УДК 617.7-007.681:616.379-0,08.64
DOI: 10.56871/MTP.2025.31.40.004

ОСОБЕННОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЕ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2-ГО ТИПА

© Валентина Александровна Усенко, Мээрим Насирдиновна Керимкулова, Таалайбек Эсенович Тургунбаев

Кыргызский государственный медицинский институт переподготовки и повышения квалификации им. С.Б. Даниярова. 720040, г. Бишкек, ул. Боконбаева, д. 144а, Кыргызская Республика

Контактная информация: Мээрим Насирдиновна Керимкулова — аспирант кафедры специализированной хирургической помощи оториноларингологии и офтальмологии. E-mail: m.kerimkulova@list.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3488-3687 SPIN: 1392-4739

Для цитирования: Усенко В.А., Керимкулова М.Н., Тургунбаев Т.Э. Особенности морфометрических изменений диска зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа. Медицина: теория и практика. 2025;10(1):39–48. DOI: https://doi.org/10.56871/MTP.2025.31.40.004

Поступила: 28.10.2024 ***Одобрена: 29.11.2024*** ***Принята к печати: 14.02.2025***

РЕЗЮМЕ. ***Введение.*** Одним из основных симптомов первичной открытоугольной глаукомы являются микроструктурные изменения в диске зрительного нерва (ДЗН), приводящие к развитию оптиконейропатии. ***Цель*** — изучить особенности морфометрических показателей ДЗН у больных сахарным диабетом 2-го типа. ***Методы исследования.*** Обследованию подлежало 220 глаз (110 больных) с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) и сахарным диабетом (СД) 2-го типа, 40 глаз (20 больных) с СД 2-го типа без глаукомы и 20 глаз (10 больных) составили контрольную группу (здоровые лица). Средний возраст по группам в целом составил 58,0±0,35 года. Наряду с общепринятыми методами исследования проводились: периметрия (статический автопериметр), офтальмоскопия (Schepens, Inami, Japan), тонография глаз (Glau-Test-60), оптическая когерентная томография (ОКТ) диска зрительного нерва и желтого пятна (Carl Zeiss Cirrus, HD OCT, Model 4000/5000, Germany), ОКТ сосудов сетчатки с калиброметрией (Cirrus HD-OCT, Carl Zeiss), ультразвуковая диагностика (УЗД) сосудов глаза, гониоскопия (линзой Краснова). ***Обсуждение результатов.*** Наиболее выраженные изменения морфометрических показателей ДЗН — экскавация, объем экскавации — 0,67±0,66 и 0,36±0,03 мм³ при ПОУГ и СД 2-го типа против 0,47±0,09 и до 0,5 PD ($p < 0,05$) и 0,14±0,05 мм³ и до 0,29 мм³ в контрольной группе ($p < 0,05$). Выявлено достоверное уменьшение слоя нервных волокон (СНВ) в верхненижнем и темпорально-назальном сегментах с перипапиллярной дистрофией до 102±1,2 мкм, 116±1,3 мкм и до 54±1,1 мкм и 58±0,08 мкм ($p < 0,05$). Патология ДЗН сопровождалась достоверными отклонениями показателей гидродинамики: Ро — до 21,6±0,45 мм рт.ст. и 24,6±1,1 мм рт.ст. при ПОУГ с СД 2-го типа; С — до 0,14±0,06 мм³/мин мм рт.ст. и 0,11±0,08 мм³/мин мм рт.ст. ($p < 0,05$). При ПОУГ с СД 2-го типа изменения ДЗН выявлены на фоне достоверного уменьшения линейной скорости кровотока в центральной артерии сетчатки (ЦАС) — до 12,5±0,66 см/с и 11,0±0,46 см/с ($p < 0,01$), а также замедления кровотока в центральной вене сетчатки (ЦВС) и верхней глазной вене (ВГВ) до 8,0±0,5 см/с и 12,3±0,46 см/с ($p < 0,05$). ***Заключение.*** В основе развития перипапиллярной дистрофии у больных с ПОУГ и СД 2-го типа в бóльшей степени имеют значение микроциркуляторные расстройства в сосудах сетчатки. Изменения морфометрических показателей ДЗН могут констатировать как ранние проявления глаукомы в ее диагностике, так и отражать степень тяжести развития глаукоматозной оптиконейропатии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морфометрические показатели диска зрительного нерва, гидродинамика, гемодинамика

FEATURES OF MORPHOMETRIC CHANGES OF THE DISC OPTIC NERVE IN PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS TYPE 2

© Valentina A. Usenko, Meerim N. Kerimkulova, Taalaibek E. Turgunbaev

Kyrgyz State Medical Institute of Retraining and Advanced Training named after S.B. Daniyarov. 144a Bokonbaev str., Bishkek 720040 Kyrgyz Republic

Contact information: Meerim N. Kerimkulova — Postgraduate Student of the Department of Specialized Surgical Care Otorhinolaryngology and Ophthalmology. E-mail: m.kerimkulova@list.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3488-3687 SPIN: 1392-4739

For citation: Usenko VA, Kerimkulova MN, Turgunbaev TE. Features of morphometric changes of the disc optic nerve in primary open-angle glaucoma in patients with diabetes mellitus type 2. Medicine: Theory and Practice. 2025;10(1):39–48. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.56871/MTP.2025.31.40.004

Received: 28.10.2024 ***Revised: 29.11.2024*** ***Accepted: 14.02.2025***

ABSTRACT. ***Introduction.*** One of the main symptoms of primary open-angle glaucoma are microstructural changes in the optic disc, leading to the development of opticoniotropia. ***The aim*** — to study the peculiarities of morphometric indicators of optic disc in patients with type 2 diabetes. ***Materials and methods.*** 220 eyes (110 patients) with primary open-angle glaucoma and type 2 diabetes mellitus, 40 eyes (20 patients) with type 2 diabetes mellitus (DM) without glaucoma and 20 eyes (10 patients) — the control group (healthy persons). The average age for the groups as a whole was 58.0±0.35 years. In addition to the conventional methods of research, the following were carried out: perimetry (static autoperimeter), ophthalmoscopy (Schepens, usd-L-0240, Inami, Japan), eye tonography (Glau-Test-60), OCT (optical coherence tomography) disc optical nerve and yellow spot (Carl Zeiss Cirrus, HD HD/5000, Germany), optical coherence tomography (OCT) retinal vessels with calibrometry (Cirrus HD-OCT, Carl Zeiss), ultrasonic diagnosis (UZD) of the eye vessels, gonioscopy (Krasnova lens). ***Discussion of results.*** Most pronounced changes in morphometric optic disc — values; excavation, excavation volume — 0.67±0.66 and 0.36±0.03 μm at primary open-angle glaucoma and DM 2 types, against 0.47±0.09 and up to 0.5 PD in control group ($p < 0.05$) and 0.14±0.05 mm^3 and 0.29 mm^3 ($p < 0.05$). ***Results.*** Reliable reduction of layer of nerve fibers (LNF) in upper-lower and temporal-nasal segments at peripapillary dystrophy to 102±1.2 μm, 116±1.3 μm, and up to 54±1.1 μm and 58±0.08 μm ($p < 0.05$) optic disc with reliable deviations in hydrodynamics: Ro — up to 21.6±0.45 mm Hg and 24.6±1.1 mm Hg, with primary open-angle glaucoma with DM 2 type, S — up to 0.14±0.06 mm^3/min mm Hg and 0.11±0.08 mm^3/min mm Hg ($p < 0.05$). In the PSC (primary open-angle glaucoma-poag) with DM 2, changes in the optic nerve disc were detected against the background of a reliable decrease in the linear velocity of blood flow in the central retinal artery — up to 12.5±0.66 cm/s and 11.0±0.46 cm/s ($p < 0.01$); and slowing blood flow in central artery of the retina superior ophthalmic vein to 8.0±0.5 cm/s and 12.3±0.46 cm/s ($p < 0.05$). ***Conclusion.*** The development of peripapillary dystrophy in patients with primary open-angle glaucoma and DM 2 types is more likely to be based on microcirculatory disorders in retinal vessels. Changes in the morphometric indicators of optic disc can indicate both early manifestations of glaucoma in its diagnosis and reflect the severity of the development of glaucomatous opticoneuropathy.

KEYWORDS: morphometric indicators of optic disc, hydrodynamics, hemodynamics

ВВЕДЕНИЕ

Первичная глаукома при сахарном диабете 2-го типа встречается в 4–5 раз чаще, чем у лиц без диабета [1]. По данным литературы, сахарный диабет является фактором риска для развития первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) в 27–50% случаев, хотя точная взаимосвязь между ними противоречива [2–5]. При сахарном диабете одной из причин развития глаукомы является ухудшение кровообращения в тканях глаза с развитием гипоксии и ишемии [6]. Нарушение гемоциркуляции в глазу приводит к деструкции внутренних структур

глаза, поражая в первую очередь ганглиозные клетки сетчатки.

Апоптоз ганглиозных клеток сетчатки сопровождается уменьшением объема ганглиозных клеток в макулярной зоне и уменьшением толщины слоя нервных волокон вокруг диска зрительного нерва (ДЗН) с наличием перипапиллярной дистрофии [7]. Эти изменения служат маркером латентной стадии нейродегенерации и ранним симптомом диабетической ретинопатии [9].

Одним из основных симптомов глаукомы являются микроструктурные изменения в ДЗН, приводящие к развитию оптиконейропатии с последующей атрофией и инвалидизацией органа зрения [3, 4, 8, 10]. В поражении ДЗН, сопровождающемся расширением экскавации, при глаукоме имеет значение понижение эластичности, ригидность решетчатой пластинки, ее деформация, приводящие к передавливанию аксонов ганглиозных клеток [11–14, 17–19]. Развитие оптиконейропатии происходит и прогрессирует под влиянием недоокисленных радикалов при метаболических нарушениях с одновременным поражением трабекулярного аппарата [15, 16].

Таким образом, в развитии глаукоматозной оптиконейропатии (ГОН) имеют значение нарушения микроциркуляции в сосудах сетчатки и ДЗН [17, 18], факторы ликворного и внутриглазного давления, склеропатия заднего полюса глаза. Наряду с этим большую роль в прогрессии ГОН имеют сопутствующие системные заболевания [8].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторами была поставлена цель работы — изучить особенности морфометрических изменений диска зрительного нерва у больных сахарным диабетом 2-го типа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 260 глаз (130 больных), среди которых 220 глаз (110 больных) с ПОУГ и сахарным диабетом (СД) 2-го типа и 40 глаз (20 больных) с СД 2-го типа без глаукомы; 35 больных основной группы — мужчины (32%) и 75 больных — женщины (68%).

В таблице 1 представлено распределение пациентов по возрасту. Средний возраст по группам в целом составил 58,0±0,35 года.

Длительность течения СД 2-го типа: до 5 лет — 25 человек (22,73%); от 6 до 10 лет — 35 человек (31,8%); от 11 до 20 лет — 25 человек (22,73%); более 20 лет — 25 человек (22,73%).

По виду лечения: на таблетированном режиме — 60 человек (55%); инсулинозависимых — 50 человек (45%).

Компенсация СД 2-го типа оценивалась по уровню гликированного гемоглобина HBAiC: компенсированный СД до 6,5% — 30 больных (27,2%); субкомпенсированный от 6,5 до 7,5% — 40 больных (36,4%); некомпенсированный выше 7,5% — 40 больных (36,4%).

Диабетическая ретинопатия (ДР) классифицировалась по E. Kohner и M. Porta (1991): ДР I стадии, непролиферативной, — 147 глаз (73 больных, 668%); ДР II стадии, препролиферативной, — 47 глаз (26 больных, 21,4%); ДР III стадии, пролиферативной, — 26 глаз (13 больных, 11,8%).

Распределение пациентов с ПОУГ представлено следующим образом: с начальной стадией — 136 глаз (73 больных, 61,8%); с развитой — 80 глаз (52 больных, 36,4%); с далекозашедшей — 4 глаза (4 больных, 1,8%).

Методы исследования

Наряду с общепринятыми методами исследования проводились: визометрия, периметрия (статический автопериметр Haag Streit Interzeaq Octopus Perimetr, Germany), офтальмоскопия (линза Гольдмана и Volk — 90.0 D (USA), бинокулярный офтальмоскоп Schepens), биомикроскопия (щелевая лампа L-0240, Inami, Japan), гониоскопия (Краснов, Goldmann), тонометрия — пневмотонометр NT-2000 фирмы Nidek (Japan), глазной тонограф Glau Test-60, оптическая когерентная томография (ОКТ) диска зрительного нерва и желтого пятна (Carl Zeiss Cirrus, HD OCT, Model 4000/5000, Germany),

Таблица 1

Распределение пациентов по возрасту

Table 1

Distribution of patients by age

Пациенты / Patients, n	Возраст, годы / Age, years, n (%)			
	<50	51–60	61–70	>70
110	20 (18,2%)	40 (36,3%)	30 (27,3%)	20 (18,2%)

Таблица 2

Морфометрические показатели диска зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме с сахарным диабетом 2-го типа в зависимости от гидродинамики

Table 2

Morphometric indices of the optic nerve head in primary open-angle glaucoma with type 2 diabetes mellitus depending on hydrodynamics

Параметры ДЗН / Parameters optic disc	Морфометрические показатели ДЗН / Morphometric parameters of the optic disc				Гидродинамика глаз при ПОУГ / Hydrodynamics of the eye in POAG primary open-angle glaucoma			
	КГ без глаукомы с СД 2-го типа, 40 глаз / CG without glaucoma with type 2 diabetes mellitus, 40 eyes	ПОУГ / POAG		КГ в норме, 40 глаз / CG is normal, 40 eyes	показатели / indicators	I стадия, 136 глаз / stage I, 136 eyes	II стадия, 80 глаз / stage II, 80 eyes	КГ без глаукомы, 40 глаз / CG without glaucoma, 40 eyes
		I стадия, 136 глаз / stage I 136 eyes	II стадия, 80 глаз / stage II, 80 eyes					
СНВ, µm / NFL, µm	84±0,9	85±0,7	102±0,53	80–120	Ро, мм рт.ст. / mm Hg	21,6±0,4*	24,6±0,45*	15,2±1,1
НРП, µm / NRP area, µm	1,4±0,15	1,4±0,19	1,0±0,15*	1,1–1,46	С, мм³/мин мм рт.ст. / mm³/min mm Hg	0,14±0,06*	0,11±0,08*	0,29±0,04
Площадь ДЗН, мм² / OD area, m²	1,9±0,2	1,9±0,17	2,3±0,15	1,4–2,8	F, мм³/мин / mm³/min	1,7±0,23	1,4±0,18	2,1±0,25
Э/ДЗН / C/OD ratio	0,47±0,09	0,53±0,08	0,67±0,06**	0–05	–	–	–	–
Объем Э/ДЗН, мм³ / E/OP volume, mm³	0,14±0,05	0,15±0,02	0,36±0,03*	0–0,29	–	–	–	–
ППД ДЗ, µm Верх Низ / PPD FDC, µm Top bottom	102±1,2 116±1,3**	129±1,2 114±1,4*	116±1,6 122,0±1,5*	132±0,63 141±0,42	–	–	–	–
T N	54±1,1 58±0,98**	71±1,3 65±0,8**	64±1,11 67±1,1**	90,1±0,6 96,2±0,61	–	–	–	–

* p <0,05.

** p <0,01.

Примечание: ДЗН — диск зрительного нерва; КГ — контрольная группа; НРП — нейроретинальный поясок; ПОУГ — первичная открытоугольная глаукома; ППД — перипапиллярная дистрофия; ППД ДЗ — перипапиллярная дистрофия диска зрительного нерва; СНВ — слой нервных волокон; Э/ДЗН — экскавация/диск зрительного нерва.

Note: OP — optic disc; CG — control group; NRP — neuroretinal zonule; POAG — primary open-angle glaucoma; PPD — peripapillary dystrophy; PPD OP — peripapillary dystrophy of the optic nerve head; NFL — nerve fiber layer; E/OP — optic nerve excavation/head.

ОКТ сосудов сетчатки с ангиографией и калиброметрией (Cirrus HD-OCT, Carl Zeiss, Germany), ультразвуковая диагностика (УЗД) сосудов центральной артерии и вены сетчатки (УЗ-система экспертного класса Sono Scapesq), ультразвуковое исследование (УЗИ) глаза.

Статистический анализ исследования проводился согласно общепринятым методикам с помощью программных средств Microsoft Office 2010 для операционных систем Windows XP и программы STATISTICA 20.0. Данные представлены средней арифметической и ее стандартным отклонением (M±m) с определением коэффициента Стьюдента. За достоверный показатель принималась разница величин p <0,05.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ морфометрических параметров ДЗН проведен у больных с ПОУГ и сахарным диабетом 2-го типа при начальной и развитой стадиях, так как при далекозашедшей стадии глаукомы провести статистическое сравнение не представилось возможным из-за наличия осложнений, таких как гемофтальм, витреоретинальный синдром, тракционная отслойка сетчатки.

Одним из основных и существенных изменений, имеющих большое значение в ранней диагностике глаукомы, является патология ДЗН. Ведущие факторы риска развития ГОН — нарушения гидродинамики глаза и гемодинамики сосудов сетчатки и ДЗН [16].

Как видно из таблицы 2, к наиболее выраженным изменениям морфометрических параметров диска зрительного нерва при глаукоме относятся величина экскавации, объем экскавации, а также перипапиллярная дистрофия (ППД) у больных с ПОУГ и СД 2-го типа.

Так, если при развитой стадии глаукомы с СД 2-го типа экскавация и объем экскавации показатели равны 0,67±0,06 и 0,36±0,03 мм³ соответственно, то при сахарном диабете без глаукомы и в контрольной группе (КГ) у здоровых лиц соответственно 0,47±0,09 и до 0,5 PD (p <0,01) и 0,14±0,05 мм³ и до 0,29 мм³ (p <0,01) в КГ (рис. 1).

Наряду с этим у больных с ПОУГ и СД 2-го типа выявлена перипапиллярная дистрофия в темпорально-назальном квадранте с понижением слоя нервных волокон (СНВ) до 71±1,3 мкм и 65±0,8 мкм при начальной стадии глаукомы и 64±1,1 мкм и 67±1,1 мкм при развитой стадии против 90,1±0,6 мкм и 96,2±0,61 мкм в КГ (p <0,05) (табл. 2)

Как видно из таблицы 2, отклонения этих показателей от КГ выявлены при достоверном

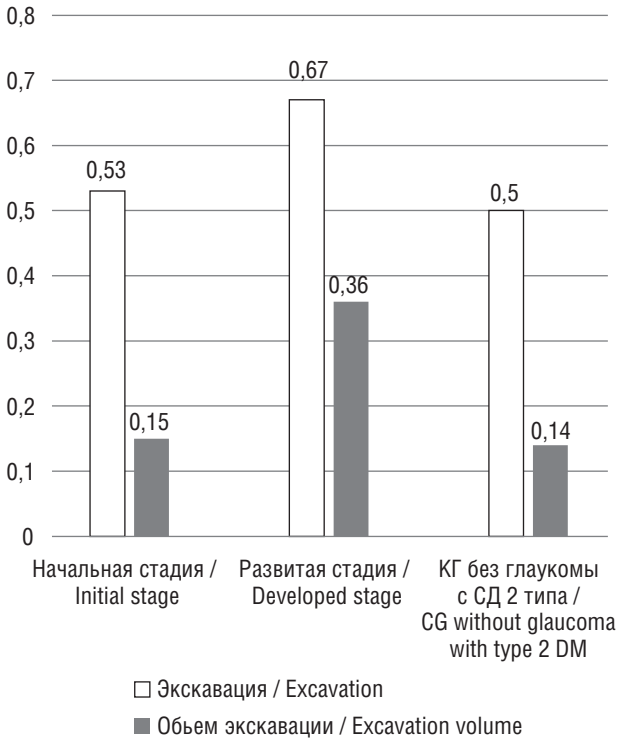

Рис. 1. Экскавация и объем экскавации диска зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме с сахарным диабетом (СД) 2-го типа

Fig. 1. Excavation and excavation volume of optic disc at primary open-angle glaucoma with type 2 diabetes mellitus (DM)

повышении истинного внутриглазного давления (ВГД) (Ро) до 21,6±0,4 мм рт.ст. и 24,6 ±0,45 мм рт.ст. против 15,2±1,1 мм рт.ст. в КГ (p <0,05).

Изменения в ДЗН при глаукоме с СД 2-го типа наблюдаются и при понижении коэффициента легкости оттока (С) до 0,14±0,06 мм³/мин мм рт.ст. и до 0,11±0,08 мм³/мин мм рт.ст. против 0,29±0,04 мм³/мин мм рт.ст. в КГ (p <0,01).

Наряду с этим изменения морфометрических показателей ДЗН у больных с ПОУГ с СД 2-го типа выявлены на фоне уменьшения линейной скорости кровотока (ЛСК) в ЦАС при начальной стадии глаукомы и развитой соответственно до 12,5±0,46 см/с и 11,0±0,46 см/с, против 15,5 пик в КГ (p <0,01) и замедления кровотока в ЦВС до 8,0±0,5 см/с и 9,0±0,52 см/с против 5,0–8,0±0,77 см/с в КГ (p <0,05) (табл. 3).

У больных с СД 2-го типа без глаукомы отмечается выраженность понижения слоя нервных волокон (СНВ) при перипапиллярной дистрофии до 102±1,2 мкм и 116±1,3 мкм в верхненижнем сегменте и 54±1,1 мкм и 58±0,18 мкм в темпорально-назальном против, соответственно, 71±1,3 мкм, 65±0,8 мкм и 64±1,1 мкм и 67±1,1 мкм (p <0,05) у больных с ПОУГ с СД

Таблица 3

Морфометрические показатели диска зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме с сахарным диабетом 2-го типа в зависимости от гемодинамики

Table 3

Morphometric indices of the optic nerve head in primary open-angle glaucoma with type 2 diabetes mellitus depending on hemodynamics

Параметры ДЗН / Parameters OD	Морфометрические показатели ДЗН / Morphometric parameters of the OD			Гемодинамика глаз при первичной открытоугольной глаукоме, см/с / Hemodynamics of the eye in primary open-angle glaucoma, cm/s			
	КГ 40 глаз без глаукомы с СД 2-го типа / CG 40 eyes without glaucoma with type 2 diabetes mellitus	первичная открытоугольная глаукома / primary open-angle glaucoma	КГ в норме, 20 глаз / CG is normal, 20 eyes	показатели / indicators	I стадия, 136 глаз / stage I, 136 eyes	II стадия, 80 глаз / stage II, 80 eyes	КГ в норме, 20 глаз / CG is normal, 20 eyes
		I стадия, 136 глаз / stage I, 136 eyes / II стадия, 80 глаз / stage II, 80 eyes					
СНВ, мкм / NFL, µm ,	84±0,9	85±0,7	102±0,53	80–120	ЦАС	12,5±0,6**	11,0±0,46**	15,5 пик
НРП, мкм / NRP area, µm	1,4±0,15	1,4±0,19	1,0±0,15*	1,1–1,46	ЦВС	8,0±0,5	9,0±0,52*	5,0–8,0±0,77
Площадь ДЗН, мм² / OD area mm²	1,9±0,2	1,9±0,17	2,3±0,15	1,4–2,8	ВГВ	11,2±0,4	12,3±0,46*	8,1–10,0±0,78
Э/ДЗН / C/OD ratio	0,47±0,09	0,53±0,08	0,67±0,06**	0–05	–	–	–	–
Объем Э/ДЗН, мм³ / C/OD volume , mm³	0,14±0,05	0,15±0,02	0,36±0,03*	0–0,29	–	–	–	–
ППД, мкм Верх Низ / PPD, µm Top bottom	102±1,2 116±1,3	129±1,2 114±1,4*	116±1,6 122,0±1,5*	132±0,63 141±0,42	–	–	–	–
T N	54±1,1 58±0,98**	71±1,3 65±0,8**	64±1,11 67±1,1**	90,1±0,6 96,2±0,61	–	–	–	–

* p <0,05.

** p <0,01

Примечание: ВГВ — верхняя глазная вена; ДЗН — диск зрительного нерва; T/N темпорально-назальный квадрант диска зрительного нерва, верх/низ — верхние-нижние квадранты диска зрительного нерва; НРП — нейроретинальный поясок; ППД — перипапиллярная дистрофия; ППД ДЗ — перипапиллярная дистрофия диска зрительного нерва; СНВ — слой нервных волокон; ЦАС — центральная артерия сетчатки; ЦВС — центральная вена сетчатки; Э/ДЗН — экскавация/диск зрительного нерва.

Note: SOV — superior ophthalmic vein; OP — optic disc; T/N — temporal-nasal quadrant of the optic disc, superior/inferior — superior-inferior quadrants of the optic disc; NRP — neuroretinal zonule; PPD — peripapillary dystrophy; PPD OD — peripapillary dystrophy of the optic disc; NFL — nerve fiber layer; CRA — central retinal artery; CRV — central retinal vein.

Таблица 4

Морфометрические показатели ДЗН при СД 2-го типа без глаукомы

Table 4

Morphometric BRH values in SD 2 without glaucoma

Параметры ДЗН / Parameters OD	Морфометрические показатели ДЗН / Morphometric parameters of the OD		Гемодинамика глаза, см/с / Hemodynamics of the eye, cm/s			Диабетическая ретинопатия без глаукомы, 40 глаз / Diabetic retinopathy without glaucoma, 40 eyes				
	при СД 2-го типа без глаукомы, 40 глаз / for CD 2 type without glaucoma, 40 eyes	КГ в норме, 20 глаз / CG normal, 20 eyes	показатели / indicators	при СД 2-го типа без глаукомы, 40 глаз / with type 2 diabetes without glaucoma, 40 eyes	КГ в норме, 20 глаз / CG normal, 20 eyes	показатели гидродинамики / hydrodynamics indicators	I стадия, 7 глаз / stage I, 7 eyes	II стадия, 15 глаз / stage II, 15 eyes	III стадия, 18 глаз / stage III, 18 eyes	КГ в норме, 20 глаз / CG is normal, 20 eyes
СНВ, мкм / NFL, μm	84±0,9	80–120	ЦАС	13,0±0,4*	15,5 пик	Ро, мм рт.ст. / mm Hg	14,6±0,74	14,5±0,74	13,8±0,70	15,2±1,1
НРП, мкм / NRP area, μm	1,4±0,15	1,09–1,46	ЦВС	11,0±0,5**	5,0–8,0±0,77	С, мм³/мин мм рт.ст. / mm³/min mm Hg	0,39±0,05	0,36±0,05	0,20±0,14	0,29±0,04
Площадь ДЗН, мм² / OD area, mm²	1,9±0,2	1,4–2,8	ВГВ	10,0±0,4	8,0–10,0±0,78	F, мм³/мин / mm³/min	2,0±0,17	1,7±0,08	1,3±0,08	2,1±0,25
Э/1ДЗН / C/1OD ratio	0,47±00,9	0–0,5								
Объем Э/ДЗН, мм³ / C/OD volume, mm³	0,14±0,05	0–0,29								
ППД, мкм Верх Низ / PPD, μm Top bottom	102±1,2 116, ±1,3	132±0,63 141±0,62								
T N	54±1,1 58±0,98**	90,1±0,6 96,2±0,61								

*p <0,05/
** p <0,01.

Примечание: ВГВ — верхняя глазная вена; ДЗН — диск зрительного нерва; НРП — нейроретинальный поясок; ППД — перипапиллярная дистрофия; СНВ — слой нервных волокон; ЦАС — центральная артерия сетчатки; ЦВС — центральная вена сетчатки; Э/ДЗН — экскавация/диск зрительного нерва.

Note: SOV — superior ophthalmic vein; OP — optic disc; NRP — neuroretinal zonule; PPD — peripapillary dystrophy; NFL — nerve fiber layer; CRA — central retinal artery; CRV — central retinal vein; C/OD ratio — excavation/optic disc.

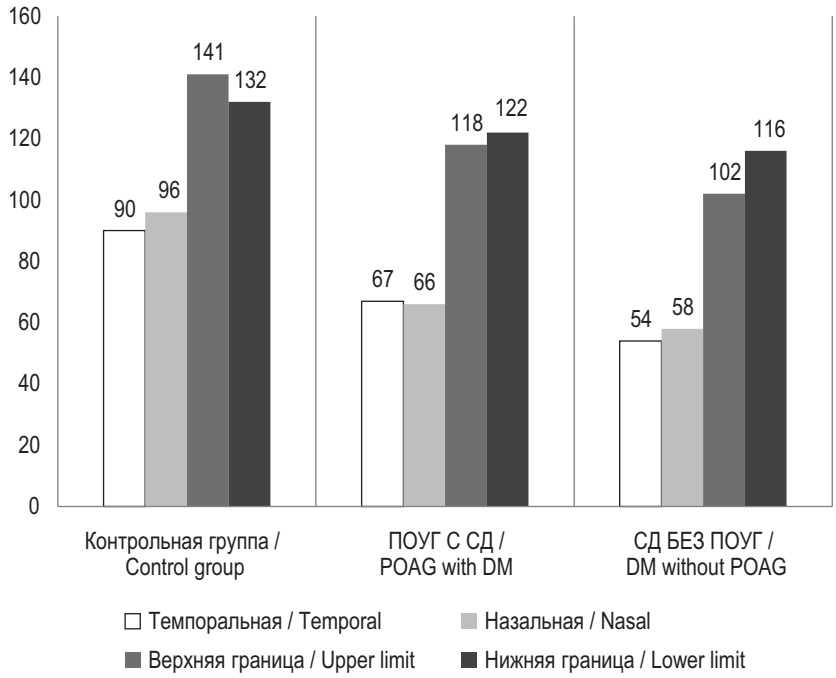

Рис. 2. Перипапиллярная дистрофия при первичной открытоугольной глаукоме (ПОУГ) с сахарным диабетом (СД) 2-го типа

Fig 2. Peripapillary dystrophy in primary open-angle glaucoma (POAG) with type 2 diabetes mellitus (DM)

2-го типа, в связи с чем следует полагать, что в основе генеза этой патологии превалируют микроциркуляторные расстройства в сосудах сетчатки (табл. 4, рис. 2).

Наряду с этим у больных с СД 2-го типа без глаукомы экскавация и объем экскавации ДЗН в пределах нормы — 0,47±0,09 и 0,14±0,05 мм³ против 0,67±0,06 и 0,36±0,03 мм³ при ПОУГ с СД 2-го типа ($p < 0,05$) (рис. 1).

У больных с СД 2-го типа без глаукомы с диабетической ретинопатией I, II и III стадий выявлено уменьшение ЛСК в ЦАС до 13±0,4 см/с против 15,5±1,2 см/с с замедлением венозного кровотока в ЦВС до 11,0±0,5 см/с против 5,0–8,0±0,77 ($p < 0,01$).

Изменения показателей гидродинамики не выявлено у больных с СД 2-го типа без глаукомы (табл. 4) при всех стадиях диабетической ретинопатии и у здоровых лиц КГ без достоверного различия: соответственно 14,6±0,74 мм рт.ст., 14,5±0,74 мм рт.ст., 13,8±0,70 мм рт.ст. и 15,2±1,1 мм рт.ст. в КГ у здоровых лиц ($p > 0,05$).

Вместе с тем у больных с диабетической ретинопатией при различных стадиях без глаукомы наблюдалось отсутствие отклонений от нормы показателя коэффициента легкости оттока С соответственно: 0,39±0,05 мм³/мин мм рт. ст., 0,36±0,05 мм³/мин мм рт.ст., 0,20±0,14 мм³/мин мм рт.ст.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведение ОКТ диска зрительного нерва имеет большое значение как в ранней диагностике ПОУГ у больных с СД 2-го типа, так и в оценке стадии развития глаукоматозной оптической нейропатии (ГОН).

2. В основе развития перипапиллярной дистрофии (ППД) у больных с СД 2-го типа без глаукомы имеют значение микроциркуляторные расстройства в сосудах сетчатки.

3. В связи с выявленными нарушениями гидродинамики глаза и гемодинамики в ЦАС и ЦВС у больных с ПОУГ с СД 2-го типа необходима своевременная их диагностика и назначение адекватной терапии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арапиев М.У., Балацкая Н.В, Ловпаче Д.Н., Слепаво О.С. Исследование факторов регуляции экстраклеточного матрикса и биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки при физиологическом старении и первичной открытоугольной глаукоме. Нацинальный журнал глаукома. 2015;14(4):13–20.
2. Астахов Ю.С., Крылова И.С., Шадричев Ф.Е. Является ли сахарный диабет фактором риска развития первичной открытоугольной глаукомы. Клиническая офтальмология. 2006;7(3):91–94.
3. Балашова Л.М., Бакунина Н.А., Федоров А.А., Кузнецова Ю.Д., Попов А.В., Винер М.Е. Генетические маркеры пролиферативного синдрома при возрастной макулярной дегенерации и хронической закрытоугольной глаукоме. Российский офтальмологический журнал. 2023;16(2):113–118. DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-2-113-118.
4. Бойко Э.В., Камилова Т.А., Чурашов С.В. Молекулярно-генетические аспекты патогенеза глаукомы. Вестник офтальмологии. 2013;129(4):76.
5. Босси Люк. Опасный метод. М.: Рипол классик; 2012.
6. Воробьева И.В., Щербакова Е.В. Глаукома и диабетическая ретинопатия у пациентов с сахарным диабетом. Офтальмология. 214;11(3):4–12.
7. Дедов И.И., Липатов Д.В. Офтальмохирургия пациентов с эндокринными нарушениями: современное состояние и перспективы развития. Сахарный диабет. 2006;3:28–31.
8. Дмитриева Е.И., Ким Т.Ю., Конкина Д.И., Пытель Н.О. Современный взгляд на этиопатогенез первичной открытоугольной глаукомы. Медицина и образование в Сибири. 2014;3:35.
9. Елисеева Н.В., Чурносов М.П., Этиопатогенез первичной открытоугольной глаукомы. Вестник офтальмологии. 2020;3:79–84.
10. Курышева Н.И. Роль нарушений ретинальной микроциркуляции в прогрессировании глаукоматозной оптической нейропатии. 2020;136(4):57–65.
11. Липатов Д.В. Диабетическая глаукома: особенности клиники и лечения. 2011.
12. Светлова О.В., Балашевич Л.И., Засеева М.В. и др. Физиологическая ригидность склеры в формировании внутриглазного давления в норме и при глаукоме. Глаукома. 2010;1:26–40.
13. Страхов В.В., Корчагин Л.И., Попова А.Л. Биомеханический аспект формирования глаукомной экскавации. Глаукома. 2015;14(3):58–71.
14. Фурсова А.Ж., Гамза Э.А., Дербенева А.С. и др. Микрососудистые нарушения хориоидеи как биомаркер прогрессирования глаукомы при СД. Вестник офтальмологии. 2022;138(5):57–65. DOI: 10.17116/oftalma202213805157.
15. Фурсова А.Ж., Гамза Ю.А., Тарасов М.С. и др. Первичная открытоугольная глаукома у пациентов с сахарным диабетом: патогенетические и клинические параллели развития (обзор литературы). Национальный журнал глаукома. 2020;19(2):66–74.
16. Шевченко М.В., Братко О.В. Оценка биохимических особенностей фиброзной оболочки глаз при миопии и глаукоме. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2011;4:124–125.
17. Le R., Gupta N. Gold shunt for refractory advanced low-tension on glaucoma with spared central acuity. Int Med Case Rep J. 2016;9:69–72. DOI: 10.2147/IMCRJ.S93849.
18. Roberts K.F., Artes P.H. et al. Perripapillary choroidal thickness in healthy controls and patiens with focal diffuse, and sclerotic glaucomatous optic disc damage. Arch Ophthalmol. 2012;130(8): 980–986. DOI: 10.100/./archophthalmol.2012.371.
19. Zhang X., Le P.V., Fransis B.A. et al. Advanced imaging for glaucoma study: design, baseline characteristics and intersite comparison. Am J Ophtalmol. 2015;159(2):393–403.e2. DOI: 10.1016/j.aj.2014.11.010.

REFERENCES

1. Arapiev M.U., Balackaya N.V., Lovpache D.N., Slepavo O.S. Study of extracellular matrix regulation factors and biomechanical properties of the corneoscleral membrane in physiological aging and primary open-angle glaucoma. Nacinal'nyj zhurnal glaukoma. 2015;14(4):13–20. (In Russian).
2. Astahov Yu.S., Krylova I.S., Shadrichev F.E. Is diabetes mellitus a risk factor for the development of primary open-angle glaucoma? Klinicheskaya oftal'mologiya. 2006;7(3):91–94. (In Russian).
3. Balashova L.M., Bakunina N.A., Fedorov A.A., Kuznecova Yu.D., Popov A.V., Viner M.E. Genetic markers of

proliferative syndrome in age-related macular degeneration and chronic angle-closure glaucoma. Rossijskij oftal'mologicheskij zhurnal. 2023;16(2):113–118. (In Russian). DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-2-113-118.
4. Bojko E.V., Kamilova T.A., Churashov S.V. Molecular genetic aspects of glaucoma pathogenesis. Vestnik oftal'mologii. 2013;129(4):76. (In Russian).
5. Bossi Lyuk. Dangerous Method. Moscow: Ripol Classic; 2012. (In Russian).
6. Vorob'eva I.V., Shcherbakova E.V. Glaucoma and diabetic retinopathy in patients with diabetes mellitus. Oftal'mologiya. 214;11(3):4–12. (In Russian).
7. Dedov I.I., Lipatov D.V. Ophthalmic surgery of patients with endocrine disorders: current status and development prospects. Sakharnyy diabet. 2006;3:28–31. (In Russian).
8. Dmitrieva E.I., Kim T.Yu., Konkina D.I., Pytel' N.O. Modern view on the etiopathogenesis of primary open-angle glaucoma. Medicina i obrazovanie v Sibiri. 2014;3:35. (In Russian).
9. Eliseeva N.V., Churnosov M.P. Etiopathogenesis of primary open-angle glaucoma. Vestnik oftal'mologii. 2020;3:79–84. (In Russian).
10. Kurysheva N.I. The role of retinal microcirculation disorders in the progression of glaucomatous optic neuropathy. 2020;136(4):57–65. (In Russian).
11. Lipatov D.V. Diabetic glaucoma: clinical features and treatment. 2011. (In Russian).
12. Svetlova O.V., Balashevich L.I., Zaseeva M.V. i dr. Physiological rigidity of the sclera in the formation of intraocular pressure in norm and in glaucoma. Glaukoma. 2010;1:26–40. (In Russian).
13. Strahov V.V., Korchagin L.I., Popova A.L. Biomechanical aspect of glaucomatous excavation formation. Glaukoma. 2015;14(3):58–71. (In Russian).
14. Fursova A.Zh., Gamza E.A., Derbeneva A.S. i dr. Choroidal microvascular disorders as a biomarker of glaucoma progression in diabetes mellitus. Vestnik oftal'mologii. 2022;138(5):57–65. (In Russian). DOI: 10.17116/oftalma202213805157.
15. Fursova A.Zh., Gamza Yu.A., Tarasov M.S. i dr. Primary open-angle glaucoma in patients with diabetes mellitus: pathogenetic and clinical parallels of development (literature review). Nacional'nyj zhurnal glaukoma. 2020;19(2):66–74. (In Russian).
16. Shevchenko M.V., Bratko O.V. Evaluation of biochemical features of the fibrous membrane of the eye in myopia and glaucoma. RMZh. Klinicheskaya oftal'mologiya. 2011;4:124–125. (In Russian).
17. Le R., Gupta N. Gold shunt for refractory advanced low-tension on glaucoma with spared central acuity. Int Med Case Rep J. 2016;9:69–72. DOI: 10.2147/IMCRJ.S93849.
18. Roberts K.F., Artes P.H. et al. Perripapillary choroidal thickness in healthy controls and patiens with focal diffuse, and sclerotic glaucomatous optic disc damage. Arch Ophthalmol. 2012;130(8):980–986. DOI: 10.100/./archophthalmol.2012.371.
19. Zhang X., Le P.V., Fransis B.A. et al. Advanced imaging for glaucoma study: design, baseline characteristics and intersite comparison. Am J Ophtalmol. 2015;159(2):393–403.e2. DOI: 10.1016/j.aj.2014.11.010.