

Динамика ультразвуковых показателей ретробульбарного кровотока при различной длительности сахарного диабета 1-го типа в детском и подростковом возрасте

С.В. Фомина¹, Ю.Г. Самойлова¹, В.Д. Завадовская¹, М.В. Кошмелева¹, Д.А. Качанов¹,
Е.И. Трифонова¹, В.Э. Юн¹, Д.А. Кудлай^{2,3}, М.А. Зоркальцев¹

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск, Россия;

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия;

³ФГБУ «Государственный научный центр "Институт иммунологии" Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

Dynamics of ultrasound indicators of retrobulbar blood flow at different durations of type 1 diabetes mellitus in childhood and adolescence

S.V. Fomina¹, Yu.G. Samoylova¹, V.D. Zavadovskaya¹, M.V. Koshmeleva¹, D.A. Kachanov¹,
E.I. Trifonova¹, V.E. Yun¹, D.A. Kudlay^{2,3}, M.A. Zorkaltsev¹

¹Siberian State Medical University, Tomsk, Russia;

²Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;

³National Research Center — Institute of Immunology, Federal Medical-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

Представлены результаты исследования динамики ультразвуковых показателей кровотока глаза и глазницы у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа в детском и подростковом возрасте. Исследование включало данные 70 пациентов в возрасте от 5 до 18 лет с длительностью заболевания до 5 лет, от 5 до 10 лет и более 10 лет. Анализировались ультразвуковые показатели линейной скорости кровотока и индекса периферического сопротивления по глазным артериям, центральным артериям и венам сетчатки, задним коротким цилиарным артериям, верхним глазным венам в разные сроки длительности сахарного диабета 1-го типа. В результате исследования выявлено снижение скорости кровотока в центральных артериях сетчатки, в задних коротких цилиарных артериях с увеличением длительности сахарного диабета 1-го типа. Наибольшее снижение скорости кровотока зарегистрировано в группе с длительностью сахарного диабета более 10 лет. Полученные данные могут быть использованы для оценки и динамического наблюдения ранних нарушений кровоснабжения глаза и глазницы у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа в детском и подростковом возрасте.

Ключевые слова: дети, сахарный диабет, диабетическая ретинопатия, ретробульбарный кровоток, ультразвуковое исследование, скорость кровотока, индекс периферического сопротивления.

Для цитирования: Фомина С.В., Самойлова Ю.Г., Завадовская В.Д., Кошмелева М.В., Качанов Д.А., Трифонова Е.И., Юн В.Э., Кудлай Д.А., Зоркальцев М.А. Динамика ультразвуковых показателей ретробульбарного кровотока при различной длительности сахарного диабета 1-го типа в детском и подростковом возрасте. Рос вестн перинатол и педиатр 2023; 68:(6): 67–74. DOI: 10.21508/1027-4065-2023-68-6-67-74

The results of a study of the dynamics of ultrasound parameters of blood flow in the eye and orbit in patients with type 1 diabetes mellitus in childhood and adolescence are presented. The study included data from 70 patients aged 5 to 18 years, with disease duration up to 5 years, from 5 to 10 years, and more than 10 years. Ultrasound indicators of linear blood flow velocity and peripheral resistance index were analyzed in the ophthalmic arteries, central arteries and veins of the retina, posterior short ciliary arteries, and superior ophthalmic veins at different periods of the duration of type 1 diabetes mellitus. The study revealed a decrease in blood flow velocity in the central retinal arteries and in the posterior short ciliary arteries with increasing duration of type 1 diabetes. The greatest decrease in blood flow velocity was recorded in the group with a duration of diabetes mellitus of more than 10 years. The data obtained can be used to assess and dynamically monitor early disorders of the blood supply to the eye and orbit in patients with type 1 diabetes mellitus in childhood and adolescence.

Key words: children, diabetes mellitus, diabetic retinopathy, retrobulbar blood flow, ultrasound examination, blood flow velocity, peripheral resistance index.

For citation: Fomina S.V., Samoylova Yu.G., Zavadovskaya V.D., Koshmeleva M.V., Kachanov D.A., Trifonova E.I., Yun V.E., Kudlay D.A., Zorkaltsev M.A. Dynamics of ultrasound indicators of retrobulbar blood flow at different durations of type 1 diabetes mellitus in childhood and adolescence. Ros Vestn Perinatol i Pediatr 2023; 68:(6): 67–74 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2023-68-6-67-74

Сахарный диабет относится к широко распространенным метаболическим заболеваниям с прогрессивным типом роста и сопровождается хронической гипергликемией [1, 2]. Одно из наиболее тяжелых сосудистых осложнений сахарного диабета 1-го и 2-го типов — диабетическая ретинопатия, которая занимает второе место по частоте развития среди осложнений в Российской Федерации [3–5]. Особенность диабетической ретинопатии состоит

в высокой социальной значимости, в первую очередь при сахарном диабете 1-го типа в детском возрасте из-за высокого риска снижения зрения вплоть до полной потери и ранней инвалидизации. Потеря зрения обусловлена каскадом патологических изменений сетчатки в ответ на хроническую гипергликемию. Центральное звено составляют процессы нарушения кровоснабжения сетчатки с последующей ишемией, развитием макулярного отека, пролифе-

ративными изменениями сетчатки и нарастающим риском тракционной отслойки сетчатки.

Важными факторами риска развития диабетической ретинопатии при сахарном диабете считают длительность заболевания, частоту гликемического контроля, дислипидемию [2, 6, 7]. Есть сообщения о развитии диабетической ретинопатии в 83% случаев в течение 10 лет от начала заболевания сахарным диабетом 1-го типа [8]. Пациентам с сахарным диабетом 1-го типа, согласно клиническим рекомендациям «Сахарный диабет 1-го типа у детей» 2022 г., показаны ежегодная консультация и осмотр офтальмологом в возрасте старше 11 лет и при длительности заболевания более 2 лет. Скрининг диабетической ретинопатии включает визиометрию для определения ретинальной остроты зрения, биомикроскопию глазного дна, офтальмоскопию при расширенном зрачке и биомикрофотографию глазного дна с использованием фундус-камеры. Диагностический алгоритм диабетической ретинопатии также включает использование оптической когерентной томографии, флуоресцентной ангиографии глазного дна, которые позволяют получить расширенную информацию о состоянии глазного дна, определить наличие изменений ретинальных сосудов. Диагностическая точность перечисленных методов зависит от состояния прозрачности светопреломляющих сред, хрусталика, стекловидного тела [9].

© Коллектив авторов, 2023

Адрес для корреспонденции: Фомина Светлана Викторовна — к.м.н., доц. кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Сибирского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0001-7517-3393 e-mail: statfom@mail.ru

Самойлова Юлия Геннадьевна — д.м.н., проф., зав. кафедрой педиатрии с курсом эндокринологии Сибирского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0002-2667-4842

Завадовская Вера Дмитриевна — д.м.н., проф., и.о. зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии Сибирского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0001-6231-7650

Кошмелева Марина Владиславовна — к.м.н., доц. кафедры педиатрии с курсом эндокринологии Сибирского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0001-8142-1226

Трифоновна Екатерина Ивановна — асс. кафедры педиатрии с курсом эндокринологии Сибирского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0002-2825-5035

Качанов Дмитрий Андреевич — лаборант-исследователь кафедры педиатрии с курсом эндокринологии Сибирского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0002-6519-8906

Юн Вера Эдуардовна — лаборант-исследователь кафедры педиатрии с курсом эндокринологии Сибирского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0002-9127-8619

Зоркальцев Максим Александрович — д.м.н., доц. кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Сибирского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0003-0025-2147

634050 Томск, ул. Московский тракт, д. 2

Кудлай Дмитрий Анатольевич — д.м.н., член-корр. РАН, проф. кафедры фармакологии Института фармации Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, вед. науч. сотр. лаборатории персонализированной медицины и молекулярной иммунологии Государственного научного центра «Институт иммунологии» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0003-1878-4467

115522 Москва, Каширское шоссе, д. 24

Рост технических возможностей расширил границы применения ультразвуковой диагностики, в том числе в офтальмологии. Высокое качество нативного ультразвукового исследования глазных яблок и глазницы позволяет безопасно, быстро, высокоинформативно оценить состояние не только передних отделов глазного яблока, структуру стекловидного тела, состояние оболочек глазного яблока и зоны макулы, но также и измерить толщину зрительного нерва и визуально определить его структуру. Внедрение доплерографии расширило возможности качественно оценить васкуляризацию ретробульбарных сосудов, вне зависимости от прозрачности светопреломляющих структур глазного яблока, что особенно важно при патологических изменениях хрусталика и стекловидного тела при ряде заболеваний, таких как гемофтальм, катаракта, воспалительные изменения.

Ретробульбарные сосуды служат основным коллатором кровоснабжения глаза. Глазная артерия — самая крупная артерия орбиты, она является ветвью внутренней сонной артерии и у вершины орбиты образует дугу с множественными ветвями, ряд из которых участвуют в кровоснабжении глазного яблока [10]. Центральная артерия сетчатки обеспечивает кровью 2/3 внутренней сетчатки и часть диска зрительного нерва, вместе с центральной веной сетчатки она локализуется в глазнице вдоль зрительного нерва и с ним проникает в глазное яблоко. Задние короткие цилиарные артерии являются продолжением задних цилиарных артерий, находятся рядом с диском зрительного нерва и кровоснабжают внутренний слой сосудистой оболочки глаза (хориокапилляры) и большую часть диска зрительного нерва. Венозный отток от зрительного нерва преимущественно реализуется через центральную вену сетчатки и от хориокапилляров через вортикозные вены по верхней и нижней глазным венам.

Цель исследования: оценка изменений ультразвуковых показателей ретробульбарного кровотока при различной длительности заболевания сахарным диабетом 1-го типа в детском и подростковом возрасте.

Характеристика детей и методы исследования

За период с октября 2022 г. по июль 2023 г. обследованы 70 детей в возрасте 5–18 лет с установленным на основании клинических рекомендаций диагнозом сахарный диабет 1-го типа. В зависимости от длительности заболевания выделено 3 группы: 1-ю группу составили 24 пациента с длительностью сахарного диабета 1-го типа менее 5 лет; 2-ю группу — 30 детей с длительностью от 5 до 10 лет; 3-ю группу — 16 пациентов с длительностью заболевания более 10 лет. Всем пациентам проведена офтальмоскопия с использованием фундус-камеры, а также ультразвуковое исследование глазных яблок и глазницы с учетом правил безопасности применения ультразвука в офтальмологии [4]. Ультразву-

ковое исследование проводилось с использованием ультразвуковой системы экспертного класса Canon Aplio i 700, линейным датчиком 9–14 МГц, одним врачом ультразвуковой диагностики с опытом сосудистых исследований, в том числе в офтальмологии, для стандартизации проводимых измерений. Каждый показатель кровотока измерялся минимум 3 раза, в результате заносилось среднее значение.

Ультразвуковые исследования глазных яблок и глазниц были выполнены при положении пациента на спине транскутанным и транспальпебральным доступом с использованием В-режима и режима доплерографии (рис. 1). При нативном ультразвуковом исследовании проведена оценка прозрачности и гомогенности передних отделов глазных яблок и стекловидного тела, структуры оболочек глаза, толщины и структуры зрительного нерва, структуры прямых мышц глазных яблок и ретробульбарной клетчатки. В режиме доплерографии выполнено измерение скорости кровотока, индекса резистент-

ности, проведена оценка направления и спектр кровотока по ретробульбарным сосудам глазницы, а именно глазной артерии, центральной артерии и вены сетчатки, задним коротким цилиарным артериям, верхней глазной вены (рис. 2).

Статистический анализ полученных данных выполнен с помощью программного обеспечения Statistica, версия 13.3. Для описания количественных данных использованы медиана и 25 -й и 75-й процентиля. Для сравнения двух независимых групп использован непараметрический критерий Манна–Уитни, для сравнения множественных независимых групп — критерий Краскела–Уоллиса. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты

При анализе уровня гликированного гемоглобина (HbA1c) в исследуемых группах установлено статистически значимое повышение его от 8,4 до 8,9% с увеличением длительности заболевания (см. таблицу).

Таблица. Уровни гликированного гемоглобина и ретробульбарного кровотока у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа в детском и подростковом возрасте в разные сроки заболевания

Table. Glycated hemoglobin and retrobulbar blood flow in patients with type 1 diabetes mellitus in childhood and adolescence at different stages of the disease

Показатель	1-я группа			2-я группа			3-я группа			p
	Me	процентиль		Me	процентиль		Me	процентиль		
		25-й	7-й5		25-й	75-й		25-й	75-й	
HbA1c, %	8,4	7,2	9,8	8,8	7,7	10,1	8,9	8,4	10,7	0,00
ГА (OD), см/с	43,8	38,7	51,5	44	40	46	43,4	40	48	0,99
ГА (OD), RI	0,79	0,72	0,83	0,76	0,74	0,81	0,75	0,72	0,81	0,67
ЦАС (OD), см/с	11,5	9,8	13,8	10,6	9,5	11,6	9,5	8,3	11,6	0,02
ЦАС (OD), RI	0,67	0,63	0,70	0,68	0,64	0,70	0,65	0,61	0,67	0,26
ЦВС (OD), см/с	5,1	4,6	5,4	4,8	4,2	5,1	5,2	4,7	5,4	0,06
ЗКЦ (OD), см/с	14,1	12,9	15	14	12,3	15,3	12,9	12,6	14,0	0,18
ЗКЦ (OD), RI	0,63	0,61	0,68	0,63	0,62	0,67	0,61	0,58	0,64	0,10
ВГВ (OD), см/с	7,9	7,1	8,4	7,0	6	7,8	7,6	7,0	8	0,07
ГА (OS), см/с	41,9	32,8	45	43,7	38	47,0	44,5	41	48,7	0,24
ГА (OS), RI	0,78	0,76	0,83	0,75	0,73	0,79	0,76	0,72	0,81	0,03
ЦАС (OS), см/с	11,7	10	12,9	11,7	10,9	12,4	9,9	9	11,8	0,04
ЦАС (OS), RI	0,68	0,64	0,70	0,67	0,65	0,70	0,64	0,62	0,67	0,07
ЦВС (OS), см/с	4,9	4,6	5,4	4,8	4	5,3	5,1	4,8	5,5	0,14
ЗКЦ (OS), см/с	14,4	13,0	15,6	14	13	15	13,9	13,5	14,7	0,87
ЗКЦ (OS), RI	0,63	0,60	0,66	0,64	0,61	0,67	0,61	0,60	0,66	0,46
ВГВ (OS), см/с	8,0	7,1	8,6	7,3	6	8,2	7,6	6,7	7,8	0,14

Примечание. HbA1c — гликированный гемоглобин; OD — правая глазница; OS — левая глазница; ГА — глазная артерия; ЦАС — центральная артерия сетчатки; ЦВС — центральная вена сетчатки; ЗКЦА — задние короткие цилиарные артерии; ВГВ — верхняя глазная вена; RI — индекс резистентности.

Нативное ультразвуковое исследование не выявило клинически значимых изменений структуры глазных яблок и глазниц у пациентов в исследуемых группах. Прозрачность переднего отдела глазных яблок и стекловидное тело были не изменены. Оболочки глазных яблок не утолщены, целостность не нарушена, без признаков отслойки. Прямые мышцы глазных яблок имели типичную структуру, не утолщены, четко дифференцировались от ретробульбарной клетчатки.

В режиме доплерографии при оценке линейной скорости кровотока по глазным артериям, центральным артериям и венам сетчатки, задним коротким цилиарным артериям, верхним глазным венам при сравнении 3 групп получено статистически значимое устойчивое снижение скорости кровотока по центральным артериям сетчатки с увеличением длительности заболевания сахарного диабета 1-го типа (см. таблицу). При детальном рассмотрении наиболее выраженное снижение скорости кровотока по центральным артериям сетчатки наблюдалось между 1-й и 3-й группами (рис. 3). Отмечена тенденция к снижению скорости кровотока по задним коротким цилиарным артериям с увеличением длительности заболевания с максимальным значимым снижением скорости по задней короткой цилиарной артерии при длительности сахарного диабета 1-го типа более 10 лет (рис. 4).

Спектр кровотока исследуемых артерий у всех пациентов в разные сроки заболевания сохранялся магистральным, симметричным, изменений не выявлено. Отмечалось статистически значимое снижение индекса резистентности (RI) по глазной артерии при увеличении длительности сахарного диабета 1-го типа, а также неустойчивое снижение индекса резистентности по центральным артериям сетчатки и задним коротким цилиарным артериям (рис. 5).

Обсуждение

Проведенное исследование показало прямое влияние длительности сахарного диабета 1-го типа на ультразвуковые показатели ретробульбарного кровотока. Зарегистрированное снижение скорости кровотока по центральным артериям сетчатки, менее выраженное снижение скорости по задним коротким цилиарным артериям согласуются с данными многих исследователей, которые сообщают о регистрации снижения скоростей кровотока перечисленных артерий у пациентов с сахарным диабетом [10–13]. Авторы высказывают мнение, что гемодинамические изменения ретробульбарного кровотока указывают на ишемию и появляются раньше изменений по ретинальным сосудам, регистрируемых на глазном дне, что делает возможным использование скоростных показателей в оценке нарушений хориоидального кровотока и кровотока сетчатки на ранних стадиях диабетической ретинопатии [10–13].



Рис. 1. Ультразвуковое исследование глазных яблок и глазниц (транскутанный, транспальпебральный доступ).

Fig. 1. Ultrasound examination of the eyeballs and orbits (transcutaneous, transpalpebral access).

В проведенном исследовании не получено данных о снижении скорости кровотока по глазным артериям, но отмечено повышение индекса резистентности по исследуемым ретробульбарным артериям (см. рис. 5, 6). Индекс резистентности характеризует периферическое сопротивление и отражает состояние сосудистой стенки. Хроническая гипергликемия вызывает микрососудистые изменения, которые сопровождаются дисфункцией эндотелия, утолщением базального слоя мембраны капилляров, потерей периоцитов, сужением просвета сосудов, появлением микроокклюзий сосудов сетчатки [8]. Данные изменения выражаются снижением эластичности сосудистой стенки и ростом периферического сопротивления [8, 10, 13]. Наличие снижения периферического сопротивления по центральным артериям сетчатки с увеличением длительности сахарного диабета в наших исследованиях, в отличие от данных других авторов, мы связываем с особенностями выборки наших пациентов [11, 13, 14]. Во-первых, 77% исследуемых пациентов имели длительность заболевания менее 10 лет, 34% — менее 5 лет и только 22% пациентов — более 10 лет. Незначительная длительность заболевания свидетельствует о кратковременном влиянии хронической гипергликемии на структуру сосудистых стенок и не приводит к снижению ее эластических свойств и росту периферического сопро-

тивления, а также к падению скорости кровотока в более крупных глазных артериях. Второй важный аспект — возраст исследуемых пациентов. В нашем исследовании участвовали пациенты в возрасте 5–18 лет с сахарным диабетом 1-го типа. Эластичность сосудистой стенки в детском возрасте выше, следовательно, периферическое сопротивление ниже, чем у взрослых, и эту закономерность детского возраста необходимо учитывать при анализе полученных результатов.

Полученное устойчивое снижение скорости кровотока в центральных артериях сетчатки и в меньшей степени в задних коротких цилиарных артериях свидетельствует о развитии ишемии большей части внутреннего слоя сетчатки, внутреннего слоя сосудистой оболочки, а также части диска зрительного нерва в ответ на хроническую гипергликемию. Отсутствие нарушений кровоснабжения по более крупным глазным артериям, являющихся мышечными

сосудами среднего размера, свидетельствует о преобладании сосудистых изменений в артериях малого диаметра при сахарном диабете в ранний период; изменения могут длительное время не иметь клинических проявлений [13]. Отсутствие признаков диабетической ретинопатии в проведенном исследовании при осмотре глазного дна в виде микроаневризм, кровоизлияний в сетчатку, экссудатов, неоваскуляризации, кровоизлияний в стекловидное тело, тракционной отслойки сетчатки, макулярного отека позволяет сделать вывод, что регистрируемые изменения ретробульбарного кровотока могут быть начальными нарушениями кровоснабжения, возникающего при диабетической ретинопатии. Устойчивое снижение скорости кровотока по центральным артериям сетчатки и задними коротким цилиарным артериям с увеличением длительности сахарного диабета 1-го типа в детском и подростковом возрасте позволяет использовать эти показатели для динами-

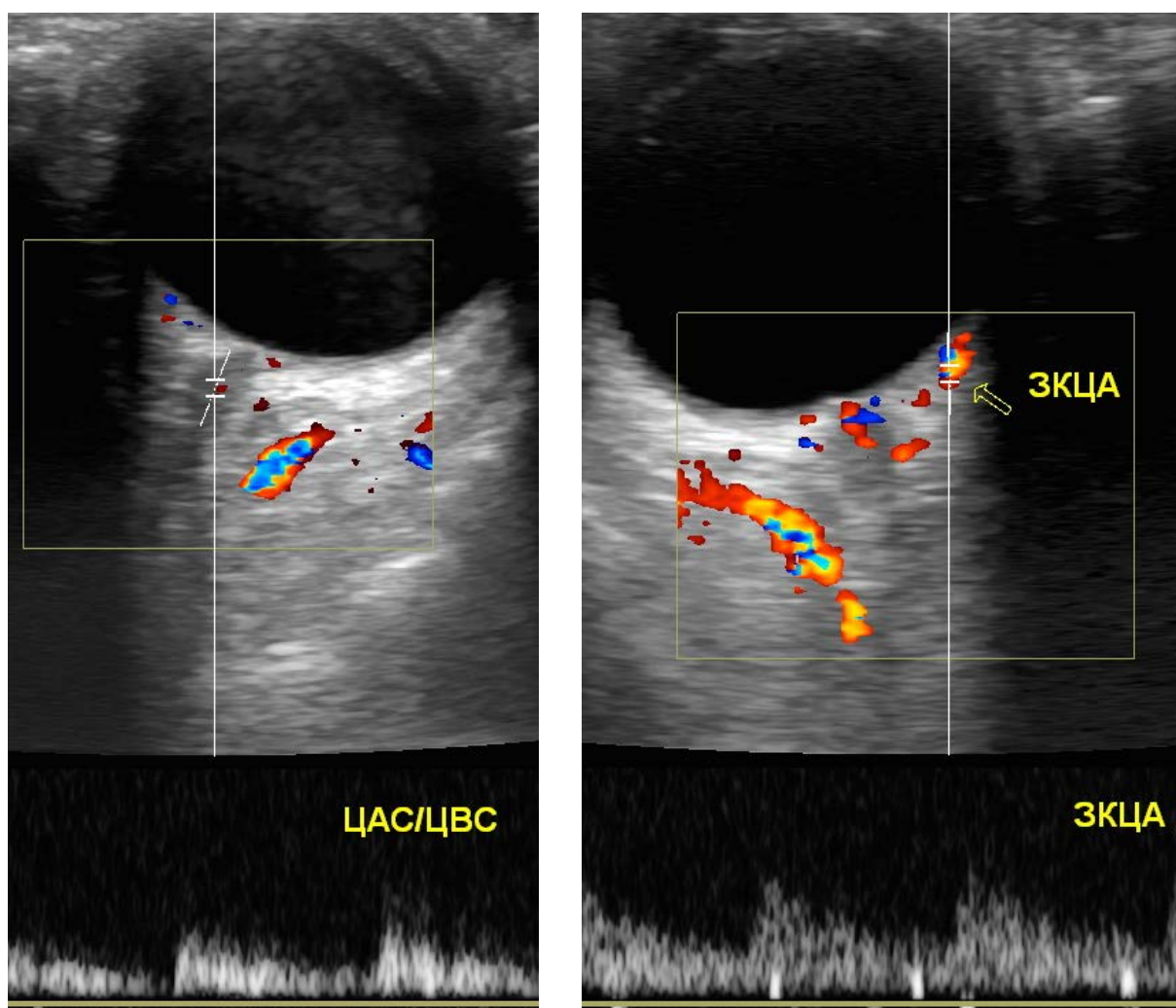


Рис. 2. Ультразвуковое исследование ретробульбарных сосудов орбиты в режиме доплерографии, центральная артерия и вена сетчатки (слева), задняя короткая цилиарная артерия (справа).

ЦАС — центральная артерия сетчатки; ЦВС — центральная вена сетчатки; ЗКЦА — задние короткие цилиарные артерии.

Fig. 2. Ultrasound examination of the retrobulbar vessels of the orbit in Doppler mode, central retinal artery and vein (left), posterior short ciliary artery (right).

ческой оценки кровоснабжения сетчатки, сосудистой оболочки, зрительного нерва в отсутствие сосудистых изменений на глазном дне.

Анализ результатов проведенного исследования показал, что нарушения гемодинамики глаза в большей степени выражены при длительности сахарного диабета 1-го типа в детском и подростковом возрасте более 10 лет, и это результат патологического влияния хронической гипергликемии на сосудистые структуры глаз. Увеличение размера выборки пациентов с разной длительностью сахарного диабета 1-го типа, сопоставление

данных исследования ретробульбарного и ретинального кровотока позволят лучше понять регистрируемые сосудистые изменения и определить ультразвуковые параметры глазной гемодинамики для прогнозирования и скрининга сосудистых изменений при диабетической ретинопатии разных стадий.

Заключение

Длительное влияние хронической гипергликемии при сахарном диабете 1-го типа в детском и подростковом возрасте сопровождается нарушением

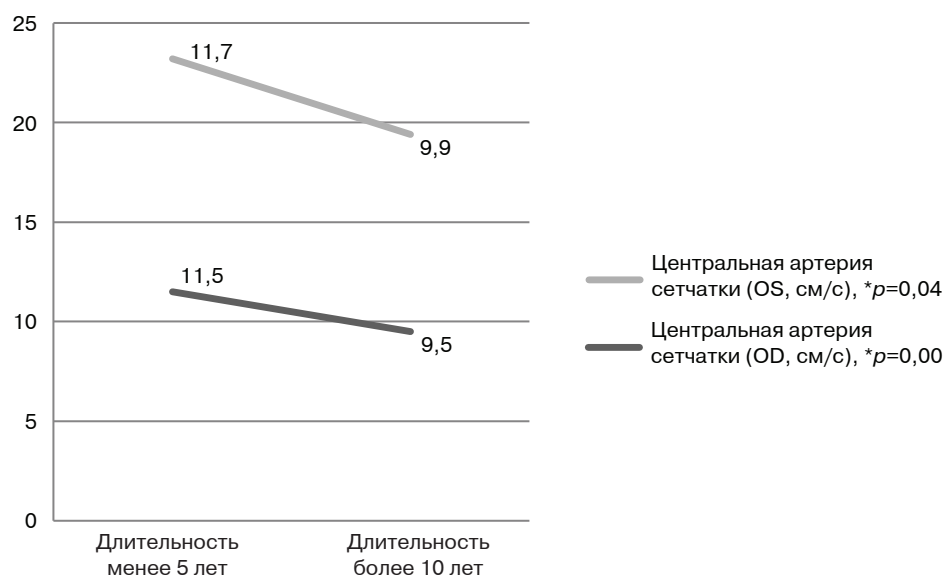


Рис. 3. Снижение скорости кровотока центральной артерии сетчатки правого (OD) и левого (OS) глаз с увеличением длительности сахарного диабета 1-го типа. Диаграмма непараметрического сравнения с помощью критерия Манна–Уитни с уровнем значимости $p<0,05$.

Fig. 3. Decrease in blood flow velocity of the central retinal artery of the right (OD) and left (OS) eyes with increasing duration of type 1 diabetes mellitus. Diagram of non-parametric comparison using the Mann–Whitney test with a significance level of $p<0,05$.

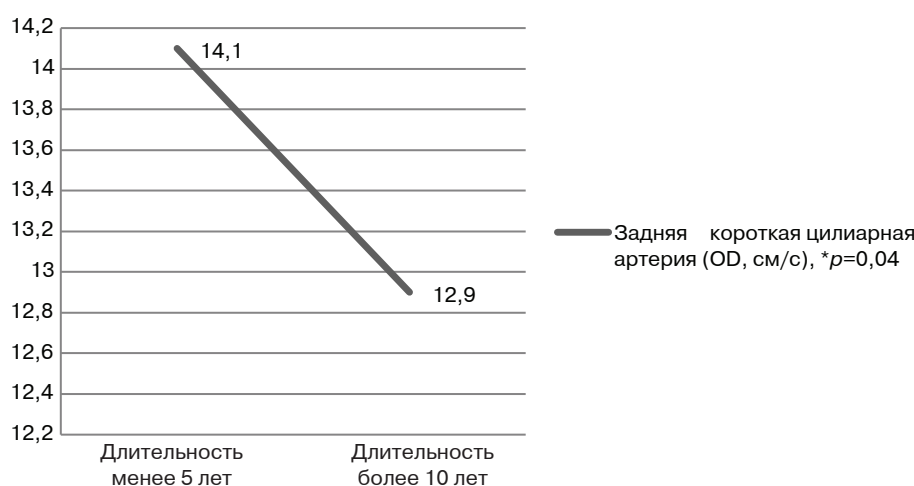


Рис. 4. Снижение скорости кровотока в задней короткой цилиарной артерии правого глаза (OD) с увеличением длительности сахарного диабета 1-го типа. Диаграмма непараметрического сравнения с помощью критерия Манна–Уитни с уровнем значимости $p<0,05$.

Fig. 4. Decreased blood flow velocity in the posterior short ciliary artery of the right eye (OD) with increasing duration of type 1 diabetes. Diagram of non-parametric comparison using the Mann–Whitney test with a significance level of $p<0,05$.

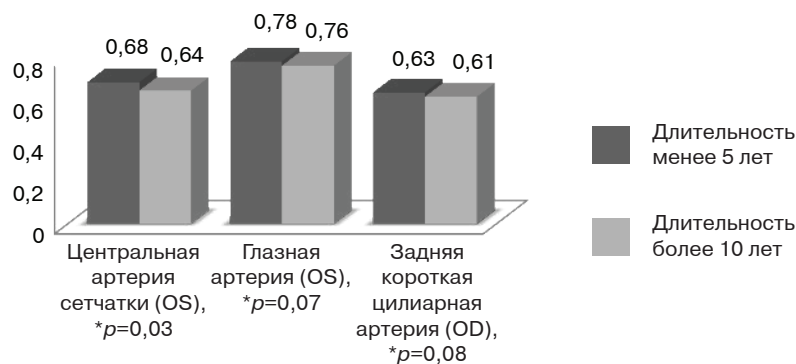


Рис. 5. Снижение индекса периферического сопротивления с увеличением длительности сахарного диабета 1-го типа центральной артерии сетчатки слева (OS), глазной артерии слева (OS), задней короткой цилиарной артерии справа (OD). Диаграмма непараметрического сравнения с помощью критерия Манна–Уитни с уровнем значимости $p < 0,05$.
Fig. 5. A decrease in the peripheral resistance index with increasing duration of type 1 diabetes mellitus of the central retinal artery on the left (OS), the ophthalmic artery on the left (OS), and the posterior short ciliary artery on the right (OD). Diagram of non-parametric comparison using the Mann–Whitney test with a significance level of $p < 0,05$.

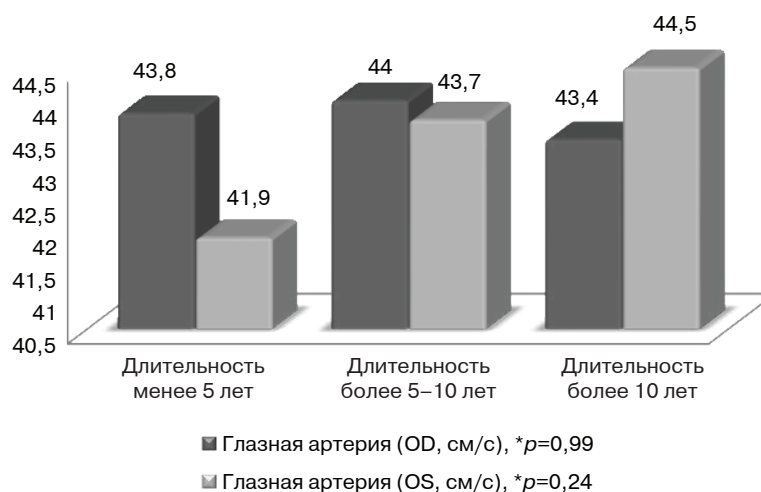


Рис. 6. Скорость кровотока в глазных артериях правого (OD) и левого (OS) глаза при разных сроках сахарного диабета 1-го типа. Диаграмма непараметрического сравнения с помощью критерия Краскела–Уоллиса с уровнем значимости $p < 0,05$.
Fig. 6. Blood flow velocity in the ophthalmic arteries of the right (OD) and left (OS) eyes during different periods of type 1 diabetes mellitus. Diagram of non-parametric comparison using the Kruskal–Wallis test with a significance level of $p < 0,05$.

кровоснабжения хориоидального кровотока и кровотока сетчатки без видимых сосудистых изменений на глазном дне. Скорость кровотока по центральной артерии сетчатки, задним коротким цилиарным артериям можно использовать для динамического наблюдения изменений кровоснабжения сетчатки

при сахарном диабете 1-го типа в детском и подростковом возрасте в отсутствие проявлений диабетической ретинопатии на глазном дне. Хроническая гипергликемия вызывает нарушения первично в ретробульбарных артериях малого диаметра.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А., Серков А.А., Мокрышева Н.Г. Динамика эпидемиологических показателей сахарного диабета в Российской Федерации за период 2017–2021 гг. Сборник тезисов IX (XXVIII) Национальный диабетологический конгресс с международным участием «Сахарный диабет и ожирение — неинфекционные

междисциплинарные пандемии XXI века», 05–08 сентября 2022 года. М.: 2022. [Dedov I.I., Shestakova M.V., Vikulova O.K., Zheleznyakova A.V., Isakov M.A., Serkov A.A., Mokrysheva N.G. Dynamics of epidemiological indicators of diabetes mellitus in the Russian Federation for the period 2017–2021. Collection of abstracts IX (XXVIII) National Diabetology Congress with international participation

- “Diabetes mellitus and obesity — non-infectious interdisciplinary pandemics of the 21st century”, September 05–08, 2022. М.: 2022. (in Russ.)]
2. Saeedi P., Petersohn I., Salpea P., Malanda B., Karuranga S., Unwin N. et al.; IDF Diabetes Atlas Committee. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract* 2019; 157: 107843. DOI: 10.1016/j.diabres.2019.107843
 3. Ziegler R., Neu A. Diabetes in Childhood and Adolescence. *Dtsch Arztebl Int* 2018; 115(9): 146–156. DOI: 10.3238/arztebl.2018.0146
 4. Демидова Т.Ю., Кожевников А.А. Диабетическая ретинопатия: история, современные подходы к ведению, перспективные взгляды на профилактику и лечение. Сахарный диабет 2020; 23(1): 95–105. [Demidova T.Yu., Kozhevnikov A.A. Diabetic retinopathy: history, modern approaches to management, promising views on prevention and treatment. *Sakharnii diabet* 2020; 23(1): 95–105. (in Russ.)] DOI: 10.14341/DM10273
 5. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 9th edn Brussels, Belgium; 2019. Available at: <https://www.diabetesatlas.org/> / Ссылка активна на 30.10.2023 г
 6. Song P., Yu J., Chan K.Y., Theodoratou E., Rudan I. Prevalence, risk factors and burden of diabetic retinopathy in China: a systematic review and meta-analysis. *J Glob Health* 2018; 8(1): 010803. DOI: 10.7189/jogh.08.010803
 7. Wang Q., Zeng N., Tang H., Yang X., Yao Q., Zhang L. et al. Diabetic retinopathy risk prediction in patients with type 2 diabetes mellitus using a nomogram model. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2022; 13: 993423. DOI: 10.3389/fendo.2022.993423
 8. Ozates S., Derinkuyu B.E., Elgin U., Keskin M., Sahin N.M., Aycan Z. Early Ophthalmic Artery Blood Flow Parameter Changes in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *Beyoglu Eye J* 2020; 5(1): 17–21. DOI: 10.14744/bej.2020.15238
 9. Скрининг на диабетическую ретинопатию: Повышение эффективности, максимальное увеличение пользы и минимизация вреда. Краткое руководство. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2021. Лицензия: CCBY-NC-SA3.0IGO. [Screening for diabetic retinopathy: Improving effectiveness, maximizing benefit, and minimizing harm. Quick guide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2021. License: CCBY-NC-SA3.0IGO]. <https://iris.who.int/handle/10665/340770> / Ссылка активна на 30.10.2023 г
 10. Киселева Т.Н., Зайцев М.С., Рамазанова К.А., Луговкина К.В. Возможности цветового дуплексного сканирования в диагностике сосудистой патологии глаза. Российский офтальмологический журнал 2018; 11 (3): 84–94. [Kiseleva T.N., Zaitsev M.S., Ramazanova K.A., Lugovkina K.V. Possibilities of color duplex scanning in the diagnosis of vascular pathology of the eye. *Rossiiskii oftalmologicheskii zhurnal* 2018; 11(3): 84–94. (in Russ.)] DOI: 10.21516/2072–0076–2018–11–3–84–94
 11. Киселева Т.Н., Зайцев М.С., Луговкина К.В. Вопросы безопасности диагностического ультразвука в офтальмологии. Офтальмология 2018; 15(4): 447–454. [Kiseleva T.N., Zaitsev M.S., Lugovkina K.V. Safety issues of diagnostic ultrasound in ophthalmology. *Oftalmologiya* 2018; 15(4): 447–454. (in Russ.)] DOI: 10.18008/1816–5095–2018–4–447–454
 12. Divya K., Kanagaraju V., Devanand B., Jeevamala C., Raghuram A., Sundar D. Evaluation of retrobulbar circulation in type 2 diabetic patients using color Doppler imaging. *Indian J Ophthalmol* 2020; 68(6): 1108–1114. DOI: 10.4103/ijo.1398_19
 13. Madhpuriya G., Gokhale S., Agrawal A., Nigam P., Wan Y.L. Evaluation of Hemodynamic Changes in Retrobulbar Blood Vessels Using Color Doppler Imaging in Diabetic Patients. *Life (Basel)* 2022; 12(5): 629. DOI: 10.3390/life12050629
 14. Khatri M., Saxena S., Kumar M., Chhabra A.K., Bhaskar S.K., Akduman E.I. et al. Resistive index of central retinal artery is a bioimaging biomarker for severity of diabetic retinopathy. *Int J Retina Vitreous* 2019; 5: 38. DOI: 10.1186/s40942–019–0189–4

Поступила: 16.10.23

Received on: 2023.10.16

Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.