

УДК 617.7-072:616.831-005.98:618.2

<https://doi.org/10.52420/umj.24.4.103><https://elibrary.ru/NZEFFT>

Взаимосвязь тяжести гипертензивных расстройств во время беременности и ряда параметров ультразвукового исследования зрительного нерва

Елизавета Сергеевна Таскина[✉], Виктор Андреевич Мудров, Ирина Владимировна Кибалина

Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия

✉ taskins@yandex.ru

Аннотация

Обоснование. Гипертензивные расстройства во время беременности остаются одной из ведущих причин материнской и перинатальной заболеваемости и смертности. Эти состояния требуют своевременной диагностики для предотвращения тяжелых церебральных осложнений.

Цель исследования — определить характер зависимости между тяжестью гипертензивных расстройств у беременных и сонографическими изменениями параметров зрительного нерва.

Материалы и методы. Обследовано 80 беременных, разделенных на 4 группы исследования: пациентки с нормальной беременностью ($n = 20$), гестационной артериальной гипертензией ($n = 20$), умеренной ($n = 25$) и тяжелой преэклампсией ($n = 15$). Проведено комплексное офтальмологическое обследование, включая ультразвуковое исследование зрительного нерва с определением диаметра его склерального канала (ДСКЗН), высоты диска (ДЗН), его диаметра с оболочкой (ДОЗН) и без нее (ДБОЗН).

Результаты. Обнаружена прямая связь заметной силы значения высоты ДЗН с ДБОЗН, а также ДОЗН. Выявлена обратная корреляционная связь заметной силы между значением высоты ДЗН и ДСКЗН. При значении высоты ДЗН $\geq 0,5$ мм и ДБОЗН $> 2,6$ мм риск развития тяжелой преэклампсии возрастает более чем в 2,5 раза. При значении ДОЗН $\geq 5,7$ мм риск развития тяжелой преэклампсии возрастает более чем в 7 раз.

Обсуждение. При повышении внутричерепного давления у беременных с преэклампсией происходит увеличение высоты ДЗН, ДОЗН и ДБОЗН. Выраженность отека ДЗН зависит не только от степени внутричерепной гипертензии, но и от индивидуальных анатомических особенностей строения склерального канала зрительного нерва.

Заключение. Установлена тесная связь между ультразвуковыми параметрами зрительного нерва и риском развития преэклампсии. Высота ДЗН имеет прямую связь с ДБОЗН и ДОЗН. Обнаружена обратная связь между высотой ДЗН с ДСКЗН, что ограничивает изолированное использование ультразвуковых значений высоты ДЗН в качестве инструментального маркера тяжести преэклампсии.

Ключевые слова: преэклампсия, гипертензивные расстройства, беременность, ультразвуковое исследование, зрительный нерв, диаметр оболочки зрительного нерва

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Читинской государственной медицинской академии (протокол № 129 от 27 апреля 2024 г.), проведено в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации. Все пациенты или их представители подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Таскина Е. С., Мудров В. А., Кибалина И. В. Взаимосвязь тяжести гипертензивных расстройств во время беременности и ряда параметров ультразвукового исследования зрительного нерва // Уральский медицинский журнал. 2025. Т. 24, № 4. С. 103–115. DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.24.4.103>. EDN: <https://elibrary.ru/NZEFFT>.

The Relationship Between the Severity of Hypertensive Disorders During Pregnancy and a Number of Ultrasonic Optic Nerve Parameters

Elizaveta S. Taskina[✉], Victor A. Mudrov, Irina V. Kibalina

Chita State Medical Academy, Chita, Russia

✉ taskins@yandex.ru

Abstract

Background. Hypertensive disorders during pregnancy remain one of the leading causes of maternal and perinatal morbidity and mortality. These conditions require timely diagnosis to prevent severe cerebral complications.

The aim of the study was to determine the nature of the relationship between the severity of hypertensive disorders in pregnant women and sonographic changes in optic nerve parameters.

Materials and methods. 80 pregnant women were examined, divided into 4 study groups: patients with normal pregnancy ($n = 20$), with gestational hypertension ($n = 20$), moderate ($n = 25$) and severe preeclampsia ($n = 15$). A comprehensive ophthalmological examination was performed, including ultrasound optic nerve examination with the determination of scleral canal diameter (SCD), optic disc height (ODH), optic nerve diameter (OND) and optic nerve sheath diameter (ONSD).

Results. A direct relationship of noticeable strength was found between ODH with OND, as well as with ONSD. An inverse correlation of noticeable strength between ODH and SCD has been revealed. With ODH >0.5 mm and OND >2.6 mm, the risk of developing severe preeclampsia increases by more than 2.5 times. With ONSD >5.7 mm, the risk of developing severe preeclampsia increases by more than 7 times.

Conclusion. A close relationship has been established between ultrasound parameters of the optic nerve and the risk of preeclampsia. ODH has a direct relationship with ONSD and OND. The discovered inverse relationship between ODH and SCD limits the isolated use of ultrasound values of ODH as an instrumental marker of preeclampsia severity.

Keywords: preeclampsia, hypertensive disorders, pregnancy, ultrasound examination, optic nerve, optic nerve sheath diameter

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflict of interest.

Conformity with the principles of ethics. The studies on humans were approved by the Local Ethics Committee of the Chita State Medical Academy (protocol No. 129 dated 27 April 2024) and were conducted in accordance with the ethical standards set out in the Declaration of Helsinki. All patients or their representatives signed voluntary informed consent to participate in the study.

For citation: Taskina ES, Mudrov VA, Kibalina IV. The relationship between the severity of hypertensive disorders during pregnancy and a number of ultrasonic optic nerve parameters. *Ural Medical Journal*. 2025;24(4):103–115. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.24.4.103>. EDN: <https://elibrary.ru/NZEFFT>.

© Таскина Е. С., Мудров В. А., Кибалина И. В., 2025

© Taskina E. S., Mudrov V. A., Kibalina I. V., 2025

Список сокращений

95 % ДИ — 95 %-й доверительный интервал

ВЧД — внутричерепное давление

ГАГ — гестационная артериальная гипертензия

ДБОЗН — диаметр зрительного нерва без оболочки

ДЗН — диск зрительного нерва

ДОЗН — диаметр оболочки зрительного нерва

ДСКЗН — диаметр склерального канала зрительного нерва

ОР — относительный риск

df — степени свободы (англ. degrees of freedom)

H — H-критерий Краскела — Уоллиса

Me — медиана (англ. median)

p — уровень значимости

Q₁ & Q₃ — 1-й и 3-й квартили (англ. 1st and 3rd quartiles)

r — r-коэффициент корреляции Спирмена

U — U-критерий Манна — Уитни

χ² — χ²-критерий Пирсона

Введение

Гипертензивные расстройства во время беременности, включающие в себя гестационную артериальную гипертензию (ГАГ), преэклампсию и эклампсию, остаются одной из ведущих причин материнских и перинатальных заболеваемости и смертности [1–3]. Одним из основных патогенетических механизмов преэклампсии является генерализированная эндотелиальная дисфункция, приводящая к поражению органов-мишеней: почек, печени, головного мозга и глаз [4–6].

Церебральные нарушения, развивающиеся у пациенток с тяжелой преэклампсией, в 70–100 % сопровождаются отеком головного мозга с повышением внутричерепного давления (ВЧД) [7]. Ключевыми маркерами этих осложнений является отек диска зрительного нерва (ДЗН) и утолщение оболочек зрительного нерва, которые можно выявить с помощью ультразвукового исследования [8, 9]. Применение ультразвуковой диагностики указанного нерва позволяет выделить группу риска развития внутричерепной гипертензии до появления явной неврологической симптоматики [9, 10]. Однако в настоящее время не определены параметры ультразвукового исследования зрительного нерва, которые могут свидетельствовать о развитии отека головного мозга с повышением ВЧД у пациенток с гипертензивными расстройствами во время беременности, что обуславливает актуальность настоящего исследования [10].

Цель исследования — определить характер зависимости между тяжестью гипертензивных расстройств у беременных и сонографическими изменениями параметров зрительного нерва.

Материалы и методы

Проведено описательное исследование с параллельными выборками, в которое включено 80 беременных, госпитализированных в Забайкальский краевой перинатальный центр (Чита). Для корректного формирования групп исследования проанализированы медицинские карты беременных, рожениц и ролюниц, получавших медицинскую помощь в стационарных условиях.

Критерии включения:

- 1) гипертензивные расстройства во время беременности (ГАГ, преэклампсия);
- 2) возраст от 18 до 40 лет;
- 3) наличие подписанного информированного добровольного согласия на участие в исследовании.

Критерии исключения:

- 1) псевдоотек ДЗН: перипапиллярные гиперрефлективные овоидные массоподобные структуры (*англ.* peripapillary hyperreflective ovoid mass-like structures), друзы ДЗН, малые размеры ДЗН, косовой врез ДЗН, миопический ДЗН с косым врезом, витреопапиллярный тракционный синдром, миелиновые волокна ДЗН, врожденные аномалии ДЗН;
- 2) острые сосудистые, воспалительные и инфекционные заболевания сетчатки и зрительного нерва;
- 3) нейродегенеративные, сосудистые и инфекционные заболевания головного мозга в анамнезе;
- 4) инфекционные, аутоиммунные и онкологические заболевания;
- 5) многоплодная беременность;
- 6) гемолитическая болезнь плода, хромосомные и генетические заболевания плода.

Всех беременных, включенных в исследование, разделили на 4 группы: контрольная — пациентки с нормальной беременностью без сопутствующих осложнений и заболеваний ($n = 20$); сравнения — пациентки с ГАГ ($n = 20$); клиническая — пациентки с умеренной ($n = 25$) и тяжелой преэклампсией ($n = 15$) (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика основных количественных параметров в группах исследования, Ме [Q₁; Q₃]

Параметр	Контрольная группа ($n = 20$)	ГАГ ($n = 20$)	Умеренная преэклампсия ($n = 25$)	Тяжелая преэклампсия ($n = 15$)	H -критерий Краскела — Уоллиса
Возраст, лет	26,00 [19,00; 33,00]	27,50 [25,20; 33,20]	28,00 [23,00; 32,00]	28,60 [25,00; 34,00]	$H = 12,89$ $df = 3$ $p = 0,065$
Срок гестации на момент осмотра, недели	39,10 [38,20; 40,00]	37,70 [36,10; 39,00]	36,20 [34,80; 38,10]	36,39 [33,90; 38,50]	$H = 4,53$ $df = 3$ $p = 0,209$

Примечания: Ме — медиана (*англ.* median); Q₁ & Q₃ — 1-й и 3-й квартили (*англ.* 1st and 3rd quartiles); H — H -критерий Краскела — Уоллиса; df — степени свободы (*англ.* degrees of freedom); p — уровень значимости.

Проведены комплексное офтальмологическое обследование (осмотр органа зрения, авторефрактометрия, визометрия, периметрия, тонометрия, биомикроскопия, офтальмоскопия), а также транспальпебральное ультразвуковое исследование зрительного нерва в режиме В-сканирования на аппарате UD-6000 (Tomey, Польша) в двух плоскостях (аксиальной и сагиттальной). Определялись следующие ультразвуковые параметры: высота ДЗН, диаметр склерального канала зрительного нерва (ДСКЗН), а также диаметр интраорбитальной части зрительного нерва с оболочкой (диаметр оболочки зрительного нерва, ДОЗН) и без нее (диаметр зрительного нерва без оболочки, ДБОЗН) на расстоянии 3 мм от заднего полюса глаза. Средние значения всех ультразвуковых параметров рассчитывались как результат полусуммы этих показателей в двух плоскостях сканирования (рис. 1).

Для верификации наличия спинномозговой жидкости в субарахноидальном пространстве интраорбитальной части зрительного нерва проводился динамический тест.

Пациенток просили отводить взгляд в височную сторону на 30°, после чего проводили повторное измерение ДОЗН. Тест считался положительным при уменьшении ДОЗН на 10 % и более [11].

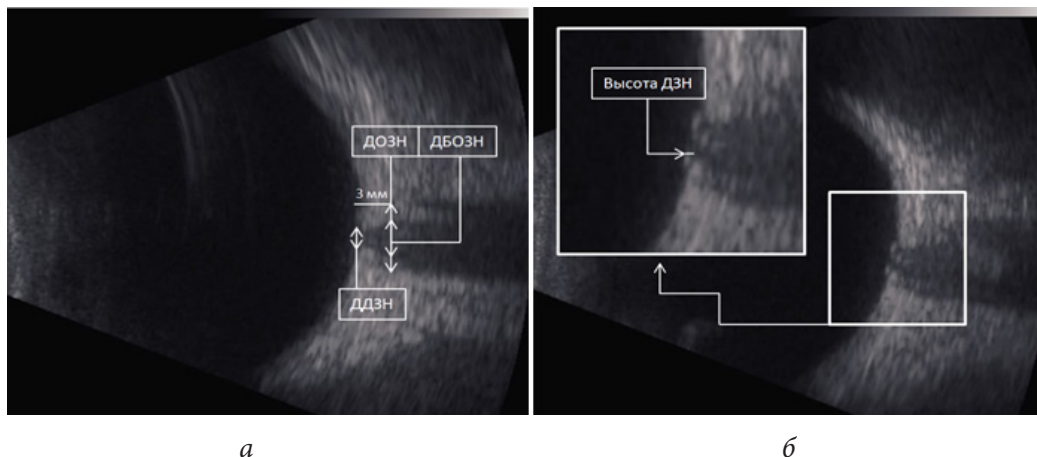


Рис. 1. Схематическое изображение параметров ультразвукового исследования зрительного нерва: а — измерение ДОЗН и ДБОЗН проводилось на расстоянии 3 мм от заднего полюса глаза; б — высота ДЗН и ДСКЗН измерялись при включении режима автоматического зумирования на ультразвуковом аппарате

При статистической обработке данных соблюдались принципы Международного комитета редакторов медицинских журналов (англ. The International Committee of Medical Journal Editors) и рекомендации «Статистический анализ и методы в публикуемой литературе» (англ. Statistical Analyses and Methods in the Published Literature) [12]. Для анализа использовались программные пакеты Microsoft Excel (англ. Microsoft Corp., США) и IBM SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp., США). Распределение количественных данных проверялось на нормальность с использованием критерия Шапиро — Уилка. В связи с ненормальным распределением количественные переменные описывались в формате $Me [Q_1; Q_3]$. Для сравнения четырех независимых групп по количественному признаку применялся непараметрический H -критерий Краскела — Уоллиса. В случае выявления статистически значимых различий проводились попарные сравнения с использованием U -критерия Манна — Уитни с применением поправки Бонферрони ($p < 0,0125$) для контроля множественных сравнений. Для оценки динамики изменений внутри групп использовался ранговый T -критерий Уилкоксона. Сила и направление взаимосвязей между переменными оценивались с помощью r -коэффициента корреляции Спирмена, а интерпретация силы связи проводилась в соответствии со шкалой Чеддока. Сравнение категориальных переменных проводилось с использованием χ^2 -критерия Пирсона с поправкой на правдоподобие. Для проспективного анализа результативных и факторных признаков использовалась оценка относительного риска (ОР) с расчетом 95 %-го доверительного интервала (95 % ДИ). Статистически значимыми считались результаты при $p < 0,050$.

Результаты

Обнаружено, что средняя высота ДЗН при тяжелой преэклампсии была выше в сравнении с умеренной преэклампсией ($U = 49,0$; $p < 0,001$). В группе пациенток с ГАГ средних ДСКЗН не имел статистически значимых различий в сравнении с контролем ($U = 57,5$;

$p = 0,872$). Выявлено, что у беременных с умеренной и тяжелой преэклампсией средний ДСКЗН был увеличен в сравнении с контрольной группой ($U = 28,0$; $p = 0,026$ и $U = 9,0$; $p < 0,001$ соответственно). В группе беременных с ГАГ средний ДБОЗН не отличался от значения контроля ($U = 37,5$; $p = 0,140$). В группе пациенток с умеренной и тяжелой преэклампсией средний ДБОЗН был статистически значимо выше в сравнении с контролем ($U = 34,0$; $p = 0,003$ и $U = 6,0$; $p < 0,001$ соответственно) (табл. 2).

Таблица 2

Значение высоты диска зрительного нерва, диаметра диска зрительного нерва и диаметра зрительного нерва без оболочки в исследуемых группах, Ме [Q₁; Q₃]

Параметр	Контрольная группа ($n = 20$)	ГАГ ($n = 20$)	Умеренная преэклампсия ($n = 25$)	Тяжелая преэклампсия ($n = 15$)	H -критерий Краскела — Уоллиса
Высота ДЗН, мм					
Аксиальная плоскость	0 [0; 0]	0 [0; 0]	0,25 [0,13; 0,34]	0,54 [0,40; 0,60]	$H = 73,45$ $df = 3$ $p < 0,001$
Сагиттальная плоскость	0 [0; 0]	0 [0; 0]	0,25 [0,15; 0,26]	0,47 [0,47; 0,51]	$H = 71,75$ $df = 3$ $p < 0,001$
Средняя	0 [0; 0]	0 [0; 0]	0,29 [0,14; 0,30]	0,52 [0,50; 0,53]	$H = 72,13$ $df = 3$ $p < 0,001$
ДСКЗН, мм					
Аксиальная плоскость	1,31 [1,20; 1,47]	1,36 [1,34; 1,58]	1,42 [1,34; 1,58]	1,63 [1,44; 2,21]	$H = 13,75$ $df = 3$ $p < 0,001$
Сагиттальная плоскость	1,30 [1,19; 1,41]	1,38 [1,35; 1,75]	1,49 [1,35; 1,75]	1,54 [1,43; 2,00]	$H = 16,74$ $df = 3$ $p = 0,001$
Средний	1,30 [1,19; 1,43]	1,37 [1,34; 1,66]	1,46 [1,34; 1,66]	1,59 [1,43; 2,10]	$H = 15,80$ $df = 3$ $p = 0,001$
ДБОЗН, мм					
Аксиальная плоскость	2,18 [2,16; 4,49]	2,17 [2,16; 2,18]	2,49 [2,31; 2,61]	2,89 [2,64; 3,06]	$H = 33,38$ $df = 3$ $p < 0,001$
Сагиттальная плоскость	2,29 [2,18; 2,42]	2,23 [2,18; 2,29]	2,42 [2,40; 2,60]	2,79 [2,48; 3,00]	$H = 32,50$ $df = 3$ $p < 0,001$
Средний	2,27 [2,18; 2,38]	2,22 [2,18; 2,27]	2,45 [2,36; 2,60]	2,92 [2,56; 2,94]	$H = 31,53$ $df = 3$ $p < 0,001$

Значение среднего ДОЗН у беременных с ГАГ не имело статистически значимых различий в сравнении с контролем ($U = 160,0$; $p = 0,289$). Выявлено, что в группе с умеренной и тяжелой преэклампсией средний ДОЗН был значимо больше в сравнении с контролем ($U = 0$; $p < 0,001$ и $U = 0$; $p < 0,001$ соответственно) (табл. 3).

Таблица 3

**Значение диаметра оболочки зрительного нерва до и после проведения динамического теста
в исследуемых группах, Ме [Q₁; Q₃]**

Параметр	Контрольная группа (n = 20)	ГАГ (n = 20)	Умеренная преэклампсия (n = 25)	Тяжелая преэклампсия (n = 15)	H-критерий Краскела — Уоллиса
ДОН в аксиальной плоскости					
До теста 30°, мм	4,54 [4,44; 4,65]	4,61 [4,19; 4,71]	5,03 [4,84; 5,38]	5,78 [5,75; 5,94]	H = 64,20 df = 3 p < 0,001
После теста 30°, мм	4,45 [4,40; 4,50]	4,56 [4,19; 4,63]	4,81 [4,65; 5,25]	5,26 [5,01; 5,44]	H = 61,44 df = 3 p < 0,001
Оценка значимости динамических изменений	Z = -3,971 p < 0,001	Z = -1,309 p = 0,191	Z = -4,033 p < 0,001	Z = -3,428 p = 0,001	z-score
ДОН в сагиттальной плоскости					
До теста 30°, мм	4,65 [4,58; 4,65]	4,61 [4,29; 4,74]	5,03 [4,9; 5,53]	5,78 [5,52; 5,96]	H = 62,95 df = 3 p < 0,001
После теста 30°, мм	4,53 [4,49; 4,57]	4,58 [4,07; 4,73]	4,99 [4,90; 5,44]	5,17 [4,93; 5,43]	H = 47,72 df = 3 p < 0,001
Оценка значимости динамических изменений	Z = -3,971 p < 0,001	Z = -3,450 p = 0,001	Z = -2,811 p = 0,005	Z = -3,428 p = 0,001	z-score
Средний ДОН					
До теста 30°, мм	4,57 [4,49; 4,65]	4,61 [4,25; 4,72]	5,03 [4,86; 5,43]	5,78 [5,57; 5,95]	H = 64,20 df = 3 p < 0,001
После теста 30°, мм	4,48 [4,48; 4,49]	4,59 [4,14; 4,64]	4,85 [4,82; 5,34]	5,21 [4,97; 5,45]	H = 59,92 df = 3 p < 0,001
Оценка значимости динамических изменений	Z = -3,971 p < 0,001	Z = -3,948 p < 0,001	Z = -4,033 p < 0,001	Z = -3,191 p = 0,001	z-score

В ходе исследования выявлено, что значение среднего ДОН после проведения динамического теста статистически значимо уменьшилось во всех группах исследования ($p = 0,001$). Разница в значении среднего ДОН до и после проведения динамического теста в контрольной группе составила 1,96 [0,22; 3,44] % ($p < 0,001$); группе с ГАГ — 0,43 [0,38; 1,69] % ($p < 0,001$); умеренной преэклампсией — 3,57 [0,82; 3,66] % ($p < 0,001$); тяжелой преэклампсией — зафиксирована максимальная разница, которая составила 9,86 [8,40; 10,77] % ($p = 0,001$) (табл. 3).

Значение среднего ДОН у беременных с ГАГ после проведения теста 30° не имело различий по сравнению с пациентками контрольной группы ($U = 100,0$; $p = 0,060$). Обнаружено, что в группе с умеренной и тяжелой преэклампсией средний ДОН после динамического теста был больше в сравнении с контролем ($U = 0$; $p < 0,001$ и $U = 0$; $p < 0,001$ соответственно) (табл. 3).

Частота встречаемости пациенток с тяжелой преэклампсией и средней высотой ДОН $\geq 0,5$ мм составила 30,0 % (12/40), умеренной преэклампсией и средней высотой

ДЗН <0,5 мм — 45,0 % (18/40) от общего числа случаев преэклампсии ($\chi^2 = 10,16$; $p = 0,0014$). При значении средней высоты ДЗН $\geq 0,5$ мм риск развития тяжелой преэклампсии возрастает более чем в 2,5 раза в сравнении со средней высотой ДЗН <0,5 мм (ОР = 2,85; 95 % ДИ — 1,45; 5,62; $p < 0,001$).

Частота встречаемости пациенток с тяжелой преэклампсией и средним ДБОЗН >2,6 мм составила 27,5 % (11/40), умеренной преэклампсией и средним ДБОЗН $\leq 2,6$ мм — 45,0 % (18/40) от общего числа случаев преэклампсии ($\chi^2 = 7,78$; $p = 0,005$). При значении среднего ДБОЗН >2,6 мм риск развития тяжелой преэклампсии возрастает более чем в 2,5 раз в сравнении со средним ДБОЗН $\leq 2,6$ мм (ОР = 2,62; 95 % ДИ — 1,30; 5,27; $p = 0,005$).

Частота встречаемости пациенток с тяжелой преэклампсией и средним ДОЗН $\geq 5,7$ мм составила 32,5 % (13/40), умеренной преэклампсией и средним ДОЗН <5,7 мм — 55,0 % (22/40) от общего числа случаев преэклампсии ($\chi^2 = 21,78$; $p < 0,001$). При значении среднего ДОЗН $\geq 5,7$ мм риск развития тяжелой преэклампсии возрастает более чем в 7 раз в сравнении со средним ДОЗН <5,7 мм (ОР = 7,22; 95 % ДИ — 2,45; 21,26; $p < 0,001$).

При проведении корреляционного анализа отмечена обратная корреляционная связь заметной силы между значением средней высоты ДЗН и среднего ДСКЗН ($r = -0,613$; $p < 0,001$). Выявлена прямая связь заметной силы значения средней высоты ДЗН со средним ДБОЗН ($r = 0,334$; $p = 0,020$), а также средним ДОЗН до проведения динамического теста ($r = 0,662$; $p < 0,001$). В табл. 4 представлены результаты корреляционного анализа ультразвуковых показателей интраокулярной и интраорбитальной частей зрительного нерва в аксиальной и сагиттальной плоскостях сканирования.

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа ультразвуковых показателей интраокулярной и интраорбитальной частей зрительного нерва

Коррелирующие признаки	r	Сила связи по шкале Чеддока	p
Высота ДЗН в аксиальной плоскости — ДСКЗН в аксиальной плоскости	-0,538	Заметная	0,001
Высота ДЗН в сагиттальной плоскости — ДСКЗН в сагиттальной плоскости	-0,548	Заметная	0,001
Средняя высота ДЗН — средний ДСКЗН	-0,613	Заметная	<0,001
Высота ДЗН в аксиальной плоскости — ДБОЗН в аксиальной плоскости	0,325	Умеренная	0,024
Высота ДЗН в сагиттальной плоскости — ДБОЗН в сагиттальной плоскости	0,351	Умеренная	0,014
Средняя высота ДЗН — средний ДБОЗН	0,334	Умеренная	0,020
Высота ДЗН в аксиальной плоскости — ДОЗН в аксиальной плоскости до теста 30°	0,683	Заметная	<0,001
Высота ДЗН в сагиттальной плоскости — ДОЗН в сагиттальной плоскости до теста 30°	0,577	Заметная	<0,001
Средняя высота ДЗН — средний ДОЗН до теста 30°	0,662	Заметная	<0,001

Обсуждение

Ультразвуковое исследование зрительного нерва представляет собой перспективный неинвазивный метод косвенной оценки и мониторинга ВЧД [9, 13, 14]. Хотя этот метод

диагностики описан еще в 1987 г. [15] и расширен в 1996 г. [16], он начал широко использоваться только после публикации исследования Т. Гирартса и др. (*англ.* T. Geeraerts et al.) [17]. По данным ряда авторов, ультразвуковые значения ДОЗН и ДБОЗН, а также высоты ДЗН, измеренные при помощи В-сканирования, коррелируют с повышением ВЧД [9, 14]. В работе К.Г. Широкара и др. (*англ.* C.G. Shirodkar et al.) выявлена статистически значимая корреляция между показателями ДОЗН и магнитно-резонансной томографии головного мозга [18]. В ходе проведенного исследования С.Б. Картера и др. (*англ.* S.B. Carter et al.) определено, что чувствительность ультразвукового исследования глаза для выявления отека ДЗН составляет 90 % (95 % ДИ — 80,2; 99,3), а специфичность выявления псевдоотека диска зрительного нерва — 79 % (95 % ДИ — 67,7; 90,7) [19].

В результате проведенного исследования нами выявлено, что значение среднего ДОЗН у пациенток с тяжелой преэклампсией составило 5,78 [5,52; 5,96] мм. Полученные результаты согласуются с рядом других работ. По данным Дж. Бисвас и др. (*англ.* J. Biswas et al.), тяжелая преэклампсия с неврологическими нарушениями сопровождается увеличением ДОЗН выше пороговых значений 5,8 мм [20]. Согласно данным, полученным Дж. Бжан Сименс и др. (*англ.* G. Brzan Simenc et al.), мониторинг до и после родов ДОЗН и высоты отека ДЗН является эффективным для выявления внутричерепной гипертензии у пациенток с преэклампсией [21]. Однако в представленных исследованиях проводилось измерение ДОЗН только в стандартной аксиальной (горизонтальной) плоскости сканирования без проведения динамического теста 30°. С учетом того, что зрительный нерв не имеет форму идеального круга, считаем предложенную нами методику измерения ультразвуковых параметров зрительного нерва в двух плоскостях (аксиальной и сагиттальной) сканирования с расчетом среднего значения более точной. Проведение теста 30° необходимо для верификации наличия спинномозговой жидкости в субарахноидальном пространстве интраорбитальной части зрительного нерва и дифференциальной диагностики застойного отека ДЗН от псевдоотека [11].

В ходе проведенного нами исследования комплексно проанализированы ультразвуковые параметры зрительного нерва и их корреляционные взаимосвязи. Обнаружено, что высота ДЗН имеет прямые связи с ДОЗН и ДБОЗН. Внутричерепная гипертензия приводит к увеличению гидростатического давления спинномозговой жидкости в субарахноидальном пространстве зрительного нерва, что вызывает нарушение аксоплазматического транспорта в поверхностных нервных волокнах и преламинарной зоне головки зрительного нерва [22, 23]. Вторичное сдавление центральной вены сетчатки способствует накоплению внеклеточной жидкости и развитию отека ДЗН [24, 25]. При развитии внутричерепной гипертензии повышенное давление спинномозговой жидкости в субарахноидальном пространстве зрительного нерва вызывает застой аксоплазматического тока в поверхностном слое нервных волокон и преламинарной области головки зрительного нерва. Вторично происходит сдавление центральной вены сетчатки, что приводит к накоплению внеклеточной жидкости в головке зрительного нерва.

В исследовании В.В. Нероева и др. показано, что при внутричерепной гипертензии происходит изолированное увеличение толщины оболочек зрительного нерва до $(5,81 \pm 0,42)$ мм без изменения толщины интраорбитального отдела зрительного нерва [26]. Однако нами выявлено высокое значение не только ДОЗН, но и ДБОЗН у пациенток с преэклампсией. Развитие отека ДЗН на фоне преэклампсии, вероятно, имеет свои патогенетические особенности, что обусловлено наличием протеинурии с гипопротеинемией [3, 5]. Низкое он-

котическое давление ликвора и крови, возможно, является дополнительным фактором, predisposing к накоплению внеклеточной жидкости и развитию отека интраорбитального отдела зрительного нерва с его утолщением. Отек ДЗН при повышенном внутричерепном давлении на фоне преэклампсии обусловлен не только скоплением внеклеточной жидкости в области головки зрительного нерва вследствие вторичного венозного застоя, но и набуханием нервных волокон из-за разницы гидростатического и онкотического давления [25]. Считаем перспективным дальнейшее детальное изучение патогенетических механизмов развития отека ДЗН при гипертензивных расстройствах во время беременности. На рис. 2 представлена сравнительная характеристика ультразвуковых параметров зрительного нерва в норме, при внутричерепной гипертензии и преэклампсии.

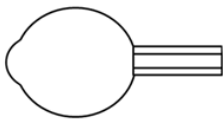
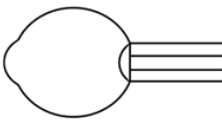
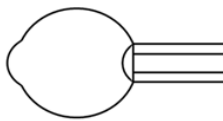
	Норма	Внутричерепная гипертензия	Преэклампсия
			
ДОЗН	N	↑	↑
ДБОЗН	N	N	↑
Гидростатическое давление	N	↑	↑
Онкотическое давление спинномозговой жидкости	N	N	↓

Рис. 2. Сравнительная характеристика ультразвуковых параметров зрительного нерва в норме, при внутричерепной гипертензии и преэклампсии:

N — норма; ↑ — увеличение; ↓ — уменьшение

Также выявлено, что высота ДЗН имеет обратные связи с ДСКЗН. С учетом того, что при повышении гидростатического давления ликвора происходят ортоградный и ретроградный застои аксоплазматического тока в головке зрительного нерва, наличие узкого склерального канала будет являться дополнительным фактором для увеличения высоты отека ДЗН [24, 27]. Полученные данные указывают на наличие анатомической предрасположенности к формированию отека ДЗН у пациенток с узким склеральным каналом зрительного нерва, что ограничивает изолированное использование ультразвуковых значений высоты отека ДЗН в качестве инструментального маркера тяжести внутричерепной гипертензии при гипертензивных расстройствах во время беременности. Таким образом, считаем перспективным дальнейшее углубленное изучение факторов, влияющих на значение ультразвуковых параметров зрительного нерва, с разработкой в дальнейшем индивидуальных поправочных коэффициентов.

Заключение

Установлена тесная связь между ультразвуковыми параметрами зрительного нерва и риском развития такого осложнения беременности, как преэклампсия. При среднем значении ДБОЗН $>2,6$ мм и высоты ДЗН $\geq 0,5$ мм риск развития преэклампсии возрастает более чем в 2,5 раза. При значении среднего ДОЗН $\geq 5,7$ мм риск развития тяжелой преэклампсии возрастает более чем в 7 раз.

Обнаружено, что высота ДЗН имеет прямую связь с ДОЗН и ДБОЗН, что указывает на возможность использования этого ультразвукового параметра в качестве дополнительного диагностического маркера внутричерепной гипертензии при преэклампсии. Однако наличие обратной связи между высотой ДЗН и диаметром склерального канала зрительного нерва подчеркивает необходимость персонализированного подхода в оценке клинической значимости наличия отека ДЗН при преэклампсии с учетом анатомических особенностей.

Таким образом, ультразвуковое исследование зрительного нерва представляет собой перспективный неинвазивный метод косвенной оценки и мониторинга внутричерепной гипертензии у пациенток с преэклампсией. Для более точной диагностики необходимо комплексное измерение ультразвуковых параметров зрительного нерва в двух плоскостях сканирования с оценкой высоты ДЗН, диаметра склерального канала зрительного нерва, ДОЗН и ДБОЗН. Для интеграции предложенного метода диагностики необходимо проведение крупных рандомизированных исследований с разработкой универсального протокола описания и оценки ультразвуковых параметров зрительного нерва у пациенток с гипертензивными расстройствами во время беременности, в т. ч. с учетом индивидуальных поправочных коэффициентов.

Список источников | References

1. Wu P, Green M, Myers JE. Hypertensive disorders of pregnancy. *BMJ*. 2023;381:e071653. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-071653>.
2. Yang Y, Le Ray I, Zhu J, Zhang J, Hua J, Reilly M. Preeclampsia prevalence, risk factors, and pregnancy outcomes in Sweden and China. *JAMA Network Open*. 2021;4(5):e218401. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.8401>.
3. Chiang YT, Seow KM, Chen KH. The pathophysiological, genetic, and hormonal changes in preeclampsia: A systematic review of the molecular mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(8):4532. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25084532>.
4. Kornacki J, Olejniczak O, Sibiak R, Gutaj P, Wender-Ozegowska E. Pathophysiology of pre-eclampsia — two theories of the development of the disease. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;25(1):307. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25010307>.
5. Rana S, Lemoine E, Granger JP, Karumanchi SA. Preeclampsia: Pathophysiology, challenges, and perspectives. *Circulation Research*. 2019;124(7):1094–1112. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.313276>. Erratum in: *Circulation Research*. 2020;126(1):e8. DOI: <https://doi.org/10.1161/RES.0000000000000315>.
6. Tomimatsu T, Mimura K, Matsuzaki S, Endo M, Kumasawa K, Kimura T. Preeclampsia: Maternal systemic vascular disorder caused by generalized endothelial dysfunction due to placental antiangiogenic factors. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019;20(17):4246. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20174246>.
7. Ijomone OK, Osahon IR, Okoh COA, Akingbade GT, Ijomone OM. Neurovascular dysfunctions in hypertensive disorders of pregnancy. *Metabolic Brain Disease*. 2021;36(6):1109–1117. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11011-021-00710-x>.
8. Anton N, Bogdanici CM, Branisteanu DC, Armeanu T, Ilie OD, Doroftei BA. Narrative review on neuro-ophthalmological manifestations that may occur during pregnancy. *Life*. 2024;14(4):431. DOI: <https://doi.org/10.3390/life14040431>.
9. Yu ZY, Xing YQ, Li C, Wang SB, Song XN, Wang CC, et al. Ultrasonic optic disc height combined with the optic nerve sheath diameter as a promising non-invasive marker of elevated intracranial pressure. *Frontiers in Physiology*. 2023;14:957758. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.957758>.
10. Sterrett ME, Austin B, Barnes RM, Chang EY. Optic nerve sheath diameter in severe preeclampsia with neurologic features versus controls. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2022;22(1):224. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12884-022-04548-8>.
11. Kohli AA, Pistilli M, Alfaro C, Ross AG, Jivraj I, Bagchi S, et al. Role of ocular ultrasonography to distinguish papilledema from pseudopapilledema. *Journal of Neuro-Ophthalmology*. 2021;41(2):206–211. DOI: <https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000000984>.
12. Lang TA, Altman DG. Basic statistical reporting for articles published in biomedical journals: The “Statistical Analyses and Methods in the Published Literature” or the SAMPL Guidelines. *International Journal of Nursing Studies*. 2015;52(1):5–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2014.09.006>.

13. Pichamuthu K. Optic nerve sheath ultrasound: Where do we go from here? *Indian Journal of Critical Care Medicine*. 2021;25(4):360–361. DOI: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23795>.
14. Bozdoğan Z, Şenel E, Özmuk Ö, Karataş H, Kurşun O. Comparison of optic nerve sheath diameters measured by optic ultrasonography before and after lumbar puncture in idiopathic intracranial hypertension patients. *Archives of Neuropsychiatry*. 2023;60(2):117–123. DOI: <https://doi.org/10.29399/npa.28074>.
15. Gangemi M, Cennamo G, Maiuri F, D'Andrea F. Echographic measurement of the optic nerve in patients with intracranial hypertension. *Minimally Invasive Neurochirurgia*. 1987;30(2):53–55. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-2008-1053656>.
16. Helmke K, Hansen HC. Fundamentals of transorbital sonographic evaluation of optic nerve sheath expansion under intracranial hypertension. I. Experimental study. *Pediatric Radiology*. 1996;26(10):701–705. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01383383>.
17. Geeraerts T, Merceron S, Benhamou D, Vigue B, Duranteau J. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients. *Intensive Care Medicine*. 2008;34(11):2062–2067. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-008-1149-x>.
18. Shirodkar CG, Munta K, Rao S, Mahesh MU. Correlation of measurement of optic nerve sheath diameter using ultrasound with magnetic resonance imaging. *Indian Journal of Critical Care Medicine*. 2015;19(8):466–470. DOI: <https://doi.org/10.4103/0972-5229.162465>.
19. Carter SB, Pistilli M, Livingston KG, Gold DR, Volpe NJ, Shindler KS, et al. The role of orbital ultrasonography in distinguishing papilledema from pseudopapilledema. *Eye*. 2014;28(12):1425–1430. DOI: <https://doi.org/10.1038/eye.2014.210>.
20. Biswas J, Khatun N, Bandyopadhyay R, Bhattacharya N, Maitra A, Mukherjee S, et al. Optic nerve sheath diameter measurements using ultrasonography to diagnose raised intracranial pressure in preeclampsia: An observational study. *Journal of the Turkish-German Gynecological Association*. 2023;24(1):5–11. DOI: <https://doi.org/10.4274/jtgga.galenos.2022.2022-3-3>.
21. Brzan Simenc G, Ambrozic J, Prokselj K, Tul N, Cvijic M, Mirkovic T, et al. Ocular ultrasonography for diagnosing increased intracranial pressure in patients with severe preeclampsia. *International Journal of Obstetric Anesthesia*. 2018;36:49–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2018.06.005>.
22. Hayreh SS. Pathogenesis of optic disc edema in raised intracranial pressure. *Progress in Retinal and Eye Research*. 2016;50:108–144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2015.10.001>.
23. Guarnizo A, Albreiki D, Cruz JP, Letourneau-Guillon L, Iancu D, Torres C. Papilledema: A review of the pathophysiology, imaging findings, and mimics. *Canadian Association of Radiologists Journal*. 2022;73(3):557–567. DOI: <https://doi.org/10.1177/08465371211061660>.
24. Xie JS, Donaldson L, Margolin E. Papilledema: A review of etiology, pathophysiology, diagnosis, and management. *Survey of Ophthalmology*. 2022;67(4):1135–1159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2021.11.007>.
25. Taskina ES, Kibalina IV, Mudrov VA. Pathogenetic mechanisms of papilledema development on preeclampsia. *Transbaikal Medical Bulletin*. 2024;(3):100–111. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52485/19986173_2024_3_100.
26. Neroev VV, Kiseleva TN, Eliseeva EK, Baeva AV, Lugovkina KV. Echographic criteria for the assessment of the optic nerve condition in intracranial hypertension. *Russian Ophthalmological Journal*. 2022;15(4):49–57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-4-49-57>.
27. Reier L, Fowler JB, Arshad M, Hadi H, Whitney E, Farmah AV, et al. Optic disc edema and elevated intracranial pressure (ICP): A comprehensive review of papilledema. *Cureus*. 2022;14(5):e24915. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.24915>.

Информация об авторах

Елизавета Сергеевна Таскина [✉] — кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии, Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия.

E-mail: taskins@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6223-8888>

Виктор Андреевич Мудров — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры акушерства и гинекологии педиатрического факультета и факультета дополнительного профессионального образования, Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия.

E-mail: mudrov_viktor@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5961-5400>

Ирина Владимировна Кибалина — доктор медицинских наук, доцент, директор научно-исследовательского института молекулярной медицины, заведующий кафедрой нормальной физиологии имени профессора Б. И. Кузника, Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия.

E-mail: physiology_chgma@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4390-183X>

Information about the authors

Elizaveta S. Taskina [✉] — Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.

E-mail: taskins@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6223-8888>

Victor A. Mudrov — Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology of the Faculty of Pediatrics and the Faculty of Continuing Professional Education, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.

E-mail: mudrov_viktor@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5961-5400>

Irina V. Kibalina — Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Director of the Research Institute of Molecular Medicine, Head of the Department of Normal Physiology named after Professor B. I. Kuznik, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.

E-mail: physiology_chgma@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4390-183X>

Рукопись получена: 10 апреля 2025. Одобрена после рецензирования: 19 мая 2025. Принята к публикации: 16 июля 2025.

Received: 10 April 2025. Revised: 19 May 2025. Accepted: 16 July 2025.