

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1498>

Интегральная ультразвуковая шкала оценки ретробульбарного кровотока при сахарном диабете 1 типа в молодом возрасте

© Фомина С.В.*, Самойлова Ю.Г., Завадовская В.Д., Кошмелева М.В., 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

Безопасное динамическое наблюдение и оценка ранних изменений гемодинамики глаз у пациентов молодого возраста с сахарным диабетом 1 типа являются первостепенной задачей. Ультразвуковая доплерография широко используется в офтальмологии в оценке кровоснабжения глазного яблока и орбиты. Метод доступный, безопасный, безболезненный, может быть использован для динамического наблюдения изменений гемодинамики глаза и орбиты у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа.

Цель исследования: разработать шкалу ультразвуковой интегральной оценки нарушений кровотока ретробульбарных сосудов у пациентов с сахарным диабетом 1 типа в раннем возрасте.

Материал и методы. Исследование включало данные 223 детей в возрасте от 7 до 18 лет: с сахарным диабетом 1 типа 173 ребенка, контрольная группа 50 детей. При анализе учитывались ультразвуковые показатели в В-режиме, режиме доплерографии, данные офтальмоскопии.

Результаты проведенного исследования дают возможность использования ультразвуковой шкалы Orh-RADS для комплексной оценки ретробульбарного кровотока у пациентов с сахарным диабетом 1 типа в молодом возрасте.

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., Завадовская В.Д., Кошмелева М.В., Качанов Д.А., Трифонова Е.И., Зоркальцев М.А., Юн В.Э. Интегральная ультразвуковая шкала оценки ретробульбарного кровотока при сахарном диабете 1 типа в молодом возрасте. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (1): 33–40. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1498>

Поступила в редакцию: 05.09.2024.

Принята к печати: 05.09.2024.

Опубликована online: 17.01.2025.

Integral ultrasound scale for assessing retrobulbar blood flow in type 1 diabetes mellitus at a young age

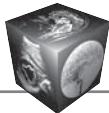
© Svetlana V. Fomina*, Iuliia G. Samoilova, Vera D. Zavadovskaya, Marina V. Koshmeleva, Dmitriy A. Kachanov, Ekaterina I. Trifonova, Maxim A. Zorkaltsev, Vera E. Yun

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

Safe follow-up and assessment of early changes in ocular hemodynamics in young patients with type 1 diabetes mellitus is of paramount importance. Doppler ultrasound is widely used in ophthalmology to assess the blood supply to the eyeball and orbit. The method is accessible, safe, painless, and can be used for dynamic monitoring of changes in the hemodynamics of the eye and orbit in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus.

Objective: to develop an ultrasound scale for a comprehensive assessment of changes in retrobulbar blood flow in patients with type 1 diabetes mellitus in childhood and adolescence.

Materials and methods. The study included data from 223 children aged 7–18 years, 173 children with type 1



diabetes, and a control group – 50 children. The analysis took into account ultrasound indicators in b-mode, Doppler mode, and ophthalmoscopy data.

The results obtained from the study report the possibilities of using the Oph-RADS ultrasound scale for a comprehensive assessment of retrobulbar blood flow in patients with type 1 diabetes mellitus at a young age.

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., Samoilova Iu.G., Zavadovskaya V.D., Koshmeleva M.V., Kachanov D.A., Trifonova E.I., Zorkaltsev M.A., Yun V.E. Integral ultrasound scale for assessing retrobulbar blood flow in type 1 diabetes mellitus at a young age. *Medical Visualization*. 2025; 29 (1): 33–40. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1498>

Received: 05.09.2024.

Accepted for publication: 05.09.2024.

Published online: 17.01.2025.

Введение

Осложнения сахарного диабета (СД) в детском возрасте характеризуются скрытым течением и напрямую отражаются на качестве жизни пациентов в будущем. Одним из часто встречаемых осложнений является диабетическая ретинопатия (ДР) [1–3]. Безопасное, безболезненное динамическое наблюдение изменений кровоснабжения глаза и орбиты у пациентов с СД в молодом возрасте является приоритетной задачей современной медицины [4–6].

В перечень ежегодного наблюдения детей с СД, начиная с 11 лет, включены обязательные осмотры врача-офтальмолога с использованием инструментальных методов, таких как офтальмоскопия, биомикроскопия. Точность методов за-

висит от прозрачности светопреломляющих сред, хрусталика и стекловидного тела [6, 7].

Ультразвуковая диагностика (УЗД) является быстрым, безопасным, высокоточным методом, широко используемым в офтальмологии, в оценке изменений передних и задних отделов глаза, ретробульбарной зоны, в лоцировании образований. Цветовая и импульсно-волновая доплерография оценивает кровоснабжение проминирующих образований глаза, образований орбиты, измеряет гемодинамические показатели кровотока сосудов, кровоснабжающих сетчатку, сосудистую оболочку и другие структуры глаза (рис. 1). Преимуществом УЗД является низкая зависимость точности метода от прозрачности хрусталика и стекловидного тела [8].

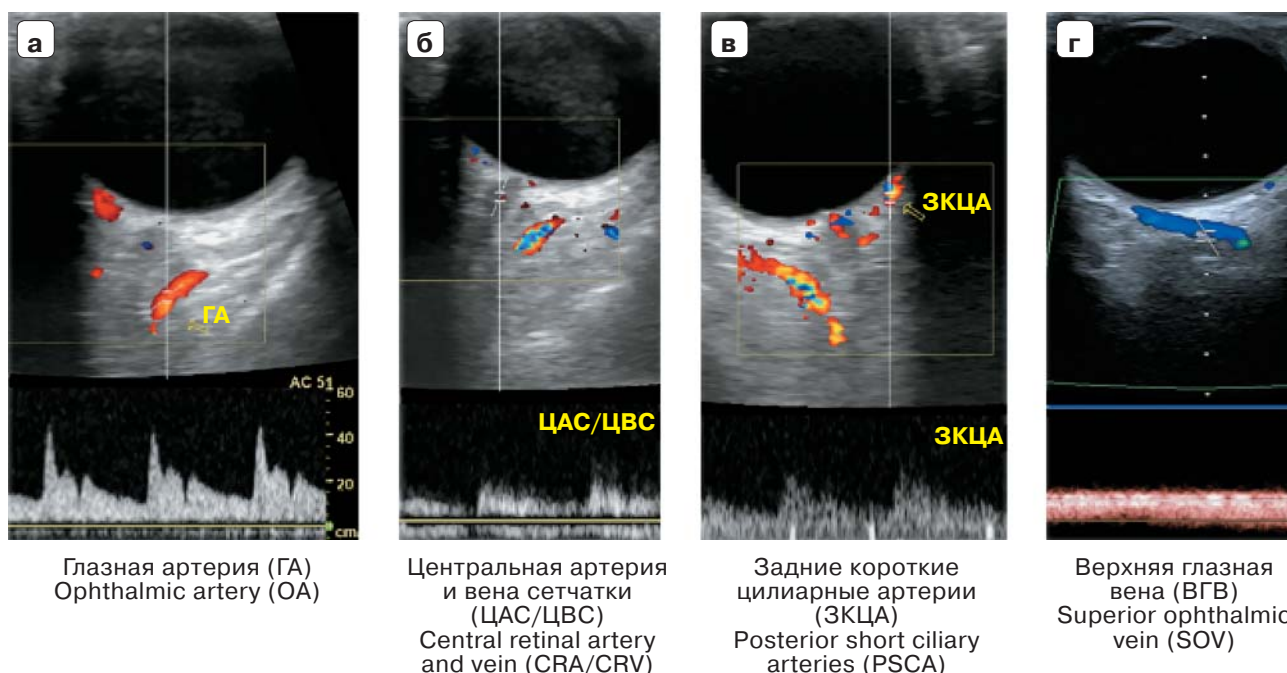
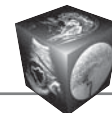


Рис. 1 (а–г). Ультразвуковая доплерография ретробульбарных сосудов.

Fig. 1 (a–g). Ultrasound Dopplerography of retrobulbar vessels.



Данные литературы сообщают о наличии ультразвуковых изменений линейной скорости кровотока и периферического сопротивления по ретробульбарным сосудам, представленным на рис. 1, при СД [9–14]. Большинство ученых регистрируют снижение скорости кровотока, повышение периферического сопротивления по центральной артерии сетчатки (ЦАС), глазной артерии (ГА), задним коротким цилиарным артериям (ЗКЦА), что свидетельствует о развитии ишемии сетчатки, сосудистой оболочки при хронической гипергликемии и может приводить к ДР [9–11, 15]. Ультразвуковая гемодинамика ретробульбарных сосудов на ранних стадиях ДР в публикациях характеризуется противоречивостью по виду сосуда (ЦАС, ГА или ЗКЦА), в котором возникают более выраженные изменения, но большая часть авторов выражают общее мнение о регистрации ультразвуковых изменений в сосудах ретробульбарной области раньше изменения сосудистого рисунка на глазном дне [8, 10, 13].

Комплексная интегральная оценка ультразвуковых изменений ретробульбарного кровотока у пациентов с СД 1 типа молодого возраста сделает возможным не только количественную оценку первичных изменений, но и откроет возможность проведения эффективного ультразвукового мониторинга изменений кровоснабжения глаза и орбиты, что благоприятно скажется на отдаленных результатах лечения.

Цель исследования: разработать шкалу ультразвуковой интегральной оценки нарушений кровотока ретробульбарных сосудов у пациентов с СД 1 типа в раннем возрасте.

Материал и методы

Исследование проведено в клиниках Сибирского государственного медицинского университета (Заключение Этического комитета ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России № 9518 от 28.08.2023).

Было обследовано 223 ребенка. Возраст детей варьировал от 7 до 18 лет. Из них с СД 1 типа, с уровнем гликированного гемоглобина от 7,6 до 10,4% было 173 ребенка. 50 детей без СД составляли контрольную группу.

Изменения на глазном дне у обследуемых пациентов оценивались при офтальмологическом обследовании с использованием офтальмоскопии.

Офтальмологическое ультразвуковое исследование (УЗИ) выполняли на современном ультразвуковом сканере Canon Aplio i 700 высокочастотным линейным датчиком 17 МГц. Большое внимание при исследовании уделяли соблюдению правил безопасности использования ультразвука в офтальмологии [8, 16]. Измерения линейной

скорости кровотока и периферического сопротивления проводили несколько раз по ГА, ЦАС, центральной вене сетчатки (ЦВС), ЗКЦА, верхней глазной вене (ВГВ) каждого глаза (билатерально), в протокол исследования вносили истинные, наиболее часто повторяющиеся значения. За нормативные значения ретробульбарного кровотока принимали общепринятые данные [8]. Зрительный нерв оценивали в ретробульбарной области на расстоянии 3 мм от вершины зрительного нерва (рис. 2). Измерение толщины зрительного нерва проводили с захватом оболочек нерва, а именно мягкой мозговой оболочки, субарахноидального пространства, паутинной оболочки и твердой мозговой оболочки.

Пациенты при исследовании находились в положении лежа на спине с закрытыми глазами. Ультразвуковое сканирование проводили с небольшим количеством геля. Первый этап включал нативное исследование с оценкой передних и задних отделов глаза и орбиты, включая зрительный нерв. На втором этапе для лоцирования кровотока и измерения линейной скорости кровотока, индекса резистентности по ГА, ЦАС, ЦВС, ЗКЦА, ВГВ использовали цветовую доплерографию и импульсноволновой доплер.

Для статистической обработки данных использовались программы Statistica 13.3, StatTech v.4.4.1. Математический анализ включал три этапа. На первом этапе были вычислены непараметрические описательные характеристики, медиана и 25–75-й процентиля количественных данных. Второй этап включал анализ различий двух независимых групп с использованием критерия Манна–Уитни. На третьем этапе были вычислены весовые коэффициенты признаков методом логистической регрессии с вычислением разделяющей точки признака (cut-off) по наивысшему значению индекса Юдена и определения диагностической точности метода при прогнозировании исхода анализом ROC-кривых. За уровень значимости был принят $p < 0,05$.

Результаты исследования

Изменения ультразвуковых показателей кровотока по ГА, ЦАС, ЦВС, ЗКЦА при СД 1 типа в молодом возрасте, зависимость и вариабельность от факторов риска, выявленные нами на предыдущем этапе исследования, демонстрируют необходимость интегрального комплексного подхода к оценке кровоснабжения глазного яблока, включающей крупные и мелкие ретробульбарные сосуды, а также зрительный нерв (рис. 2, 3) [15].

Нами была выдвинута гипотеза о возможности комплексно охарактеризовать ретробульбарный

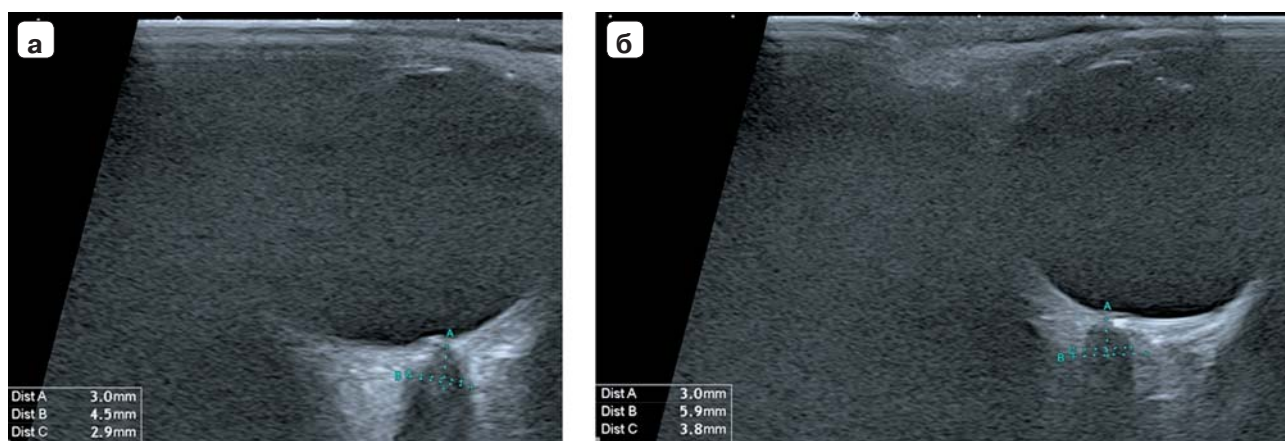
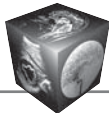


Рис. 2. Ультразвуковое исследование зрительного нерва. **а** – неизмененный зрительный нерв; **б** – утолщенный зрительный нерв. Dist A – расстоянию 3 мм от вершины зрительного нерва до зоны измерения, Dist B – толщина зрительного нерва с оболочками, Dist C – толщина зрительного нерва без оболочек.

Fig. 2. Ultrasound examination of the optic nerve. **a** – unchanged optic nerve; **б** – thickened optic nerve. Dist A – distance of 3 mm from the apex of the optic nerve to the measurement zone, Dist B – thickness of the optic nerve with sheaths, Dist C – thickness of the optic nerve without sheaths.



Рис. 3. Ультразвуковая доплерография кровотока центральной артерии сетчатки (ЦАС). **а** – неизменный кровоток, ЛСК = 12,5 см/с; **б** – сниженный кровоток, ЛСК = 9,5 см/с. ЛСК – линейная скорость кровотока.

Fig. 3. Doppler ultrasound of central retinal artery (CRA) blood flow. **a** – constant blood flow, LSC = 12.5 cm/sec; **б** – reduced blood flow, LSC = 9.5 cm/sec. CRA – central retinal artery, LSC – linear blood flow velocity.

кровоток и зрительные нервы с использованием “ультразвуковой шкалы Oph-RADS”, представленной в табл. 1. Использование данной шкалы позволит характеризовать и вести динамическое наблюдение изменений ретробульбарного кровотока при одновременном анализе сосудов большого и малого диаметра.

Для оценки весовых коэффициентов показателей ретробульбарного кровотока, толщины зрительного нерва был проведен анализ логистической регрессии. В ходе анализа были сопоставле-

ны значения показателей ультразвуковой доплерографии ретробульбарных сосудов, зрительного нерва с данными состояния глазного дна, полученными при офтальмоскопии. Вычисленные весовые коэффициенты приведены в табл. 1.

Следующий этап включал оценку диагностической точности определения ишемии глазного дна ультразвуковой шкалой Oph-RADS методом анализа ROC-кривых, точка cut-off для установки порогового значения вычислялась по максимальному значению индекса Юдена (рис. 4, 5).

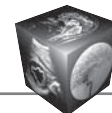


Таблица 1. Весовые коэффициенты для вычисления риска развития ишемии глазного дна у молодых пациентов с сахарным диабетом 1 типа. Ультразвуковая шкала (Oph-RADS)

Table 1. Weighting coefficients for calculating the risk of developing fundus ischemia in young patients with type 1 diabetes. Ultrasound scale (Oph-RADS)

Показатели ретробульбарного кровотока, зрительных нервов Indicators of retrobulbar blood flow, optic nerves		Пороговые значения Range	Весовой коэффициент Weight factor	
			правый глаз right eye	левый глаз left eye
ГА, см/с	Есть изменения	<30 см/с	4	4
ОА, см/с	Нет изменений	≥30 см/с	0	0
ГА, RI	Есть изменения	>0.80	1	1
ОА, RI	Нет изменений	≤0.80	0	0
ЦАС, см/с	Есть изменения	<10.3 см/с	2	2
CRA, см/с	Нет изменений	≥10.3 см/с	0	0
ЗКЦА, см/с	Есть изменения	<12 см/с	1	1
PSCA, см/с	Нет изменений	≥12 см/с	0	0
ЗКЦА, RI	Есть изменения	>0.65	1	1
PSCA, RI	Нет изменений	≤0.65	0	0
ЦВС, см/с	Есть изменения	<4.5 см/с	1	1
CRV, см/с	Нет изменений	≥4.5 см/с	0	0
Толщина зрительного нерва с оболочками, мм Thickness of the optic nerve with membranes, mm	Есть изменения	>5 мм	1	1
	Нет изменений	≤5 мм	0	0
Сумма баллов Oph-RADS Total Oph-RADS points			Максимальное значение 22 [Maximum value 22]	

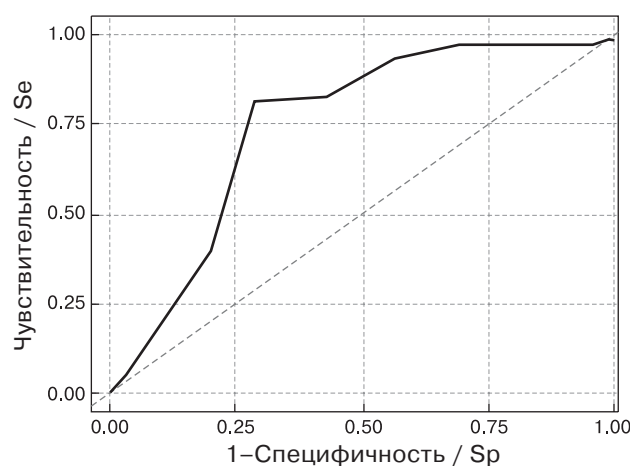


Рис. 4. ROC-кривая, характеризующая зависимость “изменения кровоснабжения” глазного дна от шкалы Oph-RADS.

Fig. 4. ROC curve characterizing the relationship between “Changes in blood supply” of the fundus and the Oph-RADS scale.

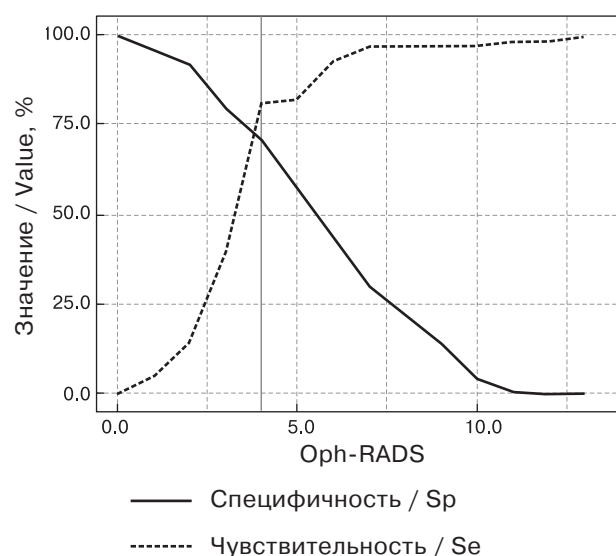
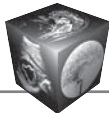


Рис. 5. Анализ чувствительности и специфичности модели в зависимости от пороговых значений шкалы Oph-RADS.

Fig. 5. Analysis of sensitivity and specificity of the model depending on the threshold values of the Oph-RADS scale.

**Таблица 2.** Пороговые значения шкалы Oph-RADS**Table 2.** Threshold values of the Oph-RADS scale

Порог / Range	Чувствительность (Se), %	Специфичность (Sp), %
5.00	82.7	57.4
4.00	81.3	71.3

Площадь под ROC-кривой составила $0,749 \pm 0,035$ с 95% доверительным интервалом (ДИ): 0,681–0,817, с уровнем значимости $p < 0,001$.

Разделяющее значение интегральной ультразвуковой шкалы Oph-RADS с максимальным значением индекса Юдена составило 4,000 (табл. 2). При значении интегральной ультразвуковой шкалы Oph-RADS ниже порогового значения 4 прогнозировалось отсутствие ишемии глазного дна, а при превышении данного порогового значения шкалы – наличие ишемии глазного дна. Чувствительность модели равна 81,3%, специфичность модели – 71,3% (см. рис. 5). Ложноположительные результаты регистрировались у 13% пациентов, а ложноотрицательные – у 10%.

Практическое применение данной шкалы включает присвоение баллов, указанных в табл. 1, каждому показателю ретробульбарного кровотока, зрительному нерву с последующим суммированием баллов и сопоставлением с пороговым значением, равным 4.

Данная интегральная ультразвуковая шкала характеризует значения скоростей кровотока и периферического сопротивления по ГА, ЦАС, ЦВС, ЗКЦА, а также структуру зрительного нерва, как единое комплексное число, отражающее ультразвуковую гемодинамику ретробульбарного кровотока.

Обсуждение

Данные библиографических источников, а также результаты собственных исследований на предыдущих этапах свидетельствуют о развитии ишемии сетчатки, сосудистой оболочки и части диска зрительного нерва у пациентов с СД 1 типа в молодом возрасте [9, 10, 12, 15]. Отсутствие в нашем исследовании на глазном дне при офтальмоскопии признаков ДР, включающих кровоизлияния в сетчатку, экссудаты, микроаневризмы, гемофтальм, отслойку сетчатки, позволяет делать предположения о более ранних изменениях кровотока ретробульбарных сосудов, чем ретинальных, что согласуется с мнением ряда ученых [9, 10, 12, 15].

Гемодинамике ретробульбарных сосудов у пациентов с СД 1 типа в молодом возрасте свойственна вариабельность от длительности заболева-

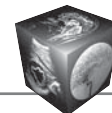
ния, гипергликемии, дислипидемии [15]. Комплексная оценка гемодинамики и состояния зрительного нерва с использованием безопасной и безболезненной ультразвуковой шкалы Oph-RADS создает предпосылки выявления ранних признаков ишемии ретинальных сосудов на глазном дне, а также является инструментом персонализированного мониторинга в клинической практике врача УЗД (см. табл. 1). Наличие ложноположительных результатов, полученных при использовании интегральной ультразвуковой шкалы, может соответствовать изменениям ретробульбарного кровотока, которые с течением времени отразятся на картине глазного дна. И напротив, наличие ложноотрицательных результатов свидетельствует о неоднозначной картине развития ишемии глазного дна и требует дальнейшего изучения.

В основе изменений гемодинамики ретробульбарных артерий, регистрируемых при УЗИ, лежит патологическое влияние гипергликемии на сосудистую стенку, которое усиливается с ростом длительности заболевания [12]. Динамическое ультразвуковое наблюдение и интегральная оценка изменений гемодинамики ретробульбарных сосудов и зрительного нерва комплексно позволяют персонализировать подход к диагностике ДР. Преимуществом данного подхода в динамическом наблюдении является безопасность, неинвазивность, безболезненность и доступность использования у детей и подростков.

Продолжение исследований с увеличением количества наблюдений, сопоставление результатов ультразвуковой шкалы Oph-RADS с данными оптической когерентной томографии позволит более точно определить возможности УЗД в динамическом наблюдении нарушений кровоснабжения глаз и орбит у детей и подростков с СД 1 типа.

Заключение

Интегральная ультразвуковая шкала Oph-RADS комплексно отражает изменения ретробульбарного кровотока у пациентов с СД 1 типа в детском и подростковом возрасте и позволяет объективизировать количественные данные ультразвуковой доплерографии.

**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

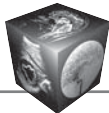
Fomina S.V. – article writing, data collection, data analysis and interpretation, manuscript preparation.

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 [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) Национального диабетологического конгресса 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., et al. Dynamics of epidemiological indicators of diabetes mellitus in the Russian Federation for the period 2017–2021: Collection of abstracts of the IX (XXVIII) National Diabetology Congress with international participation "Diabetes mellitus and obesity – non-infectious interdisciplinary pandemics of the 21st century", September 05–08, 2022. M., 2022. (In Russian)
2. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 9th ed. Brussels, Belgium, 2019. Available at: <https://www.diabetesatlas.org>. Accessed October 3, 2020.
3. 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> Biletskaya V.A., Lipatov D.V., Sayapina I.Yu. et al. Markers of Proliferative Diabetic Retinopathy. *Ophthalmology in Russia*. 2022; 19 (3): 557–564. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-3-557-564> (In Russian)
4. Crasto W., Patel V., Davies M.J., Khunti K. Prevention of Microvascular Complications of Diabetes. *Endocrinol. Metab. Clin. N. Am.* 2021; 50 (3): 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2021.05.005>
5. Saeedi P., Petersohn I., Salpea P. 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 ed. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2019; 157: 107843. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107843>
6. 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> Demidova T.Y., Kozhevnikov A.A. Diabetic retinopathy: history, modern approaches to management, prospective views of prevention and treatment. *Diabetes Mellitus*. 2020; 23 (1): 95–105. <https://doi.org/10.14341/DM10273> (In Russian)
7. 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. Diabetic retinopathy screening: a short guide: increase effectiveness, maximize benefits and minimize harm. Copenhagen: World Health Organization. Regional Office for Europe. (2021). License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (In Russian)
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. Ultrasound examination in ophthalmology: A guide for doctors / Eds V.V. Neroeva and T.N. Kiseleva. 1st ed. M.: Publishing house ICAR, 2019. 324 p. (In Russian)
9. 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. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-3-84-94> Kiseleva T.N., Zaitsev M.S., Ramazanova K.A., Lugovkina K.V. Possibilities of color duplex imaging in the diagnosis of ocular vascular pathology. *Russian Ophthalmological Journal*. 2018; 11(3): 84–94. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-3-84-94> (In Russian)
10. 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
11. 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>
12. Madhupuriya 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>
13. 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>
14. 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>
15. Фомина С.В., Завадовская В.Д., Самойлова Ю.Г., Кошмелева М.В., Качанов Д.А., Трифонова Е.И., Зоркальцев М.А., Юн В.Э. Ультразвуковые показатели



кровотока глаза и орбиты при различной длительности сахарного диабета 1-го типа в детском и подростковом возрасте. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2024; 39 (1): 140–147. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-1-140-147>
Fomina S.V., Zavadovskaya V.D., Samoylova I.G. et al. Ultrasound indicators of blood flow in the eyes and orbits at different durations of type 1 diabetes mellitus in childhood and adolescence. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2024; 39 (1): 140–147.

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-1-140-147> (In Russian)

16. Киселева Т.Н., Зайцев М.С., Луговкина К.В. Вопросы безопасности диагностического ультразвука в офтальмологии. *Офтальмология*. 2018; 15 (4): 47–454. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-4-447-454>
Kiseleva T.N., Zaitsev M.S., Lugovkina K.V. The Safety of Diagnostic Ultrasound in Ophthalmology. *Ophthalmology in Russia*. 2018; 15 (4): 447–454. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-4-447-454> (In Russian)

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>

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

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>

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>

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>

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>. E-mail: Zorkaltsev@mail.ru

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>

Vera D. Zavadovskaya – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0001-6231-7650>. E-mail: Wdzav@mail.ru

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>

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>

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>

Maxim A. Zorkaltsev – MD, Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0003-0025-2147>. E-mail: Zorkaltsev@mail.ru

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>