

**ПАРАМЕТРЫ ГОЛОВКИ ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА ПРИ
ПСЕВДОЭКСФОЛИАТИВНОМ СИНДРОМЕ У НЕГЛАУКОМНЫХ ПАЦИЕНТОВ**

В.В. Потемкин ^{1,2} С. Ю. Астахов ¹, Сяюань Ван ¹, А. Р. Потемкина ², Л. К. Аникина ¹

1 ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Минздрава России, 197022, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д.6-8;

2 Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская многопрофильная больница № 2» 194354, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Учебный пер., д. 5;

e-mail potem@inbox.ru

e-mail astakhov73@mail.ru

Резюме

Цель. Оценить влияние наличия псевдоэксфолиативного синдрома на морфометрические характеристики головки зрительного нерва, измеренные с помощью оптической когерентной томографии у лиц, не имеющих глаукому.

Материалы и методы. Обследовано 25 пациентов (30 глаз) с псевдоэксфолиативным синдромом (средний возраст 74 ± 6.05) и 25 пациентов (29 глаз) группы контроля, не имеющих признаков псевдоэксфолиативного синдрома (средний возраст 70.50 ± 7.66). По результатам проведенного ОКТ-исследования между группами сравнивались следующие параметры: средняя толщина слоя нервных волокон сетчатки, диаметр, площадь и объем диска зрительного нерва, площадь и объем нейроретинального пояса, площадь и объем экскавации диска зрительного нерва, а также соотношение экскавация/диск зрительного нерва.

Результаты. Между двумя группами не было обнаружено статистически значимой разницы в средней толщине слоя нервных волокон и исследуемых параметрах диска зрительного нерва ($p > 0.05$).

Заключение. Полученные данные позволяют сделать вывод об отсутствии прямой связи между наличием ПЭС и изменениями головки зрительного нерва у неглаукомных пациентов.

Ключевые слова. Псевдоэксфолиативный синдром. Глаукома. Головка зрительного нерва. Слой нервных волокон сетчатки. Оптическая когерентная томография.

OPTIC NERVE HEAD PARAMETERS IN PSEUDOEXFOLIATION SYNDROME WITHOUT GLAUCOMA

V.V. Potemkin ^{1,2}, S.Y. Astakhov ¹, Xiaoyuan Wang ¹, A.R. Potemkina ², L.K. Anikina ¹

1. *Pavlov First Saint Petersburg State Medical University L'va Tolstogo str. 6-8 Saint Petersburg, Russia 197022*

2. *St. Petersburg state budgetary institution of health care "City multidiscipline hospital no.2" Uchebnyy Pereulok, 5, St Petersburg, Russia 194354*

Abstract

Purpose. To evaluate the effect of pseudoexfoliation syndrome (PXF) on the morphometric characteristics of optic nerve head, measured by optical coherence tomography (OCT) in non-glaucoma patients.

Materials and methods. 25 patients (30 eyes) with PXF (mean age 74 ± 6.05 yr) and 25 age-matched (mean age 70.50 ± 7.66 yr) patients (29 eyes) without PXF (control group) were included in the study. Mean thickness of retinal nerve fiber layer and the optic nerve head characteristics (optic disc diameter, area and volume, rim area and volume, cup area and volume and cup/disc area ratio) were measured with OCT and compared in the groups.

Results. The mean thickness of retinal nerve fiber layer and morphometric characteristics of the optic nerve head in PXS group were not significantly different compared with control group ($p > 0.05$).

Conclusion. There is no direct correlation between pseudoexfoliation syndrome and morphometric characteristic of the optic nerve head in patients without glaucoma.

Key words. Pseudoexfoliation syndrome. Glaucoma. Optic nerve head. Retinal nerve fiber layer. Optical coherence tomography.

Введение

Псевдоэкссфолиативный синдром (ПЭС) – это связанное с возрастом заболевание, характеризующееся продукцией и накоплением фибриллярного экстрацеллюлярного материала в экстра- и интраокулярных тканях. [1]. Псевдоэкссфолиативный материал (ПЭМ) чаще всего можно обнаружить в переднем отрезке глаза: на передней капсуле хрусталика и его связочном аппарате, зрачковом крае радужки и трабекулярной сети. [2, 3]. Также псевдоэкссфолиативный материал был обнаружен в конъюнктиве, под базальной мембраной, в строме и на эндотелии роговицы, а также в других интра- и экстрабульбарных тканях. [1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. ПЭС связывают с такими

патологическими состояниями, как слабость связочного аппарата хрусталика, плохо расширяющийся зрачок, декомпенсация эндотелия роговицы, нарушение стабильности слезной пленки и атонические изменения тканей вспомогательного аппарата глаза [1, 2, 3, 14, 15]. Псевдоэксфолиативный материал накапливается в сосудах глазного яблока и вызывает васкулопатию и нарушение перфузии. [10, 16, 17]

Псевдоэксфолиативный материал был обнаружен во многих органах: коже, головном мозге, сердце, легких, почках и органах желудочно-кишечного тракта. [17]. Помимо глазных проявлений, ПЭС связан со многими системными заболеваниями: кардио- и цереброваскулярными заболеваниями, болезнью Альцгеймера, нейросенсорной тугоухостью. [18,19, 20, 21].

Известно, что псевдоэксфолиативный синдром повышает риск развития глаукомы. [22, 23]. Было показано, что при повышенном внутриглазном давлении глаукома развивается в два раза чаще при сопутствующем ПЭС. [24]. ПЭС встречается чаще в популяции людей, страдающих глаукомой, чем в здоровой популяции того же возраста [1]. J. Gottanka с соавт. обнаружили, что тяжесть глаукомы при ПЭС связана с количеством псевдоэксфолиативного материала, обнаруженном в решетчатой пластинке диска зрительного нерва [25]. Накопление псевдоэксфолиативного материала в сосудах сетчатки вызывает васкулопатию, равно как и нарушение перфузии из-за повреждения стенок задних цилиарных артерий и вортикозных вен [10, 16]. При псевдоэксфолиативном синдроме и псевдоэксфолиативной глаукоме изменяется кровоток в глазной артерии, центральной артерии сетчатки и задних коротких цилиарных артериях. [26]. При псевдоэксфолиативной глаукоме и псевдоэксфолиативном синдроме снижается кровоток в перипапиллярной сетчатке и головке зрительного нерва. [27, 28, 29]

P.Puska с соавт. выявили, что псевдоэксфолиативный синдром является фактором риска повышения внутриглазного давления, но при этом не влияет на изменения головки зрительного нерва [30].

При всей очевидности наличия глаукомной нейрооптикопатии у больных псевдоэксфолиативной глаукомой, относительно малоизученным остается вопрос о влиянии ПЭС на состояние головки зрительного нерва в отсутствие глаукомы. Другими словами, окончательно не установлено, имеется ли непосредственная связь между накоплением псевдоэксфолиативного материала в тканях глаза и морфометрическими характеристиками диска зрительного нерва, не обусловленная развитием глаукомы.

Цель работы

Оценить влияние наличия ПЭС на морфометрические характеристики головки зрительного нерва, измеренные с помощью оптической когерентной томографии у лиц, не имеющих глаукому.

Материалы и методы

В период с февраль 2019 года по декабрь 2019 года было обследовано 50 пациентов пятого офтальмологического отделения СПб ГБУЗ «ГМПБ №2». На основании результатов биомикроскопии и гониоскопии было сформировано две группы. В исследуемую группу были включены 25 пациентов (30 глаз), у которых был выявлен ПЭС, в группу контроля вошли 25 пациентов (29 глаз), у которых признаков ПЭС обнаружено не было. ПЭС диагностировался клинически при обнаружении псевдоэкссфолиативного материала на передней капсуле хрусталика и зрачковом крае радужки, а также на эндотелии роговицы и в радужно-роговичном углу. Также в исследовании были включены пациенты со скрытой формой ПЭС, при которой псевдоэкссфолиативный материал не визуализировался на передней капсуле хрусталика из-за недостаточного медикаментозного мидриаза (4,5 мм и менее), однако присутствовали следующие признаки: дефекты пигментного листа радужки при трансиллюминации и субатрофия ее стромы, дисперсия пигмента на заднем эпителии роговицы.

При отборе исследуемых пациентов критерии исключения были следующие: миопия выше 6.0D, гиперметропия выше 5.0D, астигматизм выше 3.0D, любая форма глаукомы, любые заболевания сетчатки, влияющие на ее толщину, выполнение антиангиогенной терапии в анамнезе, выполнение любых хирургических вмешательств в анамнезе, наличие сахарного диабета, наличие увеита. Глаукома исключалась по данным двукратной стандартной автоматической компьютерной периметрии (периметр Humphrey Field Analyzer model 630, Humphrey Allergan, США) и оптической когерентной томографии головки зрительного нерва (Optovue RTVue-100, Optovue, США).

Средний возраст пациентов в исследуемой группе составил 74 ± 6.05 лет, в группе контроля - 70.50 ± 7.66 лет. Группа пациентов с ПЭС состояла из 18 женщин и 7 мужчин, группа контроля – из 19 женщин и 6 мужчин. Между группами сравнения не было выявлено разницы по половому составу и по среднему возрасту (Табл. 1 и 2).

Таблица 1. Распределение пациентов в группах сравнения по возрасту

Группа	Средний возраст
Основная группа (с ПЭС)	74.0 ± 6.05
Контрольная группа (без ПЭС)	70.50 ± 7.66
p 2.24696	

Таблица 2. Распределение пациентов в группах сравнения по полу

Группа	Пол	
	Мужчины	Женщины
Основная группа (с ПЭС)	7	18
Контрольная группа (без ПЭС)	6	19
p 1.0		

Среднее внутриглазное давление (ВГД) по Маклакову в группе пациентов с псевдоэкссфолиативным синдромом составило 18,42±2,19 мм рт.ст., в контрольной группе - 18,69±2,00 мм рт. ст. По уровню внутриглазного давления по Маклакову статистически значимой разницы между группами не было (Табл.3).

Таблица 3. Внутриглазное давление по Маклакову пациентов групп сравнения.

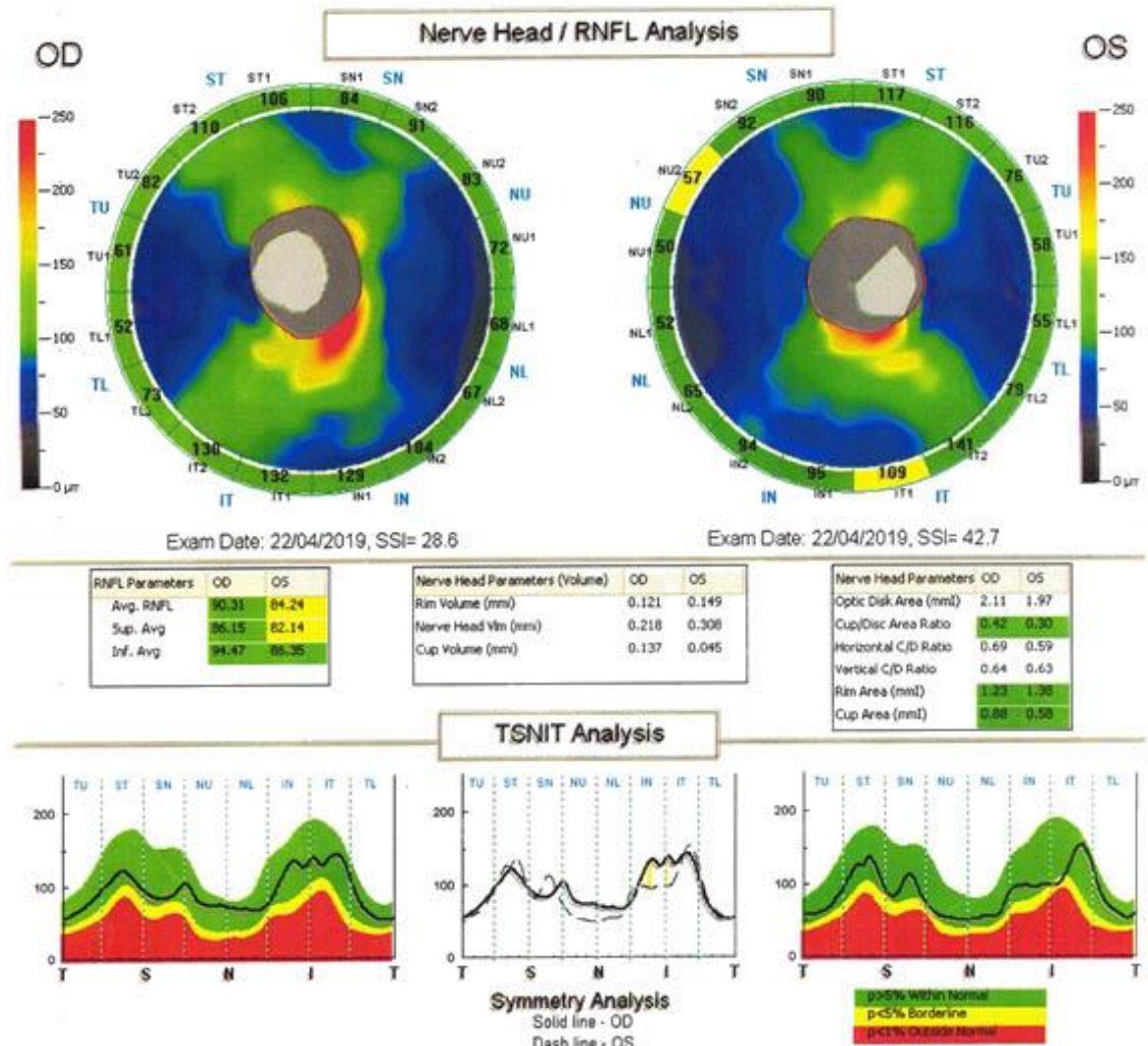
Группа	Среднее ВГД по Маклакову, мм рт.ст.
Основная группа (с ПЭС)	18,42±2,19
Контрольная группа (без ПЭС)	18,69±2,00
p 0.664	

Всем пациентам проводилось ОКТ-исследование с оценкой средней толщины слоя нервных волокон сетчатки и характеристик диска зрительного нерва по протоколу NHM4 на аппарате Optovue RTVue-100 (Optovue, США) (Рис.1) одним исследователем. Оценивались следующие параметры ДЗН: диаметр, площадь и объем ДЗН, площадь и объем нейроретинального пояса (НРП), площадь и объем экскавации ДЗН, а также соотношение экскавация/диск зрительного нерва (Э/Д).

Полученные данные статистически анализировались в программе SPSS Statistics v20.0. По критерию Колмогорова-Смирнова осуществлялась проверка нормальности. Соотношение

количественных переменных в независимых группах оценивалось при помощи t-критерия. Соотношение качественных признаков оценивалось при помощи точного критерия Фишера. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Рис.1 **Протокол** **оценки** **диска** **зрительного** **нерва** **NHM4**



Результаты.

По результатам ОКТ-исследования не было выявлено статистически достоверной разницы между основной и контрольной группами как в толщине слоя нервных волокон, так и в исследованных параметрах головки зрительного нерва. Проанализированные параметры в группах исследования приведены в таблице 3.

Таблица 3. Данные результатов ОКТ-исследования пациентов групп сравнения

	Основная группа (с ПЭС), (М± σ)	Контрольная группа (без ПЭС), (М± σ)	р
СНВС	99,202±8,748	96.7362±13.139	0.4759
Площадь ДЗН	1.8547±0.2716	1.7638±0.2817	0.2731
Объем ДЗН	0.2794±0.1628	0.3693±0.2763	0.2079
Площадь НРП	1.1789±0.3119	1.2959±0.4044	0.2912
Объем НРП	0.1573±0.1028	0.2149±0.2091	0.2713
Площадь экскавации	0.6621±0.4757	0.4821±0.3807	0.1536
Объем экскавации	0.1169±0.1285	0.0679±0.1015	0.1478
Соотношение Э/Д	0.3521±0.2040	0.2634±0.2116	0.1568

Обсуждение

Псевдоэксфолиативный синдром является наиболее часто идентифицируемой причиной развития глаукомы. [1]. Патогенез развития глаукомы при псевдоэксфолиативном синдроме по-прежнему считается не до конца выясненным. Предполагают, что он связан с дисфункцией клеток трабекулярной сети, блокированием трабекулярной сети накопленным псевдоэксфолиативным материалом и свободным пигментом радужки, коллапсом шлеммова канала и ремоделированием трабекулярной сети в ответ на оксидативный стресс и ишемию. [10, 31, 32]. Обнаружено, что дисрегуляция экспрессии гена LOXL1 ведет к повреждению ткани, в частности, решетчатой пластинки, что неблагоприятно воздействует на ее биомеханические свойства и делает ее более чувствительной к повышенному внутриглазному давлению [33]. Также развитие псевдоэксфолиативной глаукомы связывают с нарушением обмена витамина D. [34, 35]. В предыдущих исследованиях связи псевдоэксфолиативного синдрома с изменениями диска зрительного нерва и слоя нервных волокон сетчатки получены противоречивые результаты.

D.Aydin с соавт. обнаружили, что у пациентов с псевдоэксфолиативным синдромом средняя толщина слоя нервных волокон была меньше, чем у здоровых пациентов группы контроля. Разница была обусловлена статистически отличающейся толщиной СНВС в верхнем квадранте, в то время как в нижнем, височном и носовом квадрантах разницы обнаружено не было. Также важно отметить, что группы пациентов отличались по внутриглазному давлению: в группе пациентов с ПЭС ВГД было статистически выше, чем в группе контроля [36].

G.Ozge с соавт. оценивали с помощью ОКТ толщину СНВС у пациентов с псевдоэксфолиативным синдромом, псевдоэксфолиативной глаукомой и здоровыми пациентами группы контроля. Исследователи не обнаружили статистически значимой разницы между группами пациентов с ПЭС и группой контроля, у данных групп толщина СНВС отличалась только в нижне-височном квадранте [37].

A.B.Cankaya с соавт. в 2010 году и A. Vergados с соавт. в 2015 году, исследуя пациентов с помощью HRT-III, выявили, что средняя толщина слоя нервных волокон сетчатки была статистически ниже у пациентов, имеющих ПЭС, чем у здоровых пациентов группы контроля. При этом не было выявлено статистически значимой разницы между исследуемыми группами по таким характеристикам диска зрительного нерва, как площадь ДЗН, площадь, глубина и объем экскавации, соотношение экскавация/диск зрительного нерва, площадь и объем нейроретинального пояса [38, 39]

К.Еltutar с соавт. выявили, что у пациентов с псевдоэкзофолиативным синдромом толщина СНВС в макуле в целом и в верхнем квадранте, толщина перипапиллярного СНВС в целом, а также в нижнем, височном и носовом квадрантах была статистически ниже, чем у пациентов контрольной группы. При этом не было выявлено отличий между группами по таким оцениваемым параметрам диска зрительного нерва, как площадь ДЗН, площадь и объем экскавации ДЗН, площадь и объем НРП, а также соотношения экскавация/диск зрительного нерва. [40].

В нашем исследовании использовались жесткие критерии исключения глаукомы. Всем пациентам выполнялась стандартная автоматическая периметрия, которая интерпретировалась как нормальная. С целью исключения препериметрических глаукомных изменений всем пациентами также проводилось исследование головки зрительного нерва с помощью оптической когерентной томографии, результаты которого расценивались как находящиеся в пределах нормальных значений. Таким образом, особенностью исследуемой выборки было достоверное исключение всех стадий глаукомы, включая раннюю, а сравниваемые параметры головки зрительного нерва в обеих группах были изначально оценены как находящиеся в пределах нормальных значений (в зеленой зоне).

В данной когорте пациентов не было выявлено влияния наличия псевдоэкзофолиативного синдрома на такие морфометрические параметры диска зрительного нерва, как его площадь и объем НРП, площадь и объем экскавации, их соотношение и толщина СНВС.

Анализ собственных данных и обзора литературы позволяет сделать вывод об отсутствии прямой связи между наличием ПЭС и изменениями головки зрительного нерва у лиц, не имеющих глаукомы. Такие изменения как локальное истончение СНВС при ПЭС целесообразно расценивать как ранние препериметрические глаукомные изменения.

Литература.

1. Ritch R., Schlötzer-Schrehardt U., Konstas A. G. Why is glaucoma associated with exfoliation syndrome? // Prog. Retin. Eye Res. – 2003. – Vol. 22, № 3. – P. 253-275. doi: 10.1016/s1350-9462(02)00014-9
2. Потемкин В.В., Агеева Е.В. Нестабильность связочного аппарата хрусталика у пациентов с псевдоэксфолиативным синдромом: анализ 1000 последовательных факоэмульсификаций // Офтальмологические ведомости. – 2018. – Т. 11. , № 1. – С. 41-46. doi: 10.17816/OV11141-46
3. Потемкин В. В., Варганова Т.С., Касымов Ф.О., Агеева Е.В. Изменения роговицы при псевдоэксфолиативном синдроме // Medline.ru. Российский биомедицинский журнал. – 2018. – Т.19, №1. – С. 224-236
4. Брежнев А.Ю., Курышева Н.И., Трубилин В.Н., Баранов В.И. Проблемы ранней клинической диагностики псевдоэксфолиативного синдрома // Офтальмология. – 2012. – Т.9, № 1. – С. 49-52. doi: 10.18008/1816-5095-2012-1-49-52
5. Брежнев А.Ю., Баранов В.И., Куроедов А.В. Псевдоэксфолиативная глаукома и простая первичная открытоугольная глаукома: найти 10 отличий // Офтальмологические ведомости. – 2012. – Т. 5, № 4. – С. 45-50.
6. Erdoğan H, Arici D. S., Toker M. I. Conjunctival impression cytology in pseudoexfoliative glaucoma and pseudoexfoliation syndrome // Clin. Exp. Ophthalmol. – 2006. Vol. 34, № 2. – P. 108-113. doi:10.1111/j.1442-9071.2006.01168.x
7. Hammer T., Schlötzer-Schrehardt U., Naumann G. O. Unilateral or asymmetric pseudoexfoliation syndrome? An ultrastructural study // Arch. Ophthalmol. – 2001. – Vol. 119, № 7. – P. 1023-1031. doi: 10.1001/archophth.119.7.1023
8. Kivela T., Hietanen J., Uusitalo M. Autopsy analysis of clinically unilateral exfoliation syndrome // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1997. – Vol. 38, № 10. – P. 2008–2015.
9. Prince A. M., Streeten B. W., Ritch R. et al. Preclinical diagnosis of pseudoexfoliation syndrome // Arch. Ophthalmol. – 1987. – Vol. 105, № 8. – P. 1076-1082. doi:10.1001/archophth.1987.01060080078032
10. Ritch R., Schlötzer-Schrehardt U. Exfoliation syndrome // Surv. Ophthalmol. – 2001. – Vol. 45, № 4. – P. 265-315. doi: 10.1016/s0039-6257(00)00196-x
11. Ritch R. Ocular Findings in Exfoliation Syndrome // J Glaucoma. – 2018. – Vol. 27, № 7. Suppl. 1. – P. S67-S71. doi:10.1097/IJG.0000000000000986
12. Schlötzer-Schrehardt U., Küchle M., Naumann G. O. Electron-microscopic identification of pseudoexfoliation material in extrabulbar tissue // Arch. Ophthalmol. – 1991. – Vol. 109, № 4. – P. 565-570. doi: 10.1001/archophth.1991.01080040133044

13. Speakman J. S, Ghosh M. The conjunctiva in senile lens exfoliation // Arch. Ophthalmol. – 1976. – Vol. 94, № 10. – P. 1757-1759. doi: 10.1001/archopht.1976.03910040531012
14. Потёмкин В.В., Рахманов В.В., Агеева Е.В., и др. Состояние вспомогательного аппарата глаза при псевдоэкзофолиативном синдроме // Офтальмологические ведомости. – 2016. – Т. 9. – №3. – С. 15-21 doi: 10.17816/OV9315-21
15. Потемкин В.В., Акопов Е.Л., Агеева Е.В. Влияние изменений роговой оболочки при псевдоэкзофолиативном синдроме на степень согласия между тонометром Маклакова и динамическим контурным тонометром Pascal // Ученые записки СПбГМУ им. И.П.Павлова. – 2017. – Т. 24, №2. – С. 46-51. doi: 10.24884/1607-4181-2017-24-2-46-51.
16. Martinez A., Sanchez M. Retrobulbar hemodynamic parameters in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliative glaucoma // Graefes Arch. Clin Exp. Ophthalmol. – 2008. – Vol. 246, № 9. – P. 1341-1349. doi:10.1007/s00417-008-0841-4
17. Schlötzer-Schrehardt U. M., Koca M. R., Naumann G. O., Volkholz H. Pseudoexfoliation syndrome. Ocular manifestation of a systemic disorder? // Arch. Ophthalmol. – 1992. – Vol. 110, № 12. – P. 1752-1756. doi: 10.1001/archopht.1992.01080240092038
18. Петраевский А.В., Гндоян И.А. Псевдоэкзофолиативный синдром: патогенетические механизмы нарушений вегетативной симпатической иннервации в связи с патологией шейного отдела позвоночника // Вестник офтальмологии. – 2012. – Т. 128, № 4. – С. 42-47
19. Mitchell P., Wang J. J., Smith W. Association of pseudoexfoliation syndrome with increased vascular risk // Am. J. Ophthalmol. – 1997. – Vol. 124, № 5. – P. 685-687. doi: 10.1016/s0002-9394(14)70908-0
20. Ritch R. Systemic Associations of Exfoliation Syndrome // Asia Pac J Ophthalmol (Phila). – 2016. – Vol. 5, № 1. – P. 45-50. doi:10.1097/APO.0000000000000187
21. Schlötzer-Schrehardt U., Naumann G. O. Ocular and systemic pseudoexfoliation syndrome // Am. J. Ophthalmol. – 2006. – Vol. 141, № 5. – P. 921-937. doi: 10.1016/j.ajo.2006.01.047
22. Ekström C. Elevated intraocular pressure and pseudoexfoliation of the lens capsule as risk factors for chronic open-angle glaucoma. A population-based five-year follow-up study // Acta Ophthalmol (Copenh). – 1993. – Vol. 71, № 2. – P. 189-195. doi:10.1111/j.1755-3768.1993.tb04989.x
23. Mitchell P., Wang J. J., Hourihan F. The relationship between glaucoma and pseudoexfoliation: the Blue Mountains Eye Study // Arch Ophthalmol. – 1999. – Vol. 117, № 10. – P. 1319-1324. doi:10.1001/archopht.117.10.1319

24. Grodum K., Heijl A., Bengtsson B. Risk of glaucoma in ocular hypertension with and without pseudoexfoliation // *Ophthalmology*. – 2005. – Vol. 112, № 3. – P. 386-390. doi:10.1016/j.opthta.2004.09.024
25. Gottanka J., Flügel-Koch C., Martus P. et al. Correlation of pseudoexfoliative material and optic nerve damage in pseudoexfoliation syndrome // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. – 1997. – Vol. 38, № 12. – P. 2435-2446.
26. Yüksel N., Karabaş V.L., Arslan A. et.al. Ocular hemodynamics in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma // *Ophthalmology*. – 2001. – Vol. 108, № 6. – P. 1043-1049. doi: 10.1016/s0161-6420(01)00572-3
27. Nizankowska M. H., Jamroz-Witkowska A., Asejczyk M. Ocena okołotarczowego przepływu krwi u chorych na jaskre za pomocą skaningowego przepływomierza laserowego [Evaluation analysis of blood flow of peripapillary area in glaucoma patients using scanning laser Doppler flowmetry] // *Klin Oczna*. – 2002. – Vol. 104, № 3-4. – P. 201-206.
28. Ocakoglu O., Koyluoglu N., Kayiran A. et al. Microvascular blood flow of the optic nerve head and peripapillary retina in unilateral exfoliation syndrome // *Acta Ophthalmol Scand*. – 2004. – Vol. 82, № 1. – P. 49-53. doi:10.1046/j.1600-0420.2003.00196.x
29. Suwan Y., Geyman L. S., Fard M. A. et al. Peripapillary Perfused Capillary Density in Exfoliation Syndrome and Exfoliation Glaucoma versus POAG and Healthy Controls: An OCTA Study // *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. – 2018. – Vol. 7, № 2. – P. 84-89. doi:10.22608/APO.2017318
30. Puska P., Raitta C. Exfoliation syndrome as a risk factor for optic disc changes in nonglaucomatous eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. – 1992. – Vol. 230, № 6. – P. 501-504. doi:10.1007/BF00181768
31. Белецкая И.С., Астахов С.Ю. Роль матричных металлопротеиназ в патогенезе глаукомы // *Офтальмологические ведомости*. – 2015. – Т. 8, №3. – С. 28-43. doi: 10.17816/OV2015328-43
32. Allingham R. R., de Kater A. W., Ethier C. R. Schlemm's canal and primary open angle glaucoma: correlation between Schlemm's canal dimensions and outflow facility // *Exp Eye Res*. – 1996. – Vol. 62, № 1. – P. 101-109. doi:10.1006/exer.1996.0012
33. Miglior S., Bertuzzi F. Exfoliative glaucoma: new evidence in the pathogenesis and treatment // *Prog Brain Res*. – 2015. – Vol. 221. – P. 233-241. doi:10.1016/bs.pbr.2015.06.007
34. Белецкая И.С., Каронова Т.Л., Астахов С.Ю. Уровень 25-гидроксивитамина D и матричных металлопротеиназ-2 и -9 у больных первичной открытоугольной глаукомой и псевдоэкзофлиативной глаукомой/синдромом // *Офтальмологические ведомости*. – 2017. – Т. 10, №1. – С. 10-16. doi: 10.17816/OV10110-16

35. Белецкая И.С., Астахов С.Ю., Каронова Т.Л., и др. Псевдоэкссфолиативная глаукома и молекулярно-генетические особенности обмена витамина D // Офтальмологические ведомости. – 2018. – Т. 11, №2. – С. 19-28. doi: 10.17816/OV11219-28
36. Aydin D., Kusbeci T., Uzunel U. D. et al. Evaluation of Retinal Nerve Fiber Layer and Ganglion Cell Complex Thickness in Unilateral Exfoliation Syndrome Using Optical Coherence Tomography // J Glaucoma. – 2016. – Vol. 25, № 6. – P. 523-527. doi:10.1097/IJG.0000000000000383
37. Ozge G., Koylu M. T., Mumcuoglu T. et al. Evaluation of retinal nerve fiber layer thickness and choroidal thickness in pseudoexfoliative glaucoma and pseudoexfoliative syndrome // Postgrad Med. – 2016. – Vol. 128, № 4. – P. 444-448. doi:10.1080/00325481.2016.1170579
38. Cankaya A. B., Beyazyildiz E. Scanning laser ophthalmoscopic parameters of eyes with exfoliation syndrome // Jpn J Ophthalmol. – 2010. – Vol. 54, № 4. – P. 300-304. doi:10.1007/s10384-010-0829-6
39. Vergados A., Papaconstantinou D., Diagourtas A. et al. Correlation between optic nerve head parameters, RNFL, and CCT in patients with bilateral pseudoexfoliation using HRT-III // Semin Ophthalmol. – 2015. – Vol. 30, № 1. – P. 44-52. doi:10.3109/08820538.2013.821509
40. Eltutar K., Acar F., Kayaaras Öztürker Z. et al. Structural Changes in Pseudoexfoliation Syndrome Evaluated with Spectral Domain Optical Coherence Tomography // Curr Eye Res. 2016. – Vol. 41, № 4. – P. 513-520. doi:10.3109/02713683.2015.1039651

References

1. Ritch R., Schlötzer-Schrehardt U., Konstas A. G. Why is glaucoma associated with exfoliation syndrome? // Prog. Retin. Eye Res. – 2003. – Vol. 22, № 3. – P. 253-275. doi: 10.1016/s1350-9462(02)00014-9
2. Potemkin V.V., Ageeva E.V. Zonular instability in patients with pseudoexfoliative syndrome: the analysis of 1000 consecutive phacoemulsifications // Ophthalmology journal. – 2018. – Vol. 11. – №1. – P. 41-46. (in Russian) doi: 10.17816/OV11141-46
3. Potemkin V.V., Varganova T.S., Kasymov F.O., Ageeva E.V. Corneal alterations associated with pseudoexfoliation syndrome // Medline.ru. Rossijskij biomedicinskij zhurnal. – 2018. – Vol.19, №1. – P. 224-236 (in Russian)
4. Brezhnev A.Yu., Kuryшева N.I., Trubilin V.N., Baranov V.I. Problems of early clinical diagnostics of pseudoexfoliation syndrome // Ophthalmology in Russia. – 2012. – Vol.9, № 1. – P. 49-52. (in Russian) doi: 10.18008/1816-5095-2012-1-49-52

5. Brezhnev A.Yu., Baranov V.I., Kuroedov A.V. Pseudoexfoliative glaucoma vs primary open glaucoma // *Oftalmol. vedom.* – 2012. – Vol. 5, № 4. – P. 45-50.
6. Erdoğan H, Arici D. S., Toker M. I. Conjunctival impression cytology in pseudoexfoliative glaucoma and pseudoexfoliation syndrome // *Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2006. Vol. 34, № 2. – P. 108-113. doi:10.1111/j.1442-9071.2006.01168.x
7. Hammer T., Schlötzer-Schrehardt U., Naumann G. O. Unilateral or asymmetric pseudoexfoliation syndrome? An ultrastructural study // *Arch. Ophthalmol.* – 2001. – Vol. 119, № 7. – P. 1023-1031. doi: 10.1001/archophth.119.7.1023
8. Kivela T., Hietanen J., Uusitalo M. Autopsy analysis of clinically unilateral exfoliation syndrome // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 1997. – Vol. 38, № 10. – P. 2008–2015.
9. Prince A. M., Streeten B. W., Ritch R. et al. Preclinical diagnosis of pseudoexfoliation syndrome // *Arch. Ophthalmol.* – 1987. – Vol. 105, № 8. – P. 1076-1082. doi:10.1001/archophth.1987.01060080078032
10. Ritch R., Schlötzer-Schrehardt U. Exfoliation syndrome // *Surv. Ophthalmol.* – 2001. – Vol. 45, № 4. – P. 265-315. doi: 10.1016/s0039-6257(00)00196-x
11. Ritch R. Ocular Findings in Exfoliation Syndrome // *J Glaucoma.* – 2018. – Vol. 27, № 7. Suppl. 1. – P. S67-S71. doi:10.1097/IJG.0000000000000986
12. Schlötzer-Schrehardt U., Küchle M., Naumann G. O. Electron-microscopic identification of pseudoexfoliation material in extrabulbar tissue // *Arch. Ophthalmol.* – 1991. – Vol. 109, № 4. – P. 565-570. doi: 10.1001/archophth.1991.01080040133044
13. Speakman J. S, Ghosh M. The conjunctiva in senile lens exfoliation // *Arch. Ophthalmol.* – 1976. – Vol. 94, № 10. – P. 1757-1759. doi: 10.1001/archophth.1976.03910040531012
14. Potemkin V.V., Rakhmanov V.V., Ageeva E.V., et al. Pseudoexfoliation syndrome and ocular adnexa // *Ophthalmology journal.* – 2016. – Vol. 9, №3. – P. 15-21 (in Russian) doi: 10.17816/OV9315-21
15. Potemkin V.V., Akopov E.L., Ageeva E.V. Impact of corneal changes in pseudoexfoliative syndrome on the coordination degree between the Maklakov tonometer and the Pascal dynamic contour tonometer // *The Scientific Notes of the Pavlov University.* – 2017. – Vol. 24, №2. – P. 46-51. (in Russian) doi: 10.24884/1607-4181-2017-24-2-46-51.
16. Martinez A., Sanchez M. Retrobulbar hemodynamic parameters in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliative glaucoma // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2008. – Vol. 246, № 9. – P. 1341-1349. doi:10.1007/s00417-008-0841-4
17. Schlötzer-Schrehardt U. M., Koca M. R., Naumann G. O., Volkholz H. Pseudoexfoliation syndrome. Ocular manifestation of a systemic disorder? // *Arch. Ophthalmol.* – 1992. – Vol. 110, № 12. – P. 1752-1756. doi: 10.1001/archophth.1992.01080240092038

18. Petraevskii A.V., Gndoian I.A. Pseudoexfoliation syndrome: pathogenesis of impairment of vegetative sympathetic innervation associated with cervical spine disorder // The Russian Annals of Ophthalmology. – 2012. – Vol. 128, № 4. – P. 42-47 (in Russian)
19. Mitchell P., Wang J. J., Smith W. Association of pseudoexfoliation syndrome with increased vascular risk // Am. J. Ophthalmol. – 1997. – Vol. 124, № 5. – P. 685-687. doi: 10.1016/s0002-9394(14)70908-0
20. Ritch R. Systemic Associations of Exfoliation Syndrome // Asia Pac J Ophthalmol (Phila). – 2016. – Vol. 5, № 1. – P. 45-50. doi:10.1097/APO.0000000000000187
21. Schlötzer-Schrehardt U., Naumann G. O. Ocular and systemic pseudoexfoliation syndrome // Am. J. Ophthalmol. – 2006. – Vol. 141, № 5. – P. 921-937. doi: 10.1016/j.ajo.2006.01.047
22. Ekström C. Elevated intraocular pressure and pseudoexfoliation of the lens capsule as risk factors for chronic open-angle glaucoma. A population-based five-year follow-up study // Acta Ophthalmol (Copenh). – 1993. – Vol. 71, № 2. – P. 189-195. doi:10.1111/j.1755-3768.1993.tb04989.x
23. Mitchell P., Wang J. J., Hourihan F. The relationship between glaucoma and pseudoexfoliation: the Blue Mountains Eye Study // Arch Ophthalmol. – 1999. – Vol. 117, № 10. – P. 1319-1324. doi:10.1001/archopht.117.10.1319
24. Grodum K., Heijl A., Bengtsson B. Risk of glaucoma in ocular hypertension with and without pseudoexfoliation // Ophthalmology. – 2005. – Vol. 112, № 3. – P. 386-390. doi:10.1016/j.opthta.2004.09.024
25. Gottanka J., Flügel-Koch C., Martus P. et al. Correlation of pseudoexfoliative material and optic nerve damage in pseudoexfoliation syndrome // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 1997. – Vol. 38, № 12. – P. 2435-2446.
26. Yüksel N., Karabaş V.L., Arslan A. et.al. Ocular hemodynamics in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma // Ophthalmology. – 2001. – Vol. 108, № 6. – P. 1043-1049. doi: 10.1016/s0161-6420(01)00572-3
27. Nizankowska M. H., Jamrozy-Witkowska A., Asejczyk M. Ocena okołotarczowego przepływu krwi u chorych na jaskrę za pomocą skaningowego przepływomierza laserowego [Evaluation analysis of blood flow of peripapillary area in glaucoma patients using scanning laser Doppler flowmetry] // Klin Oczna. – 2002. – Vol. 104, № 3-4. – P. 201-206.
28. Ocakoglu O., Koyluoglu N., Kayiran A. et al. Microvascular blood flow of the optic nerve head and peripapillary retina in unilateral exfoliation syndrome // Acta Ophthalmol Scand. – 2004. – Vol. 82, № 1. – P. 49-53. doi:10.1046/j.1600-0420.2003.00196.x

29. Suwan Y., Geyman L. S., Fard M. A. et al. Peripapillary Perfused Capillary Density in Exfoliation Syndrome and Exfoliation Glaucoma versus POAG and Healthy Controls: An OCTA Study // *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. – 2018. – Vol. 7, № 2. – P. 84-89. doi:10.22608/APO.2017318
30. Puska P., Raitta C. Exfoliation syndrome as a risk factor for optic disc changes in nonglaucomatous eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. – 1992. – Vol. 230, № 6. – P. 501-504. doi:10.1007/BF00181768
31. Beletskaya I.S., Astakhov S.Y. The role of matrix metalloproteinases in glaucoma pathogenesis // *Ophthalmology journal*. – 2015. – Vol. 8, №3. – P. 28-43. (in Russian) doi: 10.17816/OV2015328-43
32. Allingham R. R., de Kater A. W., Ethier C. R. Schlemm's canal and primary open angle glaucoma: correlation between Schlemm's canal dimensions and outflow facility // *Exp Eye Res*. – 1996. – Vol. 62, № 1. – P. 101-109. doi:10.1006/exer.1996.0012
33. Miglior S., Bertuzzi F. Exfoliative glaucoma: new evidence in the pathogenesis and treatment // *Prog Brain Res*. – 2015. – Vol. 221. – P. 233-241. doi:10.1016/bs.pbr.2015.06.007
34. Белецкая И.С., Каронова Т.Л., Астахов С.Ю. Уровень 25-гидроксивитамина D и матричных металлопротеиназ-2 и -9 у больных первичной открытоугольной глаукомой и псевдоэкзофолиативной глаукомой/синдромом // *Офтальмологические ведомости*. – 2017. – Т. 10, №1. – С. 10-16. doi: 10.17816/OV10110-16
35. Beletskaya I.S., Astakhov S.Y., Karonova T.L. et al. Pseudoexfoliative glaucoma and molecular genetic characteristics of vitamin D metabolism // *Ophthalmology journal*. – 2018. – Vol. 11, №2. – С. 19-28. doi: 10.17816/OV11219-28
36. Aydin D., Kusbeci T., Uzunel U. D. et al. Evaluation of Retinal Nerve Fiber Layer and Ganglion Cell Complex Thickness in Unilateral Exfoliation Syndrome Using Optical Coherence Tomography // *J Glaucoma*. – 2016. – Vol. 25, № 6. – P. 523-527. doi:10.1097/IJG.0000000000000383
37. Ozge G., Koylu M. T., Mumcuoglu T. et al. Evaluation of retinal nerve fiber layer thickness and choroidal thickness in pseudoexfoliative glaucoma and pseudoexfoliative syndrome // *Postgrad Med*. – 2016. – Vol. 128, № 4. – P. 444-448. doi:10.1080/00325481.2016.1170579
38. Cankaya A. B., Beyazyildiz E. Scanning laser ophthalmoscopic parameters of eyes with exfoliation syndrome // *Jpn J Ophthalmol*. – 2010. – Vol. 54, № 4. – P. 300-304. doi:10.1007/s10384-010-0829-6

39. Vergados A., Papaconstantinou D., Diagourtas A. et al. Correlation between optic nerve head parameters, RNFL, and CCT in patients with bilateral pseudoexfoliation using HRT-III // Semin Ophthalmol. – 2015. – Vol. 30, № 1. – P. 44-52. doi:10.3109/08820538.2013.821509
40. Eltutar K., Acar F., Kayaaras Öztürker Z. et al. Structural Changes in Pseudoexfoliation Syndrome Evaluated with Spectral Domain Optical Coherence Tomography // Curr Eye Res. 2016. – Vol. 41, № 4. – P. 513-520. doi:10.3109/02713683.2015.1039