OCT [20]. Таким образом, для указанных приборов формула (1) приобретает следующий вид:

$$t = 3,382 \cdot 0,01306 \cdot (AL - 1,82) \cdot s. \quad (3)$$

Группой авторов [20] была обоснована возможность применения формул 1-3 не только для оценки размеров изображений на глазном дне, но и для оценки толщины пСНВС. В идеале толщина пСНВС измеряется по окружности радиусом 1,73 мм вокруг ДЗН. Авторы постулировали, что общее число нервных волокон и, соответственно, суммарная площадь «среза» пСНВС постоянны на разных расстояниях от ДЗН. И если, например, при высокой близорукости диаметр окружности вокруг ДЗН увеличивается в определенной пропорции, то толщина пСНВС уменьшается в той же самой пропорции, и истинное ее значение может быть рассчитано по формулам 1-3.

С учетом того, что в этих формулах все величины, кроме длины оси, являются постоянными, нами была предложена упрощенная формула, позволяющая определить указанную пропорцию (увеличение; соотношение истинного и измеренного на ОКТ размера изображения), например, для радиуса окружности вокруг ДЗН при определенной длине оси глаза ( $AL1$ ):

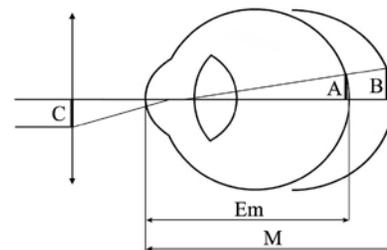
$$t/s = (AL1 - 1,82) / (24,46 - 1,82). \quad (4)$$

В такой же пропорции, но в противоположном направлении изменена и толщина пСНВС (например, при высокой миопии окружность увеличена, а толщина уменьшена). Соответственно, чтобы определить толщину пСНВС по стандартной окружности 1,73 мм ( $W$ ), необходимо полученное значение толщины пСНВС ( $H$ ) умножить на ту же величину:

$$W = H \cdot (AL1 - 1,82) / (24,46 - 1,82). \quad (5)$$

Предложенная формула дает те же результаты, что и формула (3), но она значительно проще, а также обладает серьезным преимуществом – может быть использована в любом приборе для ОКТ, а не только в приборах фирмы Carl Zeiss Meditec.

Схема на рисунке иллюстрирует представленные расчеты, показывая, что при увеличении длины оси глаза



**Рис.** Схема формирования изображения в приборе для ОКТ. В миопическом глазу ( $M$ ) размеры объекта на глазном дне ( $B$ ) должны существенно увеличиться по сравнению с размерами объекта ( $A$ ) в эметропическом глазу ( $Em$ ), чтобы сформировать равновеликое изображение в оптическом когерентном томографе ( $C$ )

**Fig.** Scheme of image formation in the OCT device. In the myopic eye ( $M$ ), the size of the object ( $B$ ) on the ocular fundus should increase significantly compared to the size of the object ( $A$ ) in the emmetropic eye ( $Em$ ) to form an equal image in the optical coherent tomograph ( $C$ )

размеры объекта на глазном дне также должны увеличиться, чтобы сформировать равновеликое изображение в оптическом когерентном томографе (рис.). Обратные соотношения имеют место в коротких глазах.

Следует отметить, что на практике важно соотношение размеров изображения не со схематическим глазом с длиной оси 24,46 мм, в котором оптическое увеличение равно 1, а с эметропическим глазом.

Не существует единого мнения о средней длине оси эметропического глаза. В большинстве руководств ее определяют приблизительно в диапазоне 23-24 мм. Только в руководстве [29] приведены более конкретные цифры: 23,45 мм – для ультразвуковой и 23,65 мм – для оптической биометрии. Проведенный нами анализ данных обширных популяционных исследований [10, 13, 14, 19, 25], не включавший исследования, выполненные в Азии, позволил определить среднюю длину оси глаза как 23,47 мм или, округленно, 23,5 мм, что, в целом, соответствует данным [29]. Близкие значения длина оси глаза имела в обеих группах обследованных здоровых испытуемых с эметропией.

Чтобы измеренную толщину пСНВС ( $H$ ) пересчитать на эквивалентную толщину пСНВС ( $E$ ) в эметропическом глазу с длиной оси 23,5 мм, формула (5) модифицирована нами следующим образом:

$$E = H \cdot (AL1 - 1,82) / (23,5 - 1,82). \quad (6)$$

Недостатком этой формулы является расчет для нестандартной окружности радиусом 1,66 мм (однако именно по такой окружности на ОКТ производятся измерения в глазу длиной 23,5 мм, с которым следует производить сравнение).

С другой стороны, важными преимуществами формулы (6) являются ее универсальность – возможность использования с приборами для ОКТ любых производителей, адаптация к глазам с эмметропией, а также простота набора нормативных баз, включающих именно эмметропические глаза.

Определенные сложности представляет дальнейшая оценка результатов расчетов по формулам 1-6, поскольку отсутствует возможность их сравнения с нормативной базой приборов, являющейся «закрытой» для пользователей, которым она передается только в составе программного обеспечения приборов для ОКТ [4]. Этим определяется необходимость создания собственных нормативных баз (см. ниже).

В группе обследованных пациентов относительно молодого возраста с близорукостью средней и высокой степени средняя толщина пСНВС ( $83,9 \pm 5,4$  мкм) была существенно ниже, чем у здоровых испытуемых в группе сравнения ( $96,1 \pm 8,2$  мкм,  $P < 0,000$ ). В соответствии с цветовой шкалой, основанной на распределении испытуемых, включенных в нормативную базу прибора, у 3 пациентов (7%) средняя толщина пСНВС была отмечена красным цветом, что следовало оценивать как выраженное снижение, встречающееся в норме не более чем в 1% случаев. Еще у 18 чел. (38%) окраска была желтой, что могло указывать на умеренное снижение, наблюдающееся в норме у 4% здоровых лиц аналогичного возраста. Обнаружение подобных изменений у лиц старше 40 лет неизбежно вызывало бы подозрения в плане глаукомы. Показательно, что только у одного здорового испытуемого в группе сравнения толщина пСНВС была отмечена желтым цветом, в то время как в группе «старше 40 лет» подобных изменений отмечено не было.

Приведенные данные формально демонстрировали существенное истончение пСНВС у каждого второ-

го из обследованных больных с близорукостью, в том числе до 69-77 мкм в 5 случаях. Однако такое истончение не сопровождалось функциональными нарушениями, корригированная острота зрения была высокой и в большинстве случаев еще более возрастала после рефракционного вмешательства, что говорило скорее о влиянии оптики близоруких глаз. Кроме того, имела место достоверная обратная корреляция толщины пСНВС и длины оси глаза (коэффициент корреляции  $r = 0,394$ ;  $P = 0,007$ ), что косвенно также указывало на роль оптической системы глаза.

После пересчета по формуле (6) средняя скорректированная толщина пСНВС у пациентов с близорукостью составила  $96,0 \pm 5,8$  мкм, что не отличалось от показателей контрольной группы ( $P = 0,97$ ), а корреляция с длиной оси глаза была практически полностью утрачена ( $r = 0,077$ ,  $P = 0,61$ ). Как уже отмечено выше, показатели, полученные по формуле (6), нельзя было сравнить с «закрытой» нормативной базой прибора. Поэтому данные здоровых испытуемых, составивших группы «сравнения» и «старше 40 лет», были взяты в качестве собственной нормативной базы. Были рассчитаны границы выраженного («красного» цвета) и умеренного («желтой» окраски) снижения толщины пСНВС, которые составили соответственно  $\leq 83$  и  $< 85$  мкм для лиц моложе 40 лет,  $< 77$  и  $\leq 78$  мкм – для лиц старше 40 лет. У пациентов с близорукостью скорректированная толщина пСНВС лишь в одном случае демонстрировала умеренное («желтой» окраски) снижение ( $84,3$  мкм), что практически совпадало с данными в группе сравнения.

На основе предложенной формулы была составлена таблица, позволяющая по длине оси глаза и измеренной толщине пСНВС сразу определить толщину пСНВС в условном эмметропическом глазу (табл.). Для этого в строке, соответствующей длине оси глаза, находят измеренное значение толщины пСНВС и в том же столбце читают эквивалентное значение толщины пСНВС, выделенное жирным шрифтом в строке, соответствующей длине оси 23,5 мм (эквивалентное значение

рассчитано для окружности радиусом 1,66 мм в эмметропическом глазу). Например, длина оси глаза 28 мм, толщина пСНВС 75 мкм, эквивалентное значение для эмметропии (в том же столбце выше) составит 90 мкм. Для промежуточных значений следует брать пропорциональные эквивалентные значения, например, для 72 мкм при той же длине оси глаза – промежуточное значение между 85 и 90 мкм – 87 мкм.

Строки, соответствующие длине оси глаза 22,5-23 и 24-24,5 мм, выделены мелким нежирным шрифтом, так как изменения длины оси глаза до 1 мм дают несущественные изменения толщины пСНВС (в пределах 4-5 мкм) [16]. Для справки в правом столбце приведены соответствующие длинам оси глаза значения клинической рефракции (R), рассчитанные по приближенной формуле [7]:

$$R = -2,69 \cdot \delta L, \quad (7)$$

где:  $\delta L$  – отличие длины оси глаза от 23,5 мм (предполагается, что рефракция переднего отрезка глаза близка к средним значениям, а возраст – не моложе 18 лет).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Необходимость коррекции данных ОКТ в соответствии с длиной оси глаза показана во многих работах [20, 21, 23, 24, 26], что соответствует и данным, полученным в настоящем исследовании. Внедрению в практику существующих математических расчетов препятствуют их относительная трудоемкость, привязка к приборам только одного производителя, а также сложность адаптации к «закрытым» нормативным базам приборов для ОКТ. Предложенные новые формула и таблица устраняют указанные недостатки и существенно упрощают процесс коррекции, что обеспечивает возможность его повсеместного использования.

Настоящая работа имеет ряд ограничений. Все формулы и таблица применимы только к усредненной по полной окружности толщине пСНВС (average RNFL thickness), но не к ее толщине в квадрантах и часовых секторах. Это связано с характерным для высокой миопии «пе-

Таблица

Таблица расчета эквивалентной толщины pCHBC в эметропическом глазу с длиной оси 23,5 мм

Table

Table for calculation of the equivalent thickness of the peripapillary retinal nerve fiber layer (RNFL) in the emmetropic eye with a 23.5 mm axial length

ПЗО AL	ПОКАЗАТЕЛИ ПРИБОРА MEASURED VALUES										Дптр. D
	19	69	76	82	88	95	101	107	114	120	
19,5	67	74	80	86	92	98	104	110	116	123	10,8
20	66	72	78	83	89	95	101	107	113	119	9,4
20,5	64	70	75	81	87	93	99	104	110	116	8,1
21	62	68	73	79	85	90	96	102	107	113	6,7
21,5	61	66	72	77	83	88	94	99	105	110	5,4
22	59	64	70	75	81	86	91	97	102	107	4,0
22,5	58	63	68	73	79	84	89	94	100	105	2,7
23	56	61	67	72	77	82	87	92	97	102	1,3
<b>ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЭММЕТРОПИИ EQUIVALENT VALUES FOR EMMETROPIA</b>											
23,5	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	0,0
24	54	59	64	68	73	78	83	88	93	98	-1,3
24,5	53	57	62	67	72	76	81	86	91	96	-2,7
25	51	56	61	65	70	75	79	84	89	94	-4,0
25,5	50	55	60	64	69	73	78	82	87	92	-5,4
26	49	54	58	63	67	72	76	81	85	90	-6,7
26,5	48	53	57	61	66	70	75	79	83	88	-8,1
27	47	52	56	60	65	69	73	77	82	86	-9,4
27,5	46	51	55	59	63	68	72	76	80	84	-10,8
28	46	50	54	58	62	66	70	75	79	83	-12,1
28,5	45	49	53	57	61	65	69	73	77	81	-13,5
29	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	-14,8
29,5	43	47	51	55	59	63	67	70	74	78	-16,1
30	42	46	50	54	58	62	65	69	73	77	-17,5
ПЗО AL	ПОКАЗАТЕЛИ ПРИБОРА MEASURED VALUES										Дптр. D

Примечание: таблица предназначена для средней толщины pCHBC. ПЗО – длина оси глаза.  
 Note: the table is intended for the average pRNFL thickness. AL – axial length. D – diopter.

нераспределением» pCHBC со смещением верхнего и нижнего пучков в темпоральную сторону [17, 30], что не позволяет полученные скорректированные значения толщины pCHBC сравнивать с показателями здоровых испытуемых. Используемые подходы не применимы и к показателям макулярной области, но, с определенными изменениями

могут быть использованы для коррекции параметров ДЗН, что будет рассмотрено в последующих сообщениях.

Все математические расчеты, формулы и таблицы в работе основаны только на измерении длины оси глаза и не оценивают роль роговицы и хрусталика. Однако показано, что именно длина оси гла-

за оказывает наибольшее влияние на результаты измерений методом ОКТ [15]. Роль роговицы и хрусталика будет рассмотрена детально в дальнейших сообщениях.

В работе не анализируются данные пациентов с гиперметропией высокой степени. Однако, как показывает клинический опыт авторов, предложенные формула и таблицы

позволяют проводить необходимые расчеты и у этой категории больных.

Оптимальным способом оценки изменений всех структур глазного дна у лиц с аномалиями рефракции остается создание специальных нормативных баз данных, подобных упомянутой выше миопической базе данных Nidek. Сложность такого подхода заключается в необходимости создания отдельных баз для разных этнических групп и для разных приборов. Предложенные формулы и таблица не заменяют такие базы, однако вплоть до их создания могут быть весьма полезными для ориентировочной оценки результатов измерения пСНВС в длинных и коротких глазах.

В работе установлены нормативы толщины пСНВС для весьма широкого возрастного диапазона 41-84 лет. Это не вполне корректно, так как по мере старения человека происходит последовательное истончение пСНВС [9, 11]. По мере дальнейшего набора группы «старше 40 лет» будут уточнены границы нормы в зависимости от возраста, что обеспечит дальнейшее повышение информативности оценки толщины пСНВС в глазах с аномалиями рефракции у лиц с подозрением на глаукому.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, приборы для ОКТ большинства производителей не учитывают влияния аномалий рефракции, особенно высокой степени, на количественные измерения структур глазного дна. Для правильной интерпретации измерений пСНВС у таких пациентов усовершенствованы существующие способы расчетов и предложена оригинальная таблица, обеспечивающая быструю оценку полученных результатов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белогузова А.В. Дифференциально-диагностические критерии и мониторинг глаукомного процесса при осевой миопии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2016. – 22 с.
2. Казакова А.В., Эскина Э.Н. Диагностика глаукомы у пациентов с близорукостью // Национальный журнал Глаукома. – 2015. – Т. 14, № 3. – С. 87-100.
3. Пилягина А.А. Возможности различных методов биометрии в оценке аксиальной длины глаза // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 12 (187). – С. 181-184.
4. Шпак А.А., Коробкова М.В., Баласанян В.О. Нормативные базы данных приборов для оптической когерентной томографии (обзор литературы) // Офтальмохирургия. – 2017. – № 4. – С. 87-91.
5. Эфендиева М.Э. Сравнительная оценка толщины слоя нервных волокон сетчатки у пациентов с миопией разной степени // Вестн. офтальмол. – 2014. – № 4. – С. 18-21.
6. Akashi A., Kanamori A., Ueda K. et al. The ability of SD-OCT to differentiate early glaucoma with high myopia from highly myopic controls and nonhighly myopic controls // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2015. – Vol. 56, № 11. – P. 6573-6580.
7. Atchison D., Smith G. Optics of the human eye. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000. – P. 64.
8. Bennett A.G., Rudnicka A.R., Edgar D.F. Improvements on Littmann's method of determining the size of retinal features by fundus photography // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. – 1994. – Vol. 232, № 6. – P. 361-367.
9. Celebi A.R., Mirza G.E. Age-related change in retinal nerve fiber layer thickness measured with spectral domain optical coherence tomography // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2013. – Vol. 54, № 13. – P. 8095-8103.
10. Eysteinnsson T., Jonasson F., Arnarsson A. et al. Relationships between ocular dimensions and adult stature among participants in the Reykjavik Eye Study // Acta Ophthalmol. Scand. – 2005. – Vol. 83, № 6. – P. 734-738.
11. Feuer W.J., Budenz D.L., Anderson D.R. et al. Topographic differences in the age-related changes in the retinal nerve fiber layer of normal eyes measured by Stratus optical coherence tomography // J. Glaucoma. – 2011. – Vol. 20, № 3. – P. 133-138.
12. Findl O., Kriechbaum K., Sacu S. et al. Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery // J. Cataract Refract. Surg. – 2003. – Vol. 29, № 10. – P. 1950-1955.
13. Foster P.J., Broadway D.C., Hayat S. et al. Refractive error, axial length and anterior chamber depth of the eye in British adults: the EPIC-Norfolk Eye Study // Br. J. Ophthalmol. – 2010. – Vol. 94, № 7. – P. 827-830.
14. Fotadar R., Wang J.J., Burlutsky G. et al. Distribution of axial length and ocular biometry measured using partial coherence laser interferometry (IOL Master) in an older white population // Ophthalmology. – 2010. – Vol. 117, № 3. – P. 417-423.
15. Garway-Heath D.F., Rudnicka A.R., Lowe T. et al. Measurement of optic disc size: equivalence of methods to correct for ocular magnification // Br. J. Ophthalmol. – 1998. – Vol. 82, № 6. – P. 643-649.
16. Hirasawa K., Shoji N., Yoshii Y., Haraguchi S. Determination of axial length requiring adjustment of measured circumpapillary retinal nerve fiber layer thickness for ocular magnification // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, № 9. – E107553.
17. Hong S.W., Ahn M.D., Kang S.H., Im S.K. Analysis of peripapillary retinal nerve fiber distribution in normal young adults // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2010. – Vol. 51, № 7. – P. 3515-3523.
18. Huang D., Chopra V., Lu A.T. et al. Advanced Imaging for Glaucoma Study-AIGS Group. Does optic nerve head size variation affect circumpapillary retinal nerve fiber layer thickness measurement by optical coherence tomography? // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2012. – Vol. 5, № 8. – P. 4990-4997.
19. Jivrajka R., Shammis M.C., Boenzi T. et al. Variability of axial length, anterior chamber depth, and lens thickness in the cataractous eye // J. Cataract Refract. Surg. – 2008. – Vol. 34, № 2. – P. 289-294.
20. Kang S.H., Hong S.W., Im S.K. et al. Effect of myopia on the thickness of the retinal nerve fiber layer measured by Cirrus HD optical coherence tomography // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2010. – Vol. 51, № 8. – P. 4075-4083.
21. Leung C.K., Cheng A.C., Chong K.K. et al. Optic disc measurements in myopia with optical coherence tomography and confocal scanning laser ophthalmoscopy // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2007. – Vol. 48, № 7. – P. 3178-3183.
22. Littmann H. Zur Bestimmung der wahren Grosse eines Objektes auf dem Hintergrund des lebenden Auges // Klin. Monatsbl. Augenheilkd. – 1982. – Bd. 180, № 4. – S. 286-289.
23. Öner V., Aykut V., Taş M. et al. Effect of refractive status on peripapillary retinal nerve fiber layer thickness: a study by RTVue spectral domain optical coherence tomography // Br. J. Ophthalmol. – 2013. – Vol. 97, № 1. – P. 75-79.
24. Savini G., Barboni P., Parisi V., Carbonelli M. The influence of axial length on retinal nerve fiber layer thickness and optic-disc size measurements by spectral-domain OCT // Br. J. Ophthalmol. – 2012. – Vol. 96, № 1. – P. 57-61.
25. Shufelt C., Fraser-Bell S., Ying-Lai M. et al. Refractive error, ocular biometry, and lens opalescence in an adult population: the Los Angeles Latino Eye Study // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2005. – Vol. 46, № 12. – P. 4450-4460.
26. Taş M., Öner V., Türkçü F.M. et al. Peripapillary retinal nerve fiber layer thickness in hyperopic children // Optom. Vis. Sci. – 2012. – Vol. 89, № 7. – P. 1009-1013.
27. Tsai D.C., Huang N., Hwu J.J. et al. Estimating retinal nerve fiber layer thickness in normal schoolchildren with spectral-domain optical coherence tomography // Jpn. J. Ophthalmol. – 2012. – Vol. 56, № 4. – P. 362-370.
28. Yang B., Ye C., Yu M. et al. Optic disc imaging with spectral-domain optical coherence tomography: variability and agreement study with Heidelberg retinal tomograph // Ophthalmology. – 2012. – Vol. 119, № 9. – P. 1852-1857.
29. Yanoff M., Duker J.S. Ophthalmology. 4th ed. – Philadelphia, PA: Saunders Elsevier, 2014. – P. 337.
30. Yoo Y.C., Lee C.M., Park J.H. Changes in peripapillary retinal nerve fiber layer distribution by axial length // Optom. Vis. Sci. – 2012. – Vol. 89, № 1. – P. 4-11.
31. Yuan Y.Z., Feng C.L., Li B.Y. et al. The relationship between visual field global indices and retinal nerve fiber layer thickness in healthy myopes // J. Ophthalmol. – 2014. – Vol. 2014. – Article ID 431901. – 8 p.

Поступила 26.01.2017