

Сердце и сосуды | Heart and vessels

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1426>

Вариабельность ультразвуковых показателей ретробульбарного кровотока у детей с сахарным диабетом 1 типа

© Фомина С.В. *, Самойлова Ю.Г., Кошмелева М.В., Завадовская В.Д., Качанов Д.А., Трифонова Е.И., Зоркальцев М.А., Юн В.Э.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; 634050 Томск, Московский тракт, д. 2, Российская Федерация

Ранняя диагностика нарушений кровоснабжения глаз у пациентов с сахарным диабетом 1 типа в детском возрасте является актуальной задачей. Определение ультразвуковых изменений гемодинамики ретробульбарных сосудов при влиянии факторов риска благоприятно отразится на динамическом наблюдении детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа.

Цель исследования: оценить вариабельность ультразвуковых показателей ретробульбарного кровотока у пациентов с сахарным диабетом 1 типа в детском и подростковом возрасте в зависимости от длительности заболевания, показателей липидного обмена и уровня гликированного гемоглобина.

Материал и методы. Исследование включало данные 186 детей в возрасте от 5 до 17 лет, из них 148 с сахарным диабетом 1 типа и 38 детей контрольной группы. При анализе учитывались длительность заболевания сахарным диабетом 1 типа, лабораторные показатели, ультразвуковые показатели и данные офтальмологического обследования.

Результаты. Полученные результаты исследования подтверждают наличие изменений гемодинамики ретробульбарных сосудов при сахарном диабете 1 типа у детей в ответ на влияние факторов риска и создают условия для использования ультразвуковых исследований в оценке нарушений кровоснабжения глаза.

Ключевые слова: сахарный диабет; диабетическая ретинопатия; ретробульбарный кровоток; ультразвуковое исследование; доплерография; скорость кровотока; индекс периферического сопротивления; дети; подростки

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Фомина С.В., Самойлова Ю.Г., Кошмелева М.В., Завадовская В.Д., Качанов Д.А., Трифонова Е.И., Зоркальцев М.А., Юн В.Э. Вариабельность ультразвуковых показателей ретробульбарного кровотока у детей с сахарным диабетом 1 типа. *Медицинская визуализация*. 2024; 28 (3): 117–126.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1426>

Поступила в редакцию: 29.12.2023. Принята к печати: 22.06.2024. Опубликовано online: 25.07.2024.

Variability of ultrasound indicators of retrobulbar blood flow in children with type 1 diabetes mellitus

© Svetlana V. Fomina*, Iuliia G. Samoilova, Marina V. Koshmeleva, Vera D. Zavadovskaya, Dmitriy A. Kachanov, Ekaterina I. Trifonova, Maxim A. Zorkaltsev, Vera E. Yun

Siberian State Medical University; 2, Moskovskii trakt, Tomsk 634050, Russian Federation

Early diagnosis of eye blood supply disorders in patients with type 1 diabetes mellitus in childhood is an urgent task. Determination of ultrasound changes in the hemodynamics of retrobulbar vessels under the influence of risk factors will have a beneficial effect on the dynamic monitoring of children and adolescents with type 1 diabetes mellitus.



Purpose of the study: to evaluate the variability of ultrasound indicators of retrobulbar blood flow in patients with type 1 diabetes mellitus in childhood and adolescence, depending on the duration of the disease, indicators of lipid metabolism and the level of glycated hemoglobin.

Material and methods. The study included data from 186 children aged 5–17 years, of which 148 had type 1 diabetes and 38 children in the control group. The analysis took into account the duration of type 1 diabetes mellitus, laboratory, ultrasound indicators and ophthalmological examination data.

Results. The results of the study confirm the presence of changes in the hemodynamics of retrobulbar vessels in type 1 diabetes mellitus in children in response to the influence of risk factors, and create conditions for the use of ultrasound studies in the assessment of disorders of the blood supply to the eye.

Keywords: diabetes mellitus; diabetic retinopathy; retrobulbar blood flow; ultrasound; dopplerography; blood flow velocity; peripheral resistance index; children; adolescents

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Fomina S.V., Samoylova Yu.G., Koshmeleva M.V., Zavadovskaya V.D., Trifonova E.I., Kachanov D.A., Zorkaltsev M.A., Yun V.E. Variability of ultrasound indicators of retrobulbar blood flow in children with type 1 diabetes mellitus. *Medical Visualization*. 2024; 28 (3): 117–126. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1426>

Received: 29.12.2023.

Accepted for publication: 22.06.2024.

Published online: 25.07.2024.

Введение

Диагностика осложнений сахарного диабета (СД) 1 типа в детском возрасте является актуальной задачей здравоохранения [1, 2]. Одним из наиболее часто встречаемых осложнений является диабетическая ретинопатия (ДР) [2, 3]. Хроническая гипергликемия вызывает ряд патологических сосудистых изменений с развитием ишемии сетчатки, макулярным отеком, пролиферативными изменениями с нарастающим риском отслойки сетчатки и потери зрения [4, 5].

Диагностический алгоритм ДР включает офтальмологическое обследование с использованием методов визиометрии, биомикроскопии глазного дна, офтальмоскопии с использованием фундус-камеры. Точность методов определяется прозрачностью светопреломляющих сред, хрусталика, стекловидного тела [3, 5].

Ультразвуковая диагностика широко используется в офтальмологии как быстрый, безопасный, высокоточный метод, позволяющий определить изменения передних отделов глаза, прозрачность стекловидного тела, оценить структуру оболочек глаза, исключить новообразования. Допплерография ретробульбарных сосудов включает оценку спектра кровотока и измерение гемодинамических показателей глазной артерии (ГА), центральной артерии сетчатки (ЦАС), центральной вены сетчатки (ЦВС), задних коротких цилиарных артерий (ЗКЦА), верхней глазной вены (ВГВ) независимо от прозрачности стекловидного тела [4, 6–8].

По данным литературы, отмечается регистрация ультразвуковых изменений ретробульбарного кровотока у пациентов с СД, наиболее часто при СД 2 типа [9–13]. Большинство авторов сообщают о снижении скоростных показателей и повышении периферического сопротивления по ЦАС, ГА,

ЗКЦА у пациентов с СД 2 типа с разными стадиями ДР [4, 9, 10]. Интересные, но часто разнонаправленные данные свидетельствуют об изменениях ретробульбарного кровотока в ранний период ДР, до регистрации сосудистых изменений на глазном дне [8, 9, 12].

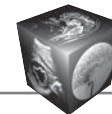
Малое количество данных представлено об изменениях гемодинамики ретробульбарного кровотока у пациентов с СД 1 типа под влиянием наиболее значимых факторов риска ДР, к которым относятся длительность СД, уровень гликированного гемоглобина и нарушения липидного обмена [5, 10, 12].

Установка закономерностей изменений ретробульбарного кровотока в зависимости от длительности СД, значений гликированного гемоглобина и показателей липидного обмена позволит лучше понять механизм патологических изменений кровоснабжения глаза и орбиты, что благоприятно отразится на динамическом наблюдении пациентов с СД 1 типа в детском возрасте, позволит снизить риски развития ДР.

Цель исследования: оценить вариабельность ультразвуковых показателей ретробульбарного кровотока у пациентов с СД 1 типа в детском и подростковом возрасте в зависимости от длительности заболевания, показателей липидного обмена и уровня гликированного гемоглобина.

Материал и методы

В исследование были включены данные 186 детей в возрасте от 5 до 17 лет. Контрольную группу здоровых пациентов составили 38 человек. В основную группу включено 148 пациентов с СД 1 типа. Протокол исследования одобрен Этическим комитетом ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России (закключение № 9518 от 28.08.2023). В зави-



симости от длительности СД было выделено 3 подгруппы: с длительностью до 5 лет подгруппа 1 включала 87 детей, подгруппа 2 со стажем заболевания от 5 до 10 лет – 44 ребенка, подгруппа 3 с длительностью заболевания более 10 лет – 17 детей.

Изменения на глазном дне, характерные для ДР, у обследуемых пациентов оценивались при офтальмологическом обследовании с использованием офтальмоскопии с фундус-камерой.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) глазных яблок и ретробульбарной области было проведено с учетом правил безопасности применения ультразвука в офтальмологии [7, 8]. Исследования проводилось на ультразвуковом аппарате экспертного класса Canon Aplio i 700 линейным датчиком 9–17 МГц одним врачом ультразвуковой диагностики с опытом работы более 10 лет для стандартизации проводимых измерений. Каждый показатель ультразвуковой доплерографии измерялся несколько раз, в результате заносилось истинное, повторяющееся значение. Исследования выполнялись билатерально, с регистрацией значений с обеих сторон.

УЗИ глазных яблок и орбит были выполнены в положении пациента лежа на спине, через закрытое веко и включали В-режим и режим доплерографии. При нативном УЗИ оценивались следующие параметры: экоструктура глазного яблока, стекловидного тела, оболочек глаза, зрительного нерва, ретробульбарной клетчатки и прямых мышц глаза. При доплерографии проводилась оценка линейной скорости кровотока (ЛСК), индекса резистентности (RI), спектра кровотока по ГА, ЦАС, ЦВС, ЗКЦА, ВГВ.

Статистический анализ был выполнен с помощью программного обеспечения Statistica версия 13.3. Для описания количественных данных использованы медиана и 25–75-й процентиль. Качественные данные описаны абсолютными и относительными частотами. Для сравнения двух независимых групп был использован непараметрический критерий Манна–Уитни. Сравнение качественных данных выполнены с использованием критерия χ^2 . Оценка корреляционной зависимости между показателями проведена непараметрическим критерием Спирмена. Уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования

Осмотр глазного дна у пациентов с СД 1 типа при офтальмологическом исследовании не выявил наличие микроаневризм, кровоизлияний в сетчатку, участков неоваскуляризации, кровоизлияний в стекловидное тело, тракционную от-

слойку сетчатки, макулярный отек, что характерно для ДР.

УЗИ глазных яблок и ретробульбарной области не выявило изменений структуры. Оболочки глазных яблок не изменены, без признаков отслоения сетчатки. Прозрачность переднего отрезка глазных яблок и стекловидного тела без помутнений. Прямые мышцы глазных яблок не утолщены, с хорошей дифференцировкой от ретробульбарной клетчатки, типичной структуры.

Ультразвуковая доплерография ретробульбарных сосудов выявила статистически значимые изменения ЛСК и RI при сравнении группы с СД 1 типа с контрольной группой. Снижение скорости кровотока в группе с СД 1 типа было получено по ЦАС, ЗКЦА, повышение скорости кровотока – по ГА, ВГВ. Оценка RI не показала устойчивых различий в исследуемых группах (табл. 1).

Учитывая полученные различия в исследуемых группах, был проведен анализ ультразвуковых изменений гемодинамики по ГА, ЗКЦА и ЦАС при различной длительности СД 1 типа у детей с выделением дополнительных подгрупп (табл. 2).

При оценке гемодинамики ГА в подгруппу “есть изменения” были включены пациенты с повышением периферического сопротивления (RI $> 0,80$) и/или увеличением ЛСК (> 45 см/с), в подгруппу “нет изменений” включены пациенты с отсутствием гемодинамических изменений. Применительно к гемодинамике ЗКЦА подгруппу “есть изменения” составляли больные с повышением периферического сопротивления (RI $> 0,65$) и / или снижением ЛСК (< 12 см/с), подгруппу “нет изменений” – дети и подростки с отсутствием изменений гемодинамики. При анализе гемодинамики ЦАС в подгруппу “есть изменения” добавлены пациенты с сниженной ЛСК ($< 10,5$ см/с), в подгруппу “нет изменений” – пациенты с отсутствием гемодинамических изменений. Нормативные показатели гемодинамики ретробульбарных сосудов определялись согласно общепринятым данным [8].

Результаты анализа изменений гемодинамики по ретробульбарным сосудам при различной длительности СД 1 типа представлены в табл. 2.

Анализ изменений ретробульбарного кровотока при различной длительности СД 1 типа показал наличие статистически значимых изменений гемодинамики по ЦАС и тенденцию к изменениям гемодинамики по ЗКЦА (см. табл. 2).

С целью наглядного представления вклада исследуемых сосудов (ГА, ЗКЦА, ЦАС) в нарушение гемодинамики ретробульбарного кровотока в разные сроки СД 1 типа была построена диаграмма “изменений”, основанная на данных подгруппы “есть изменения” (см. табл. 2). Диаграмма отра-



Таблица 1. Сравнение ультразвуковых показателей кровотока в ретробульбарных сосудах у пациентов с СД 1 типа и контрольной группы (критерий Манна–Уитни, уровень значимости $p < 0,05$)

Table 1. Comparison of ultrasound indicators of blood flow in retrobulbar vessels in patients with type 1 diabetes and the control group (Mann–Whitney test, significance level $p < 0.05$)

Показатели Indicators	Сахарный диабет 1 типа Diabetes mellitus type 1 n = 148			Контроль Control (n = 38)			p
	медиана median	процентиля percentiles		медиана median	процентиля percentiles		
		25-й	75-й		25-й	75-й	
ГА, см/с (OD) OA (OD), cm/s	42	36.3	47.9	42	37.3	44.7	0.50
ГА, RI (OD) OA (OD), RI	0.77	0.73	0.81	0.75	0.74	0.78	0.17
ГА, см/с (OS) OA (OS), cm/s	42	35.4	46	37.6	33.2	43.7	0.02
ГА, RI (OS) OA (OS), RI	0.76	0.73	0.81	0.77	0.74	0.79	0.75
ЦАС, см/с (OD) CRA (OD), cm/s	11	9.6	12	11.65	11.1	12.8	0.00
ЦАС, RI (OD) CRA (OD), RI	0.65	0.62	0.69	0.66	0.63	0.69	0.42
ЦАС, см/с (OS) CRA (OS), cm/s	11.6	10.2	12.6	12.2	11	13	0.00
ЦАС, RI (OS) CRA (OS), RI]	0.65	0.62	0.68	0.66	0.62	0.69	0.44
ЦВС, см/с (OD) CRV (OD), cm/s	5	4.6	5.5	5.0	4.9	5.7	0.40
ЦВС, см/с (OS) CRV (OS), cm/s	5.1	4.6	5.6	5.1	4.9	5.9	0.29
ЗКЦА, см/с (OD) PSCA (OD), cm/s	13.5	12.3	14.7	14.0	13.0	14.4	0.02
ЗКЦА, RI (OD) PSCA (OD), RI	0.62	0.59	0.64	0.59	0.56	0.64	0.01
ЗКЦА, см/с (OS) PSCA (OS), cm/s	13.4	12.6	15.0	14.1	13.5	15.0	0.03
ЗКЦА, RI (OS) PSCA (OS), RI	0.61	0.59	0.64	0.61	0.55	0.65	0.09
ВГВ, см/с (OD) SOV (OD), cm/s	7.6	7.0	8.4	7.1	6.0	7.3	0.00
ВГВ, см/с (OS) SOV (OS), cm/s	7.6	7.1	8.3	7.2	6.8	7.7	0.00

Примечание. Здесь и в табл. 2, 4: OD – правая орбита, OS – левая орбита, ГА – глазная артерия, ЦАС – центральная артерия сетчатки, ЦВС – центральная вена сетчатки, ЗКЦА – задние короткие цилиарные артерии, ВГВ – верхняя глазная вена, RI – индекс резистентности.

Note. Here and in the table. 2, 4: OD – dextra orbit, OS – sinistra orbit, ON – Optic nerve, OA – ophthalmic artery, CRA – central retinal artery, CRV – central retinal vein, PSCA – posterior short ciliary arteries, SOV – superior ophthalmic vein, RI – resistance index.

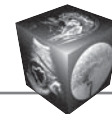


Таблица 2. Сравнение изменений гемодинамики по ретробульбарным сосудам при разной длительности СД 1 типа у детей и подростков (критерий χ^2 , уровень значимости $p < 0,05$)

Table 2. Comparison of changes in hemodynamics in retrobulbar vessels with different durations of type 1 diabetes mellitus in children and adolescents (χ^2 test, significance level $p < 0.05$)

		Стаж до 5 лет Experience up to 5 years (n = 87)	Стаж 5–10 лет Experience 5–10 years (n = 44)	Стаж более 10 лет More than 10 years of experience (n = 17)	p
ГА OA	Есть изменения There are changes	55/87 (63%)	25/44 (57%)	10/17 (59%)	0.76
	Нет изменений No changes	32/87 (36%)	19/44 (43%)	7/17 (41%)	
ЗКЦА PSCA	Есть изменения There are changes	44/87 (51%)	30/44 (68%)	10 /17 (59%)	0.15
	Нет изменений No changes	43/87 (49%)	14/44 (32%)	7/17 (41%)	
ЦАС CRA	Есть изменения There are changes	32/87 (37%)	25/44 (57%)	12/17 (71%)	0.01
	Нет изменений No changes	55/87 (63%)	19/44 (43%)	5/17 (39%)	

жает частоту встречаемости изменений кровотока в артериях при разной длительности СД 1 типа (рис. 1).

Анализ диаграммы показал, что в первые 5 лет СД 1 типа наибольшее количество изменений регистрировалось по ГА, при длительности 5–10 лет – по ЗКЦА и при стаже заболевания

более 10 лет – по ЦАС. Обращает на себя внимание нарастающее увеличение количества пациентов с изменениями по ЦАС с увеличением длительности СД 1 типа (см. рис. 1). Изменения гемодинамики по ЦАС наиболее устойчиво отражают изменения ретробульбарного кровотока при разных сроках СД 1 типа в детском возрасте.

Для проверки влияния липидного обмена и гликированного гемоглобина на ретробульбарный кровоток при СД 1 типа в детском и подростковом возрасте было проведено сравнение значений этих показателей в двух группах. Первую группу с “нормальным кровотоком по центральной артерии сетчатки” составляли 79 пациентов с СД 1 типа, вторую группу со “сниженным кровотоком по центральной артерии сетчатки” – 69 пациентов (табл. 3). На рис. 2, 3 приведены примеры ультразвуковой доплерографии неизмененного и сниженного кровотока по ЦАС и ЦВС у детей с СД 1 типа.

Данные табл. 3 свидетельствуют о наличии значимого повышения уровня триглицеридов и гликированного гемоглобина у пациентов с СД 1 типа с сниженным кровотоком по ЦАС.

Для оценки взаимосвязи между показателями липидного обмена, гликированного гемоглобина и показателями ретробульбарного кровотока у пациентов с СД 1 типа в детском возрасте был выполнен корреляционный анализ Спирмена с уровнем значимости $p < 0,05$, представленный в табл. 4.

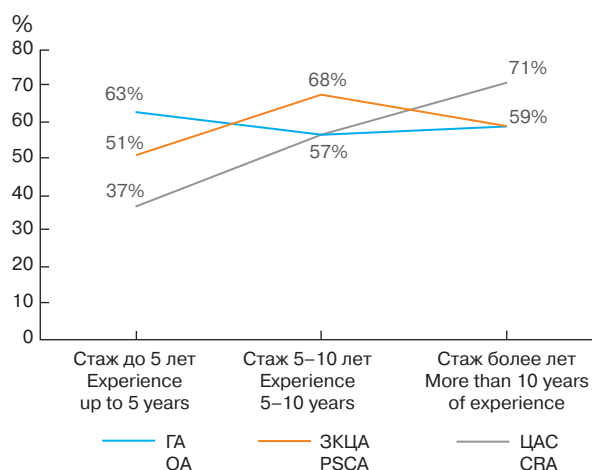


Рис. 1. Диаграмма “изменений” параметров кровотока ретробульбарных артерий при разной длительности сахарного диабета 1 типа у детей.

Fig. 1. Diagram of “Changes” in the blood flow parameters of the retrobulbar arteries with different durations of type 1 diabetes in children.



Таблица 3. Сравнение показателей липидного обмена и гликированного гемоглобина у пациентов с “нормальным кровотоком по центральной артерии сетчатки” и “сниженным кровотоком по центральной артерии сетчатки” (критерий Манна–Уитни, уровень значимости $p < 0,05$)

Table 3. Comparison of lipid metabolism and glycated hemoglobin indices in patients with “normal blood flow through the central retinal artery” and “reduced blood flow through the central retinal artery” (Mann–Whitney test, significance level $p < 0.05$)

Показатели Indicators	Сахарный диабет 1 типа Diabetes mellitus type 1 n = 148			Контроль Control (n = 38)			p
	медиана median	процентиля percentiles		медиана median	процентиля percentiles		
		25-й	75-й		25-й	75-й	
Холестерин Cholesterol	4.97	4.34	5.6	5.03	4.3	5.79	0.99
Триглицериды Triglycerides	0.70	0.57	1.06	0.86	0.70	1.21	0.00
ХС-ЛПНП LDL-C	2.7	2.0	3.3	2.6	2.0	3.4	0.94
ХС-ЛПВП HDL-C	1.96	1.5	2.23	1.96	1.4	2.2	0.62
HbA _{1c}	8.4	7.5	9.5	9.0	7.8	10.6	0.04

Примечание. Здесь и в табл. 4: ХС-ЛПНП – холестерин липопротеинов низкой плотности, ХС-ЛПВП – холестерин липопротеинов высокой плотности, HbA_{1c} – гликированный гемоглобин.

Note. Here and in the Table. 4: LDL-C – low-density lipoprotein cholesterol, HDL-C – high-density lipoprotein cholesterol, HbA_{1c} – glycated hemoglobin.

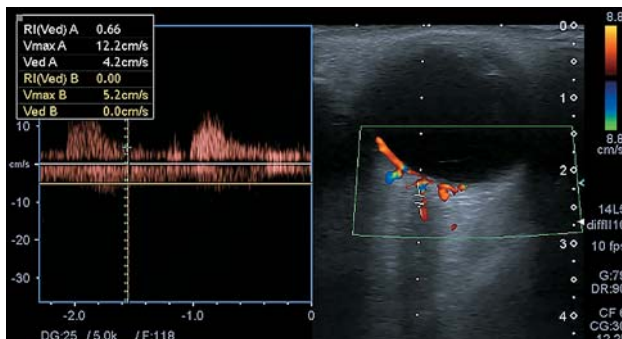


Рис. 2. Ультразвуковая доплерография неизменного кровотока центральной артерии сетчатки и центральной вены сетчатки у детей с сахарным диабетом 1 типа. ЛСК = 12,2 см/с, RI = 0,66; ЦВС ЛСК = 5,2 см/с.

Fig. 2. Doppler ultrasound of constant blood flow of the central retinal artery and central retinal vein in children with type 1 diabetes mellitus. LSC = 12.2 cm/sec, RI = 0.66; CVS LSK = 5.2 cm/sec.

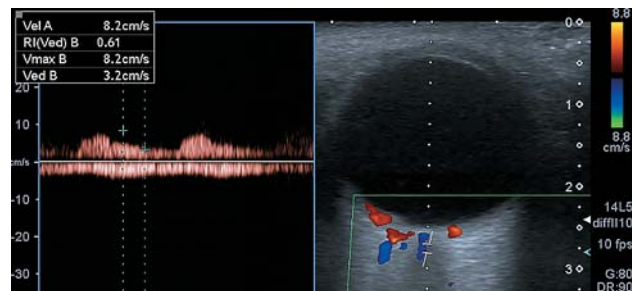


Рис. 3. Ультразвуковая доплерография сниженного кровотока центральной артерии сетчатки и центральной вены сетчатки у детей с сахарным диабетом 1 типа. ЛСК = 8,2 см/с, RI = 0,61; ЦВС ЛСК = 3,2 см/с.

Fig. 3. Doppler ultrasound of reduced central retinal artery and central retinal vein blood flow in children with type 1 diabetes mellitus. LSC = 8.2 cm/sec, RI = 0.61; CVS LSK = 3.2 cm/sec.



Таблица 4. Анализ взаимосвязи между показателями липидного обмена, гликированного гемоглобина и показателями ретробульбарного кровотока у пациентов с СД 1 типа в детском возрасте (критерий Спирмена, уровень значимости $p < 0,05$)

Table 4. Analysis of the relationship between indicators of lipid metabolism, glycated hemoglobin and indicators of retrobulbar blood flow in patients with type 1 diabetes in childhood (Spearman test, significance level $p < 0.05$)

Показатели Indicators	ГА, см/с OA, cm/s	ГА, RI OA, RI	ЦАС, см/с CRA, cm/s	ЦАС, RI CRA, RI	ЦВС, см/с CRV, cm/s	ЗКЦА, см/с PSCA, cm/s	ЗКЦА, RI PSCA, RI	ВГВ, см/с SOV, cm/s
Холестерин Cholesterol	0.05	0.11	-0.04	-0.01	0.07	-0.10	-0.12	0.03
Триглицериды Triglycerides	0.26*	0.02	-0.17*	-0.08	-0.13	0.10	-0.09	0.02
ХС-ЛПНП LDL-C	0.13	0.04	0.08	-0.04	-0.01	-0.18*	-0.15	0.05
ХС-ЛПВП HDL-C	0.00	0.18*	0.04	0.22*	0.16*	0.02	0.16*	-0.09
HbA _{1c}	0.06	0.05	-0.41*	-0.06	0.06	-0.21*	-0.10	0.15

* – взаимосвязи показателей с уровнем значимости $p < 0.05$.

* – correlation of indicators with significance level $p < 0.05$.

Результаты анализа, представленные в табл. 4, показывают наличие слабой связи между отдельными показателями липидного обмена и ретробульбарного кровотока. Уровень триглицеридов имеет положительную прямо пропорциональную связь с скоростью кровотока по ГА и обратно пропорциональную связь с скоростью по ЦАС, следовательно, его повышение сопровождается увеличением скорости по ГА и снижением скорости по ЦАС. Холестерин липопротеинов низкой плотности имеет обратно пропорциональную зависимость со скоростью по ЗКЦА, его увеличение сопровождается снижением скорости кровотока по ЗКЦА. Холестерин липопротеинов высокой плотности имеет прямо пропорциональную зависимость с индексами периферического сопротивления ГА, ЗКЦА, ЦАС и скоростью кровотока по ЦВС, следовательно, его увеличение сопровождается повышением зависимых показателей. Гликированный гемоглобин имеет обратно пропорциональную зависимость с скоростью кровотока по ЦАС и ЗКЦА, его увеличение сопровождается снижением скорости кровотока по данным сосудам.

Спектр кровотока ретробульбарных сосудов у всех пациентов вне зависимости от сроков заболевания сохранялся магистральным, симметричным, изменений выявлено не было.

Обсуждение

Выявленное устойчивое снижение скорости кровотока по ЦАС, ЗКЦА у пациентов с СД 1 типа в детском возрасте без изменений на глазном дне согласуются с библиографическими данными ряда авторов [4, 9, 11]. Авторы считают, что выяв-

ленные изменения характерны для ишемии внутреннего слоя сетчатки, внутреннего слоя сосудистой оболочки, а также части диска зрительного нерва в ответ на длительную гипергликемию. Многие исследователи утверждают, что изменения гемодинамики ретробульбарных сосудов возникают раньше сосудистых изменений на глазном дне по ретинальным сосудам [4, 9, 11].

Полученные нами данные о преобладании зарегистрированных изменений гемодинамики ГА в первые 5 лет СД 1 типа в виде слабовыраженного увеличения скорости кровотока и периферического сопротивления свидетельствуют о высокой чувствительности показателей к первичным изменениям сосудистой стенки, включающим утолщение базальной мембраны, отложение гиалина и снижение эластичности стенки в ответ на гипергликемию. Несмотря на отсутствие в результатах проведенного исследования устойчивых статистически значимых различий скорости кровотока и периферического сопротивления в группах с СД 1 типа и контрольной группой, мы считаем, что изменения кровотока ГА необходимо учитывать при анализе нарушений кровоснабжения глаз у пациентов с СД 1 типа. Принимая во внимание результаты исследовательских работ в данной области, повышение периферического сопротивления и снижение скорости кровотока по ГА можно использовать в качестве прогностического показателя развития тяжелой формы ДР [9, 12].

Увеличение количества изменений в сосудах малого диаметра, а именно ЗКЦА и ЦАС, со стажем СД 1 типа 5–10 лет и более 10 лет соответствует прогрессированию изменений сосудистой



стенки в виде уменьшения просвета сосудов, повышения периферического сопротивления, снижения скорости кровотока и развития ишемии. Наши данные по этому вопросу согласуются с литературными данными [9, 10]. Наряду с указанными результатами при исследовании кровотока по ЗКЦА при длительности СД 1 типа более 10 лет у достаточного количества пациентов наблюдалась противоположная картина, а именно: снижение частоты встречаемости нарушений кровотока по данному сосуду. Данный факт, выявленный в нашем исследовании, а также опубликованный в библиографических источниках, трактуется как результат активации анастомозов при увеличении ретинального кровотока, развивающегося при длительном течении СД [9].

Нарастающее увеличение количества наблюдений с изменениями кровотока в ЦАС, а именно: снижение скорости кровотока при увеличении длительности СД 1 типа более 10 лет, характеризует устойчивую тенденцию к ишемии внутреннего слоя сетчатки. Принимая во внимание статистически значимое снижение скорости по ЦАС в группе с СД 1 типа при сравнении с контрольной группой, ультразвуковую оценку кровотока по ЦАС можно отнести к надежным показателям для динамического наблюдения изменений гемодинамики глаз у детей и подростков с СД 1 типа (см. рис. 1).

Влияние факторов риска, дислипидемии и гипергликемии на кровоток по ЦАС, представленное в табл. 3, согласуется с данными литературы, указывающими на отрицательное влияние сочетания этих факторов на ретинальный кровоток, сопровождающееся микрососудистыми повреждениями сетчатки с прогрессированием диабетического макулярного отека и ростом риска развития ДР [5, 9–11, 14, 15]. Установленная значимая корреляция уровня триглицеридов, отрицательная со скоростью кровотока ЦАС и положительная со скоростью ГА, согласуется с утверждением о вкладе дислипидемии в развитие нарушений ретробульбарного кровотока у пациентов с СД 1 типа в детском и подростковом возрасте (см. табл. 4). Отрицательная корреляция гликированного гемоглобина со скоростью кровотока по ЦАС и ЗКЦА соответствует данным литературы об отрицательном влиянии хронической гипергликемии на кровоснабжение глаза и повышении рисков развития ДР [3, 5, 8, 10, 15, 16].

Полученные результаты исследования подтверждают наличие изменений гемодинамики ретробульбарных сосудов при СД 1 типа у детей в ответ на влияние факторов риска и создают условия для использования УЗИ в оценке нарушений кровоснабжения глаза.

Выводы

1. Ультразвуковые изменения гемодинамики у пациентов с сахарным диабетом 1 типа в детском и подростковом возрасте регистрируются до появления сосудистых изменений на глазном дне.

2. Длительность заболевания, дислипидемия, гипергликемия приводят к ультразвуковым изменениям ретробульбарного кровотока у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа.

3. Ультразвуковую скорость кровотока по центральной артерии сетчатки можно использовать для динамического наблюдения изменений кровоснабжения ретробульбарного кровотока при сахарном диабете 1 типа у детей и подростков.

Участие авторов

Фомина С.В. – написание статьи, сбор данных, анализ и интерпретация данных, оформление рукописи.

Самойлова Ю.Г., Завадовская В.Д. – разработка концепции и дизайна публикации, проверка интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Кошмелева М.В., Трифонова Е.И., Качанов Д.А., Зоркальцев М.А., Юн В.Э. – сбор данных, поиск литературы, проверка интеллектуального содержания.

Authors' participation

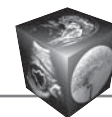
Fomina S.V. – article writing, data collection, data analysis and interpretation, manuscript preparation.

Samoilova I.G., Zavadovskaya V.D. – development of the concept and design of the publication, verification of intellectual content, final approval of the manuscript for publication.

Koshmeleva M.V., Trifonova E.I., Kachanov D.A., Zorkaltsev M.A., Yun V.E. – data collection, literature search, intellectual content check.

Список литературы

1. Билецкая В.А., Липатов Д.В., Саяпина И.Ю., Фролов М.А., Сургуч В.К. Маркеры пролиферативной диабетической ретинопатии. *Офтальмология*. 2022; 19 (3): 557–564. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-3-557-564>
2. 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) Национального диабетологического конгресса с международным участием “Сахарный диабет и ожирение – неинфекционные междисциплинарные пандемии XXI века”, 05–08 сентября 2022 г. М., 2022.
3. 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. <https://doi.org/10.14341/DM10273>



4. Киселева Т.Н., Зайцев М.С., Рамазанова К.А., Луговкина К.В. Возможности цветного дуплексного сканирования в диагностике сосудистой патологии глаза. *Российский офтальмологический журнал*. 2018; 11 (3): 84–94. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-3-84-94>
5. Кошмелева М.В., Самойлова Ю.Г., Фомина С.В., Трифонова Е.И., Качанов Д.А., Юн В.Э., Гаун М.С., Кудлай Д.А., Кошкарлова М.А., Погосян Л.А., Новоселова Е.Г. Индексы вариабельности гликемии как основа построения прогностической модели развития диабетических осложнений. *Молекулярная медицина*. 2023; 21 (6): 13–19. <https://doi.org/10.29296/24999490-2023-06-02>
6. 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.
7. Киселева Т.Н., Зайцев М.С., Луговкина К.В. Вопросы безопасности диагностического ультразвука в офтальмологии. *Офтальмология*. 2018; 15 (4): 447–454. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-4-447-454>
8. Ультразвуковое исследование в офтальмологии: Руководство для врачей / Под ред. В.В. Нероева и Т.Н. Киселевой. 1-е изд. М.: Изд-во ИКАР, 2019. 324 с.
9. Divya K., Kanagaraju V., Devanand B. et al. Evaluation of retrobulbar circulation in type 2 diabetic patients using color Doppler imaging. *Indian J. Ophthalmol.* 2020; 68 (6): 1108–1114. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1398_19
10. Khatri M., Saxena S., Kumar M. et al. Resistive index of central retinal artery is a bioimaging biomarker for severity of diabetic retinopathy. *Int. J. Retina Vitreous*. 2019; 5: 38. <https://doi.org/10.1186/s40942-019-0189-4>
11. Madhpuriya G., Gokhale S., Agrawal A. et al. Evaluation of Hemodynamic Changes in Retrobulbar Blood Vessels Using Color Doppler Imaging in Diabetic Patients. *Life (Basel)*. 2022; 12 (5): 629. <https://doi.org/10.3390/life12050629>
12. Ozates S., Derinkuyu B.E., Elgin U. et al. Early Ophthalmic Artery Blood Flow Parameter Changes in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *Beyoglu Eye J.* 2020; 5 (1): 17–21. <https://doi.org/10.14744/bej.2020.15238>
13. Wang Q., Zeng N., Tang H. et al. Diabetic retinopathy risk prediction in patients with type 2 diabetes mellitus using a nomogram model. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022; 13: 993423. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.993423>
14. Rao H., Jalali J.A., Johnston T.P., Koulen P. Emerging Roles of Dyslipidemia and Hyperglycemia in Diabetic Retinopathy: Molecular Mechanisms and Clinical Perspectives. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2021; 12: 620045. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.620045>
15. Clinical Predictors of Diabetic Retinopathy Progression; A Systematic Review. Ghamdi AHA. *Curr. Diabetes Rev.* 2020; 16 (3): 242–247. <https://doi.org/10.2174/1573399815666190215120435>
16. Hainsworth D.P., Bebu I., Aiello L.P. Risk factors for retinopathy in type 1 diabetes: the DCCT/EDIC study. *Diabetes Care*. 2019; 42: 875–882. <https://doi.org/10.2337/dc18-2308>

References

1. Biletskaya V.A., Lipatov D.V., Sayapina I.Yu. et al. Markers of proliferative diabetic retinopathy. *Ophthalmology*. 2022; 19 (3): 557–564. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-3-557-564> (In Russian)
2. Dedov I.I., Shestakova M.V., Vikulova O.K. et al. 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. Moscow, 2022. (In Russian)
3. Demidova T.Yu., Kozhevnikov A.A. Diabetic retinopathy: history, modern approaches to management, promising views on prevention and treatment. *Diabetes Mellitus*. 2020; 23 (1): 95–105. <https://doi.org/10.14341/DM10273> (In Russian)
4. 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. *Russian Ophthalmological Journal*. 2018; 11 (3): 84–94. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-3-84-94> (In Russian)
5. Koshmeleva M.V., Samoilova Yu.G., Fomina S.V. et al. Glycemic variability indices as the basis for constructing a prognostic model for the development of diabetic complications. *Molecular Medicine*. 2023; 21 (6): 13–19. <https://doi.org/10.29296/24999490-2023-06-02> (In Russian)
6. 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 (In Russian)
7. Kiseleva T.N., Zaitsev M.S., Lugovkina K.V. Safety issues of diagnostic ultrasound in ophthalmology. *Ophthalmology*. 2018; 15 (4): 447–454. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-4-447-454> (In Russian)
8. Ultrasound examination in ophthalmology: A guide for doctors / Eds V.V. Nerov and T.N. Kiseleva. 1st ed. Moscow: ICAR; 2019. 324 p. (In Russian)
9. Divya K., Kanagaraju V., Devanand B. et al. Evaluation of retrobulbar circulation in type 2 diabetic patients using color Doppler imaging. *Indian J. Ophthalmol.* 2020; 68 (6): 1108–1114. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1398_19
10. Khatri M., Saxena S., Kumar M. et al. Resistive index of central retinal artery is a bioimaging biomarker for severity of diabetic retinopathy. *Int. J. Retina Vitreous*. 2019; 5: 38. <https://doi.org/10.1186/s40942-019-0189-4>
11. Madhpuriya G., Gokhale S., Agrawal A. et al. Evaluation of Hemodynamic Changes in Retrobulbar Blood Vessels Using Color Doppler Imaging in Diabetic Patients. *Life (Basel)*. 2022; 12 (5): 629. <https://doi.org/10.3390/life12050629>
12. Ozates S., Derinkuyu B.E., Elgin U. et al. Early Ophthalmic Artery Blood Flow Parameter Changes in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *Beyoglu Eye J.* 2020; 5 (1): 17–21. <https://doi.org/10.14744/bej.2020.15238>
13. Wang Q., Zeng N., Tang H. et al. Diabetic retinopathy risk prediction in patients with type 2 diabetes mellitus using



- a nomogram model. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022; 13: 993423. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.993423>
14. Rao H., Jalali J.A., Johnston T.P., Koulen P. Emerging Roles of Dyslipidemia and Hyperglycemia in Diabetic Retinopathy: Molecular Mechanisms and Clinical Perspectives. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2021; 12: 620045. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.620045>
15. Clinical Predictors of Diabetic Retinopathy Progression; A Systematic Review. Ghamdi AHA. *Curr. Diabetes Rev.* 2020; 16 (3): 242–247. <https://doi.org/10.2174/1573399815666190215120435>
16. Hainsworth D.P., Bebu I., Aiello L.P. Risk factors for retinopathy in type 1 diabetes: the DCCT/EDIC study. *Diabetes Care*. 2019; 42: 875–882. <https://doi.org/10.2337/dc18-2308>

Для корреспонденции*: Фомина Светлана Викторовна – e-mail: statfom@mail.ru

Фомина Светлана Викторовна – канд. мед. наук, доцент, заведующая отделением, врач ультразвуковой диагностики ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0001-7517-3393>

Самойлова Юлия Геннадьевна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой педиатрии с курсом эндокринологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-2667-4842>

Кошмелева Марина Владиславовна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры педиатрии с курсом эндокринологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0001-8142-1226>

Завадовская Вера Дмитриевна – доктор мед. наук, профессор, и.о. зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0001-6231-7650>

Трифоновна Екатерина Ивановна – ассистент кафедры педиатрии с курсом эндокринологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-2825-5035>

Качанов Дмитрий Андреевич – лаборант-исследователь кафедры педиатрии с курсом эндокринологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-6519-8906>

Зоркальцев Максим Александрович – доктор мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0003-0025-2147>

Юн Вера Эдуардовна – ассистент кафедры педиатрии с курсом эндокринологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-9127-8619>

Contact*: Svetlana V. Fomina – e-mail: statfom@mail.ru

Svetlana V. Fomina – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Head of the Department – Doctor of Ultrasound Diagnostics, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0001-7517-3393>

Iuliia G. Samoilova – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head Department of Pediatrics with a course of endocrinology, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-2667-4842>

Marina V. Koshmeleva – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Pediatrics with a Course of Endocrinology, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0001-8142-1226>

Vera D. Zavadovskaya – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0001-6231-7650>

Ekaterina I. Trifonova – Assistant of the department of pediatrics with a course of endocrinology, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-2825-5035>

Dmitriy A. Kachanov – Laboratory researcher at the Department of Pediatrics with a course of endocrinology, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-6519-8906>

Maxim A. Zorkaltsev – Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0003-0025-2147>

Vera E. Yun – Assistant of the department of pediatrics with a course of endocrinology, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-9127-8619>