

<https://doi.org/10.23888/HMJ202614117-28>

EDN: BUPIYF

## Взаимосвязь параметров ультразвукового исследования глаза и интраорбитальной части зрительного нерва с тяжестью гипертензивных расстройств во время беременности

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

Читинская государственная медицинская академия, Чита, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Церебральные симптомы присутствуют у 20–30% пациенток с тяжелой преэклампсией. В этом контексте ультразвуковое исследование глаза и интраорбитальной части зрительного нерва рассматривается как перспективный неинвазивный инструмент для диагностики повышения внутричерепного давления.

**Цель.** Оценить взаимосвязь параметров глаза и зрительного нерва, полученных при А- и В-сканировании, с тяжестью гипертензивных расстройств во время беременности.

**Методы.** В исследовании участвовали 80 беременных, которым проведено комплексное офтальмологическое обследование, А-сканирование глаза и В-сканирование интраорбитальной части зрительного нерва в аксиальной и саггитальной проекциях. Сформировано 3 группы исследования: контрольная группа ( $n=20$ ) — пациентки с нормальной беременностью без сопутствующих осложнений и заболеваний; группа сравнения ( $n=20$ ) — беременные с гестационной артериальной гипертензией; клиническая группа ( $n=40$ ) — беременные с умеренной ( $n=25$ ) и тяжелой преэклампсией ( $n=15$ ).

**Результаты.** В клинической группе с умеренной преэклампсией средний диаметр оболочек зрительного нерва (ДОЗН) был больше на 0,46 [0,37; 0,88] мм ( $U=0,0$ ;  $p < 0,001$ ), а при тяжелой преэклампсии — на 1,13 [0,94; 1,31] мм ( $U=0,0$ ;  $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем. В клинической группе с умеренной преэклампсией средний диаметр зрительного нерва без оболочек (ДБОЗН) был увеличен на 0,18 [0,18; 0,22] мм ( $U=34,0$ ;  $p < 0,003$ ), а при тяжелой преэклампсии — на 0,65 [0,38; 0,56] мм ( $U=6,0$ ;  $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем. Динамический тест 30° показал статистически значимое уменьшение среднего ДОЗН после проведения пробы во всех группах ( $p \leq 0,005$ ). Средний ДОЗН имеет прямую корреляционную связь умеренной силы с переднезадней осью глаза ( $r=0,491$ ;  $p < 0,001$ ) и прямую корреляционную связь слабой силы с глубиной передней камеры глаза ( $r=0,259$ ;  $p=0,02$ ). Средний ДБОЗН имеет прямую корреляционную связь заметной силы с переднезадней осью глаза ( $r=0,507$ ;  $p=0,002$ ) и прямую корреляционную связь умеренной силы с глубиной передней камеры глаза ( $r=0,379$ ;  $p=0,022$ ).

**Заключение.** Тяжелая преэклампсия характеризуется более высоким значением ДОЗН и ДБОЗН, что перспективно для раннего ультразвукового скрининга повышения внутричерепного давления. Результаты динамического теста 30° подтверждают патогенетическую связь между тяжелой преэклампсией и увеличением объема ликвора в оболочках зрительного нерва. Данные А-сканирования могут служить поправочным коэффициентом для референсных значений ДОЗН и ДБОЗН.

**Ключевые слова:** преэклампсия; гипертензивные расстройства во время беременности; ультразвуковое исследование; диаметр оболочек зрительного нерва; переднезадняя ось глаза.

### Для цитирования:

Таскина Е.С., Мудров В.А., Кибалина И.В. Взаимосвязь параметров ультразвукового исследования глаза и интраорбитальной части зрительного нерва с тяжестью гипертензивных расстройств во время беременности // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2026. Т. 14, № 1. С. 17–28. doi: 10.23888/HMJ202614117-28 EDN: BUPIYF

<https://doi.org/10.23888/HMJ202614117-28>

EDN: BUPIYF

## The Relationship between Parameters of Ultrasound Examination of Eye and Intraorbital Part of the Optic Nerve and Severity of Hypertensive Disorders during Pregnancy

Elizaveta S. Taskina, Viktor A. Mudrov, Irina V. Kibalina

Chita State Medical Academy, Chita, Russian Federation

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** Cerebral symptoms are present in 20–30% of patients with severe preeclampsia. In this context, ultrasound examination of eye and intraorbital part of the optic nerve is considered a promising noninvasive tool for diagnosing elevated intracranial pressure.

**AIM:** To evaluate the relationship between eye and optic nerve parameters obtained in A- and B-mode scanning, and severity of hypertensive disorders during pregnancy.

**METHODS:** The study involved 80 pregnant women, who underwent a comprehensive ophthalmological examination, A-mode scanning of the eye, and B-mode scanning of the intraorbital part of the optic nerve in axial and sagittal projections. Three study groups were formed: the control group ( $n=20$ ) — patients with normal pregnancy without concomitant complications and diseases, the comparison group ( $n=20$ ) — pregnant women with gestational arterial hypertension, the clinical group ( $n=40$ ) — pregnant women with moderate ( $n=25$ ) and severe preeclampsia ( $n=15$ ).

**RESULTS:** In the clinical group with moderate preeclampsia, the mean optic nerve sheath diameter (ONSD) was greater by 0.46 [0.37; 0.88] mm ( $U=0.0$ ;  $p < 0.001$ ), and in severe preeclampsia by 1.13 [0.94; 1.31] mm ( $U=0.0$ ;  $p < 0.001$ ) compared with the control. In the clinical group with moderate preeclampsia, the mean optic nerve diameter without sheath (ONDwtS) was increased by 0.18 [0.18; 0.22] mm ( $U=34.0$ ;  $p < 0.003$ ), and in severe preeclampsia by 0.65 [0.38; 0.56] mm ( $U=6.0$ ;  $p < 0.001$ ) compared with the control. The 30° dynamic test showed a statistically significant decrease in the mean ONSD in all groups ( $p \leq 0.005$ ). The mean ONSD has a direct correlation of moderate strength with the anteroposterior axis of the eye ( $r=0.491$ ;  $p < 0.001$ ) and a direct correlation of weak strength with the depth of the anterior chamber of the eye ( $r=0.259$ ;  $p=0.02$ ). The mean ONDwtS has a direct correlation of noticeable strength with the anteroposterior axis of the eye ( $r=0.507$ ;  $p=0.002$ ) and a direct correlation of moderate strength with the depth of the anterior chamber of the eye ( $r=0.379$ ;  $p=0.022$ ).

**CONCLUSION:** Severe preeclampsia is characterized by higher ONSD and ONDwtS values, which suggests potential for the early ultrasound screening for elevated intracranial pressure. Results of the 30° dynamic test confirm a pathogenetic link between severe preeclampsia and increase in the volume of cerebrospinal fluid in the optic nerve sheaths. A-mode scanning data can serve as a correction factor for ONSD and ONDwtS reference values.

**Keywords:** preeclampsia; hypertensive disorders during pregnancy; ultrasound examination; optic nerve sheath diameter; anteroposterior axis of the eye.

### To cite this article:

Taskina ES, Mudrov VA, Kibalina IV. The Relationship between Parameters of Ultrasound Examination of Eye and Intraorbital Part of the Optic Nerve and Severity of Hypertensive Disorders during Pregnancy. *Science of the Young (Eruditio Juvenium)*. 2026;14(1):17–28. doi: 10.23888/HMJ202614117-28 EDN: BUPIYF

## Обоснование

Гипертензивные расстройства во время беременности остаются ведущей причиной материнской и перинатальной заболеваемости и смертности [1]. Нарушение церебральной ауторегуляции с развитием гиперперфузии и эндотелиальная дисфункция при преэклампсии приводят к развитию вазогенного отека головного мозга с повышением внутричерепного давления, который в значительной степени объясняет клинические проявления синдрома задней обратимой энцефалопатии, судорожных припадков при эклампсии и инсульта у данных беременных [2, 3].

Неврологические симптомы присутствуют у 20–30% пациенток с тяжелой преэклампсией [4, 5]. Ранняя диагностика таких состояний критически важна. В 25% случаев тяжелой преэклампсии и 50% случаев эклампсии обнаруживают неспецифические неврологические нарушения, включая такие симптомы, как головные боли, отек диска зрительного нерва (ДЗН), зрительные расстройства (диплопия, нечеткость зрения, фотофобия, появление скотом) [4, 6]. При этом может поражаться любая часть зрительного анализатора, от сетчатки до затылочной коры головного мозга [7]. Инвазивный мониторинг внутричерепного давления в виде люмбальной пункции является дорогостоящим методом и связан с риском развития осложнений. Применение традиционных нейровизуализационных методов (магнитно-резонансной и компьютерной томографии) при беременности может быть ограничено из-за низкой доступности, вопросов безопасности или времени выполнения.

Оболочки зрительного нерва анатомически связаны с субарахноидальным пространством головного мозга [8]. При повышении внутричерепного давления происходит увеличение диаметра оболочки зрительного нерва (ДОЗН), что можно количественно оценить с помощью ультразвука (оптическая нейросонография) [8, 9]. Несмотря на растущий интерес к В-сканированию глаза и оболочек зрительного

нерва, большинство исследований имеют небольшие выборки и характеризуются гетерогенными дизайнами [10, 11]. Отсутствие единых протоколов измерения (например, позиция датчика, глубина сканирования) затрудняет сравнение полученных результатов между исследованиями. По этой причине пороговое значение ДОЗН для диагностики внутричерепной гипертензии варьирует от 5,7 до 6,3 мм в разных работах [9]. С учетом обнадеживающих результатов исследований в неврологии и интенсивной терапии, а также ограниченного количества работ, посвященных именно беременным с гипертензивными расстройствами, дальнейшее изучение показателей оптической нейросонографии и их связи с тяжестью церебральных осложнений остается актуальным [10].

В предыдущем исследовании была показана взаимосвязь тяжести гипертензивных расстройств с ультразвуковыми параметрами — высотой ДЗН и диаметром склерального канала зрительного нерва [11]. В продолжение данной работы и для углубления понимания патогенеза церебральных осложнений, актуальным представляется комплексный анализ, учитывающий взаимосвязь офтальмобиометрических параметров глаза, полученных при А-сканировании, с данными В-сканирования интраорбитальной части зрительного нерва. Кроме того, диагностическая значимость динамического теста 30° для верификации связи выявленных изменений ДОЗН с повышением внутричерепного давления при преэклампсии остается недостаточно изученной [12, 13]. Комбинация этих методов (А-сканирование глаза, В-сканирование зрительного нерва и динамическая теста 30°) может лечь в основу разработки более точного и персонализированного диагностического алгоритма.

**Цель** — оценить взаимосвязь параметров глаза и зрительного нерва, полученных при А- и В-сканировании, с тяжестью гипертензивных расстройств во время беременности.

## Методы

Описательное исследование с параллельными выборками, которое проводилось на базе ГБУЗ «Забайкальский краевой перинатальный центр» за период с ноября 2023 года по февраль 2025 года. В работе соблюдали этические принципы, предъявляемые Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации и правилами клинической практики в Российской Федерации.

**Критерии включения:** пациентки старше 18 лет с гипертензивными расстройствами во время беременности (гестационная артериальная гипертензия, преэклампсия).

**Критерии исключения:** гемолитическая болезнь плода, хромосомные и генетические заболевания плода, многоплодная беременность, острые сосудистые, воспалительные и инфекционные заболевания сетчатки и зрительного нерва, катаракта; псевдоотек ДЗН (друзы ДЗН, косовой врез

ДЗН, миопический ДЗН с косым врезом, малые размеры ДЗН, перипапиллярные гиперрефлективные овоидные массоподобные структуры, миелиновые волокна ДЗН, врожденные аномалии ДЗН, витреопапиллярный тракционный синдром), нейродегенеративные, сосудистые и инфекционные заболевания головного мозга в анамнезе, инфекционные, аутоиммунные и онкологические заболевания.

Обследованы беременные ( $n=80$ ) в возрасте 29 [24; 33] лет. Сформировано 3 группы исследования: **группа контроля** ( $n=20$ ) — пациентки с нормальной беременностью без сопутствующих осложнений и заболеваний; **группа сравнения** ( $n=20$ ) — беременные пациентки с гестационной артериальной гипертензией; **клиническая группа** ( $n=40$ ) — беременные пациентки с умеренной ( $n=25$ ) и тяжелой преэклампсией ( $n=15$ ). В таблице 1 представлены основные параметры в группах исследования.

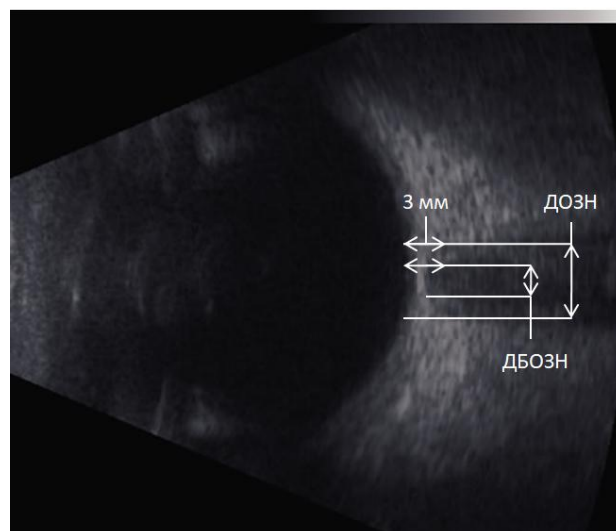
**Таблица 1.** Сравнительная характеристика основных количественных параметров в группах исследования

Параметры	Контрольная группа	Группа сравнения	Клиническая группа		Тестовая статистика
			умеренная преэклампсия	тяжелая преэклампсия	
$n$	20	20	25	15	
Возраст, лет	26,0 [19,0; 33,0]	27,5 [25,2; 33,2]	28,0 [23,0; 32,0]	28,6 [25,0; 34,0]	H=12,89, df=3 $p=0,065$
Срок гестации на момент осмотра, недели	39,1 [38,2; 40,0]	37,7 [36,1; 39,0]	36,2 [34,8; 38,1]	36,4 [33,9; 38,5]	H=4,53, df=3 $p=0,209$

Для корректного формирования групп исследования проанализированы медицинские карты беременных, рожениц и родильниц, получающих медицинскую помощь в стационарных условиях. Всем пациенткам, включенным в исследование, проведено комплексное офтальмологическое обследование (визометрия, авторефрактометрия, тонометрия, офтальмоскопия), а также ультразвуковое исследование глаза и ретробульбарной части зрительного нерва с оболочками. А-сканирование с определением переднезадней оси (ПЗО), глубины передней камеры глаза (ПКГ) и

толщины хрусталика проводилось транскорнеально после инстилляции местных анестезирующих капель. В-сканирование проводилось транспальпебрально в двух проекциях (аксиальный и сагиттальный скан), определялся диаметр зрительного нерва без оболочек (ДБОЗН) и ДОЗН на расстоянии 3 мм от заднего полюса глаза. Средний ДОЗН и средний ДБОЗН рассчитывали как результат полусуммы данных показателей в двух проекциях (рис. 1).

Для верификации наличия спинномозговой жидкости в субарахноидальном пространстве всем пациенткам, включен-



**Рис. 1.** Схематическое изображение параметров оптической нейросонографии: ДОЗН — диаметр оболочки зрительного нерва, ДБОЗН — диаметр зрительного нерва без оболочек.

ным в исследование, проводился динамический тест  $30^\circ$ . При взгляде кнаружи происходит натяжение оболочек зрительного нерва и перераспределение субаракноидальной жидкости со смещением ее в сторону канала зрительного нерва. Тест считается положительным при уменьшении ДОЗН на 10% и более [13].

При проведении статистического анализа руководствовались принципами Международного комитета редакторов медицинских журналов (ICMJE) и рекомендациями «Статистический анализ и методы в публикуемой литературе» (SAMPL) [14]. Количественные данные проверяли на нормальность методом Шапиро–Уилка. Поскольку в исследуемых группах признаки имели распределение, отличное от нормального, для каждого показателя вычисляли медиану, нижний и верхний квартили (Me [25; 75]). Для сравнения четырех независимых групп по одному количественному признаку использовался *H*-критерий Краскела–Уоллиса, а при наличии статистической значимости различий проводили попарное сравнение двух независимых групп по *U*-критерию Манна–Уитни с поправкой Бонферрони ( $p < 0,0125$ ). Для оценки значимости динамических изменений применялся ранговый *t*-критерий Уилкоксона, который в

заключении SPSS автоматически преобразовывался в величину *Z* (*z*-score). Для оценки характера и силы взаимосвязей между показателями рассчитывали *r*-коэффициент корреляции Спирмена. Силу связи между исследуемыми параметрами определяли по шкале Чеддока. Сравнение номинальных показателей проводили при помощи критерия  $\chi^2$  с поправкой на правдоподобие. Учитывая проспективный анализ результативных и факторных признаков, оценку значимости различий номинальных данных проводили за счет определения относительного риска. Статистическая значимость (*p*) оценивалась исходя из значений 95% доверительного интервала (ДИ). Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel и IBM SPSS Statistics Version 25.0 (IBM Corp., США).

## Результаты

Значение параметров А-сканирования глаза в исследуемых группах представлено в таблице 2.

Проводилось В-сканирование интраорбитальной части зрительного нерва с оболочками в двух проекциях (аксиальный и сагиттальный скан) с последующим расчетом среднего значения ДОЗН до и

после проведения теста 30°. Показатель среднего ДОЗН в группе сравнения не имел статистически значимых различий по сравнению с контролем ( $U=160,0$ ;  $p=0,289$ ). В клинической группе с умерен-

ной пре-эклампсией средний ДОЗН был больше на 0,46 [0,37; 0,88] мм ( $U=0,0$ ;  $p < 0,001$ ), а при тяжелой преэклампсии — на 1,13 [0,94; 1,31] мм ( $U=0,0$ ;  $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем (табл. 3).

**Таблица 2.** Значение параметров А-сканирования глаза в исследуемых группах

Параметры	Контрольная группа	Группа сравнения	Клиническая группа		Тестовая статистика
			умеренная преэклампсия	тяжелая преэклампсия	
<i>n</i>	20	20	25	15	
Переднезадняя ось глаза, мм	22,7 [21,9; 23,5]	22,1 [20,4; 22,7]	22,9 [22,1; 23,0]	23,8 [22,9; 24,0]	H=25,55 df=3 $p < 0,001$
Глубина передней камеры глаза, мм	3,5 [3,1; 3,8]	2,9 [2,3; 3,3]	3,1 [3,1; 3,4]	3,3 [3,0; 3,5]	H=15,03 df=3 $p=0,002$
Толщина хрусталика	3,5 [3,4; 3,6]	3,7 [3,5; 4,2]	3,8 [3,5; 3,8]	3,5 [3,4; 3,5]	H=13,22 df=3 $p=0,004$

**Таблица 3.** Значение диаметра оболочек зрительного нерва до и после проведения динамического теста в исследуемых группах

Параметры		Контрольная группа	Группа сравнения	Клиническая группа		Тестовая статистика
				умеренная преэклампсия	тяжелая преэклампсия	
<i>n</i>		20	20	25	15	
ДОЗН в аксиальном скане, мм	до теста 30°	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=66,57 df=3 $p < 0,001$
	после теста 30°	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
ДОЗН в сагитальном скане, мм	до теста 30°	4,65 [4,58; 4,65]	4,61 [4,29; 4,74]	5,03 [4,90; 5,53]	5,78 [5,52; 5,96]	H=62,95 df=3 $p < 0,001$
	после теста 30°	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 ДОЗН, мм	до теста 30°	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=64,2 df=3 $p < 0,001$
	после теста 30°	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

*Примечание:* ДОЗН — диаметр оболочки зрительного нерва

После проведения теста  $30^\circ$  значение среднего ДОЗН в группе с гестационной артериальной гипертензией не имело статистически значимых различий по сравнению с контролем ( $U=100,0$ ;  $p=0,06$ ). В клинической группе с умеренной преэклампсией средний ДОЗН после динамического теста был больше на  $0,37$  [0,34; 0,85] мм ( $U=0,0$ ;  $p < 0,001$ ), а при тяжелой преэклампсии — на  $0,73$  [0,49; 0,96] мм ( $U=0,0$ ;  $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем. Динамический тест считается положительным при разнице между показателями до и после проведения теста более 10%. В контрольной группе разница в значении среднего ДОЗН составила  $1,96$  [0,22; 3,44]% ( $Z=-3,971$ ;  $p < 0,001$ ), в группе сравнения —  $0,43$  [2,58; 1,69]% ( $Z=-3,948$ ;  $p < 0,001$ ), в клинической группе с умеренной преэклампсией —  $3,57$  [0,82;

$1,66$ ]% ( $Z=-4,033$ ;  $p < 0,001$ ), а в клинической группе с тяжелой преэклампсией разница была максимальной и составила  $9,86$  [10,77; 8,4]% ( $Z=-3,191$ ;  $p=0,001$ ) (см. табл. 3).

Проводилось В-сканирование интраорбитальной части зрительного нерва без оболочек в двух проекциях (аксиальный и сагиттальный скан) с последующим расчетом среднего значения ДБОЗН. Показатель среднего ДБОЗН в группе сравнения не имел статистически значимых различий по сравнению с контролем ( $U=37,5$ ;  $p=0,140$ ). В клинической группе с умеренной преэклампсией средний ДБОЗН был увеличен на  $0,18$  [0,18; 0,22] мм ( $U=34,0$ ;  $p < 0,003$ ), а при тяжелой преэклампсии — на  $0,65$  [0,38; 0,56] мм ( $U=6,0$ ;  $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем (табл. 4).

**Таблица 4.** Значение толщины зрительного нерва без оболочек в исследуемых группах

Параметры	Контрольная группа	Группа сравнения	Клиническая группа		Тестовая статистика
			умеренная преэклампсия	тяжелая преэклампсия	
<i>n</i>	20	20	25	15	
ДБОЗН в аксиальном скане, мм	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 $p < 0,001$
ДБОЗН в сагиттальном скане, мм	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=32,5 df=3 $p < 0,001$
Средний ДБОЗН, мм	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 $p < 0,001$

*Примечание:* ДБОЗН — диаметр зрительного нерва без оболочек

При расчете соотношения средних ДОЗН и ДБОЗН выявлено, что в группе сравнения оно было ниже на  $0,11$  [0,09; 0,13] мм ( $U=12,0$ ;  $p=0,001$ ), в клинической группе с умеренной преэклампсией — на  $0,16$  [0,07; 0,23] мм ( $U=12,0$ ;  $p=0,001$ ) по сравнению с контролем. Отмечено, что в клинической группе с тяжелой преэклампсией соотношение ДОЗН и ДБОЗН не отличалось от контроля ( $U=57,0$ ;  $p=0,872$ ). После проведения динамического теста соотношение средних ДОЗН и ДБОЗН в контрольной группе уменьши-

лось на  $1,99$  [3,09; 0,0]% ( $Z=-2,699$ ;  $p=0,007$ ), в группе сравнения — на  $0,94$  [0,49; 2,29]% ( $Z=-2,399$ ;  $p=0,016$ ), в группе с умеренной преэклампсией — на  $5,07$  [7,62; 2,19]% ( $Z=-3,579$ ;  $p < 0,001$ ), а в группе с тяжелой преэклампсией — на  $9,69$  [12,63; 11,35]% ( $Z=-2,85$ ;  $p=0,004$ ) (табл. 5).

Частота встречаемости пациенток с тяжелой преэклампсией и среднего ДОЗН  $\geq 5,7$  мм составила  $32,5\%$  (13/40) от общего числа случаев преэклампсии ( $\chi^2=21,78$ ;  $p < 0,001$ ). При значении ДОЗН  $\geq 5,7$  мм

риск развития тяжелой преэклампсии возрастает более чем в 7 раз ( $RR=7,22$  [95% ДИ 2,45–21,26],  $p < 0,001$ ). Частота встречаемости пациенток с тяжелой преэклампсией и ДБОЗН  $>2,6$  мм составила 27,5% (11/40) от общего числа случаев преэклампсии ( $\chi^2=7,78$ ;  $p=0,005$ ). При значении ДБОЗН  $>2,6$  мм риск развития тяжелой преэклампсии возрастает более чем в 2,5 раза ( $RR=2,62$  [95% ДИ 1,3–5,27],  $p=0,005$ ).

Наглядные примеры клинических случаев, демонстрирующих диагностическую ценность вышеописанных методик исследования, приведены на рисунках 1–3.

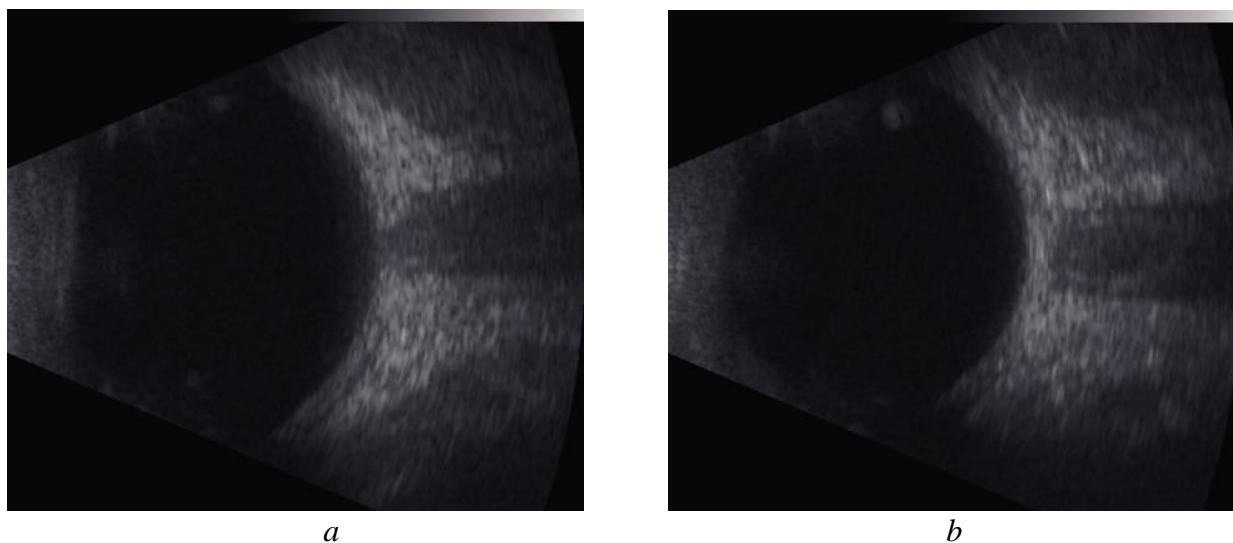
В ходе проведения корреляционного анализа обнаружена прямая корреляционная связь высокой силы между средним

ДОЗН и средним ДБОЗН ( $r=0,831$ ;  $p < 0,001$ ). Отмечено, что средний ДОЗН имеет прямую корреляционную связь умеренной силы с переднезадней осью глаза ( $r=0,491$ ;  $p < 0,001$ ), а также прямую корреляционную связь слабой силы с глубиной передней камеры глаза ( $r=0,259$ ;  $p=0,02$ ). Средний ДБОЗН имеет прямую корреляционную связь заметной силы с переднезадней осью глаза ( $r=0,507$ ;  $p=0,002$ ), прямую корреляционную связь умеренной силы с глубиной передней камеры глаза ( $r=0,379$ ;  $p=0,022$ ), а также обратную корреляционную связь заметной силы с толщиной хрусталика ( $r=-0,568$ ;  $p < 0,001$ ). Данные корреляционного анализа представлены в таблице 6.

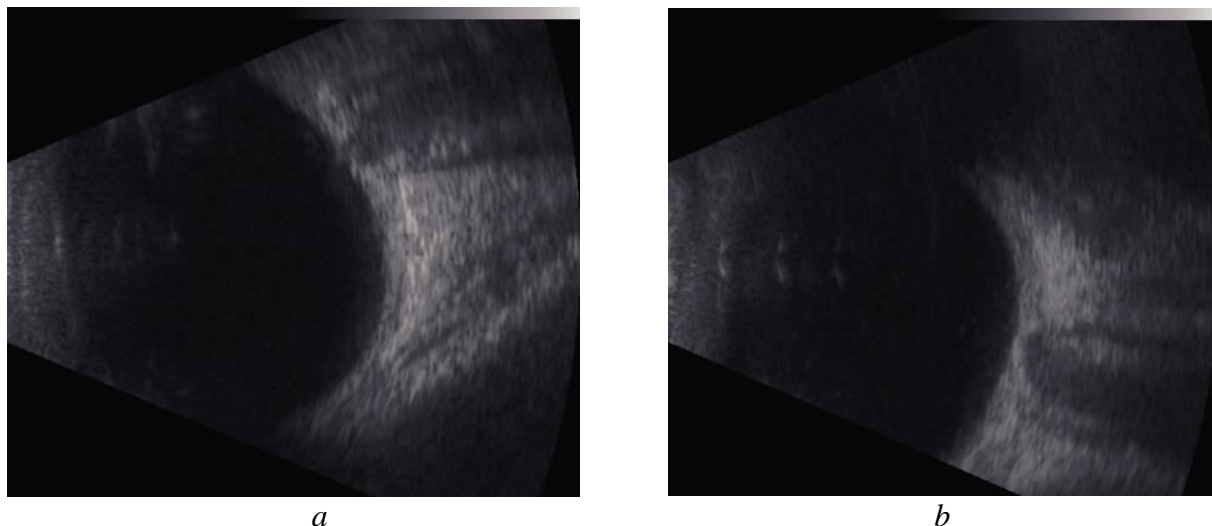
**Таблица 5.** Значение соотношения диаметра оболочек зрительного нерва к диаметру зрительного нерва без оболочек до и после проведения динамического теста в исследуемых группах

Параметры		Контрольная группа	Группа сравнения	Клиническая группа		Тестовая статистика
				умеренная преэклампсия	тяжелая преэклампсия	
<i>n</i>		20	20	25	15	
Среднее соотношение ДОЗН/ДБОЗН, мм	до теста 30°	2,01 [1,94; 2,05]	2,12 [2,03; 2,18]	2,17 [2,10; 2,28]	1,96 [1,90; 2,29]	H=15,57 df=3 $p=0,001$
	после теста 30°	1,97 [1,88; 2,05]	2,10 [2,02; 2,13]	2,06 [1,94; 2,23]	1,77 [1,66; 2,03]	H=13,22 df=3 $p=0,004$
Оценка значимости динамических изменений		Z=-2,699 $p=0,007$	Z=-2,399 $p=0,016$	Z=-3,579 $p < 0,001$	Z=-2,85 $p=0,004$	z-score

*Примечания:* ДОЗН — диаметр оболочки зрительного нерва; ДБОЗН — диаметр зрительного нерва без оболочек



**Рис. 2.** Пациентка с нормальной беременностью, 28 лет: *a* — аксиальный скан глаза и интраорбитальной части зрительного нерва; *b* — аксиальный скан глаза и интраорбитальной части зрительного нерва с оболочками.



**Рис. 3.** Пациентка с тяжелой преэклампсией, 32 года: *a* — аксиальный скан глаза и интраорбитальной части зрительного нерва с оболочками (визуализируется расширение межоболочечного пространства); *b* — сагиттальный скан глаза и интраорбитальной части зрительного нерва с оболочками (визуализируется расширение межоболочечного пространства).

**Таблица 6.** Результаты корреляционного анализа показателей ультразвукового исследования глаза и ретробульбарной части зрительного нерва

Коррелирующие признаки	Показатели корреляции	
	<i>r</i>	<i>p</i>
ДОЗН в аксиальном скане/ДБОЗН в сагиттальном скане	0,958	<0,001
ДОЗН в аксиальном скане/ДБОЗН в сагиттальном скане	0,834	<0,001
Среднее ДОЗН/Среднее ДБОЗН	0,831	<0,001
ДОЗН в аксиальном скане/ПЗО	0,476	<0,001
ДОЗН в сагиттальном скане/ПЗО	0,481	<0,001
Среднее ДОЗН/ПЗО	0,491	<0,001
ДОЗН в аксиальном скане/ПКГ	0,261	0,019
ДОЗН в сагиттальном скане/ПКГ	0,254	0,023
Среднее ДОЗН/ПКГ	0,259	0,02
ДОЗН в аксиальном скане/толщина хрусталика	0,122	0,28
ДОЗН в сагиттальном скане/толщина хрусталика	0,059	0,602
Среднее ДОЗН/толщина хрусталика	0,121	0,284
ДБОЗН в аксиальном скане/ПЗО	0,522	0,001
ДБОЗН в сагиттальном скане/ПЗО	0,54	0,001
Среднее ДБОЗН/ПЗО	0,507	0,002
ДБОЗН в аксиальном скане/ПКГ	0,436	0,009
ДБОЗН в сагиттальном скане/ПКГ	0,383	0,021
Среднее ДБОЗН/ПКГ	0,379	0,022
ДБОЗН в аксиальном скане/толщина хрусталика	-0,647	0,001
ДБОЗН в сагиттальном скане/толщина хрусталика	-0,397	0,017
Среднее ДБОЗН/толщина хрусталика	-0,568	<0,001

*Примечания:* ДОЗН — диаметр оболочки зрительного нерва; ДБОЗН — диаметр зрительного нерва без оболочек; ПЗО — переднезадняя ось; ПКГ — глубина передней камеры глаза

## Обсуждение

У беременных с преэклампсией ДОЗН может служить маркером отека головного мозга с повышением внутричерепного давления. Повышенное давление спинномозговой жидкости передается в субарахноидальное пространство интраорбитальной части зрительного нерва, расположенного непосредственно за глазом. Повышенное поступление ликвора приводит к растяжению оболочек зрительного нерва [8, 15]. Увеличение ДОЗН более 5,8 мм связано с риском повышения внутричерепного давления более 20 мм рт. ст. [16]. Согласно работе Chen Q. и соавт. (2017), трансбульбарное ультразвуковое исследование ДОЗН, ДБОЗН и субарахноидального пространства помогает диагностировать внутричерепную гипертензию у пациентов с двусторонним отеком ДЗН [17]. Методом В-сканирования можно верифицировать истинный отек (застойный) ДЗН, связанный с повышением внутричерепного давления, от псевдоотека в случае положительного динамического теста под углом 30°, при котором возникает разница в ДОЗН более чем 10% до и после поворота глаза кнаружи [13]. Наши данные о значительном снижении ДОЗН и соотношении ДОЗН/ДБОЗН после теста 30° при тяжелой преэклампсии расширяют эти представления.

Исследование Brzan Simenc G. и соавт. (2018) продемонстрировало, что мониторинг ДОЗН эффективен для выявления внутричерепной гипертензии у пациенток с преэклампсией [18]. Согласно данным, полученным Biswas J. и соавт. (2023), тяжелая преэклампсия с неврологическими нарушениями сопровождается увеличением ДОЗН [19]. В ходе исследования Omran A.S. и соавт. (2021) отмечено снижение ДОЗН у пациенток с тяжелой преэклампсией на фоне инфузии сульфата магния [20].

Комплексный анализ нескольких ультразвуковых параметров глаза и зрительного нерва считается более перспективным для неинвазивной оценки внутричерепного давления [11, 21]. Особую важ-

ность приобретает выявленная нами корреляция биометрических параметров А-сканирования глаза с ДОЗН и ДБОЗН. Это указывает на существенное влияние индивидуальных анатомических особенностей на абсолютные значения измерений, что является одной из причин вариабельности диагностических порогов ДОЗН, отмеченной в систематических обзорах [22]. Следовательно, использование единых пороговых значений без коррекции может приводить к диагностическим ошибкам. Полученные нами результаты обосновывают методологическую инновацию об использовании данных А-сканирования в качестве поправочного коэффициента для персонализации референсных диапазонов ДОЗН и ДБОЗН, что может стать шагом к стандартизации методики.

## Заключение

Ультразвуковое исследование интраорбитальной части зрительного нерва подтверждает свой статус многообещающего, безопасного метода для ранней диагностики церебральных осложнений при преэклампсии. Настоящее исследование демонстрирует, что тяжелая преэклампсия ассоциирована со статистически значимым увеличением диаметра оболочки зрительного нерва и диаметра зрительного нерва без оболочек. Результаты динамического теста 30° подтверждают патогенетическую связь между тяжелой преэклампсией и увеличением объема ликвора в оболочках зрительного нерва.

Особую научную и практическую ценность имеет выявленная корреляционная связь между параметрами А-сканирования глаза (переднезадней осью, глубиной передней камеры) и размерами зрительного нерва. Эта взаимосвязь обосновывает наше основное методологическое предложение: использовать данные А-сканирования в качестве поправочного коэффициента для расчета персонализированных референсных границ диаметра оболочки зрительного нерва и ДБОЗН, что позволяет учесть индивидуальные анато-

мические вариации и повысить точность диагностики.

Таким образом, внедрение в клиническую практику комплексного диагностического алгоритма, включающего В-сканирование зрительного нерва в двух проекциях, А-сканирование глаза и динамический тест 30°, может способствовать

оптимизации ведения беременных с гипертензивными расстройствами за счет свое-временного выявления групп риска. Для валидации и стандартизации данного протокола, а также для оценки его влияния на перинатальные исходы необходимы дальнейшие многоцентровые проспективные исследования.

### Список литературы | References

1. Wu P, Green M, Myers JE. Hypertensive disorders of pregnancy. *BMJ*. 2023;381:e071653. doi: 10.1136/bmj-2022-071653 EDN: NXJUPW
2. Ijomone OK, Osahon IR, Okoh COA, et al. Neurovascular dysfunctions in hypertensive disorders of pregnancy. *Metab Brain Dis*. 2021;36(6):1109–1117. doi: 10.1007/s11011-021-00710-x EDN: HELNTB
3. Waghmare S, Juneja A, Samanta R, Gaurav A. Posterior reversible encephalopathy syndrome-associated bilateral cortical blindness as presenting feature of severe pre-eclampsia. *BMJ Case Rep*. 2021;14(7):e244797. doi: 10.1136/bcr-2021-244797 EDN: NRTWRL
4. Mahendra V, Clark SL, Suresh MS. Neuropathophysiology of preeclampsia and eclampsia: A review of cerebral hemodynamic principles in hypertensive disorders of pregnancy. *Pregnancy Hypertens*. 2021;23:104–111. doi: 10.1016/j.preghy.2020.10.013 EDN: NCKFKW
5. Torres-Torres J, Espino-Y-Sosa S, Martinez-Portilla R, et al. A Narrative Review on the Pathophysiology of Preeclampsia. *Int J Mol Sci*. 2024;25(14):7569. doi: 10.3390/ijms25147569 EDN: LFFGXO
6. Taskina ES, Kibalina IV, Mudrov VA. Pathogenetic mechanisms of papilledema development on preeclampsia. *The Transbaikal Medical Bulletin*. 2024;(3):100–111. doi: 10.52485/19986173\_2024\_3\_100 EDN: ALXRKS
7. Anton N, Bogdănici CM, Branişteanu DC, et al. A Narrative Review on Neuro-Ophthalmological Manifestations That May Occur during Pregnancy. *Life (Basel)*. 2024;14(4):431. doi: 10.3390/life14040431 EDN: XYPXBO
8. Pichamuthu K. Optic Nerve Sheath Ultrasound: Where do We Go from Here? *Indian J Crit Care Med*. 2021;25(4):360–361. doi: 10.5005/jp-journals-10071-23795 EDN: UKRQYT
9. Robba C, Cardim D, Tajsic T, et al. Ultrasound non-invasive measurement of intracranial pressure in neurointensive care: A prospective observational study. *PLoS Med*. 2017;14(7):e1002356. doi: 10.1371/journal.pmed.1002356
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: 10.1186/s12884-022-04548-8 EDN: NMGSSS
11. 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. doi: 10.52420/umj.24.4.103 EDN: NZEFFT
12. Bozdoğan Z, Şenel E, Özmuk Ö, et al. Comparison of Optic Nerve Sheath Diameters Measured by Optic Ultrasonography Before and After Lumbar Puncture in Idiopathic Intracranial Hypertension Patients. *Noro Psikiyatrs Ars*. 2023;60(2):117–123. doi: 10.29399/npa.28074 EDN: BJDVEQ
13. Kohli AA, Pistilli M, Alfaro C, et al. Role of Ocular Ultrasonography to Distinguish Papilledema From Pseudopapilledema. *J Neuroophthalmol*. 2021;41(2):206–211. doi: 10.1097/wno.0000000000000984 EDN: QUKEJA
14. 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. *Int J Nurs Stud*. 2015; 52(1):5–9. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2014.09.006
15. Martínez-Palacios K, Vásquez-García S, Fariyike OA, et al.; Noninvasive ICP monitoring international consensus group. Using Optic Nerve Sheath Diameter for Intracranial Pressure (ICP) Monitoring in Traumatic Brain Injury: A Scoping Review. *Neurocrit Care*. 2024;40(3):1193–1212. doi: 10.1007/s12028-023-01884-1 EDN: GFMH DU
16. Geeraerts T, Merceron S, Benhamou D, et al. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients. *Intensive Care Med*. 2008;34(11):2062–2067. doi: 10.1007/s00134-008-1149-x EDN: IFKWFK
17. Chen Q, Chen W, Wang M, et al. High-resolution transbulbar ultrasonography helping differentiate intracranial hypertension in bilateral optic disc oedema patients. *Acta Ophthalmol*. 2017;95(6):e481–e485. doi: 10.1111/aos.13473
18. Brzan Simenc G, Ambrozic J, Prokselj K, et al. Ocular ultrasonography for diagnosing increased intracranial pressure in patients with severe preeclampsia. *Int J Obstet Anesth*. 2018;36:49–55. doi: 10.1016/j.ijoa.2018.06.005

19. Biswas J, Khatun N, Bandyopadhyay R, et al. Optic nerve sheath diameter measurements using ultrasonography to diagnose raised intracranial pressure in preeclampsia: an observational study. *J Turk Ger Gynecol Assoc.* 2023;24(1):5–11. doi: 10.4274/jtggg.galenos.2022.2022-3-3 EDN: DRANTC
20. Omran AS, El Ansari T, Riad W. Effect of magnesium sulphate on the intracranial pressure of preeclampsia patients using ultrasound-guided optic nerve sheath diameter: A pilot study. *Saudi J Anaesth.* 2021;15(1):14–18. doi: 10.4103/sja.sja\_887\_20
21. Yu Z-Y, Xing Y-Q, Li C, et al. Ultrasonic optic disc height combined with the optic nerve sheath diameter as a promising non-invasive marker of elevated intracranial pressure. *Front Physiol.* 2023; 14:957758. doi: 10.3389/fphys.2023.957758 EDN: ZCKWYO
22. Robba C, Santori G, Czosnyka M, et al. Optic nerve sheath diameter measured sonographically as non-invasive estimator of intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2018;44(8):1284–1294. doi: 10.1007/s00134-018-5305-7 EDN: FSHDNY

## Дополнительная информация | Additional Information

**Этическая экспертиза.** Проведение исследования одобрено Локальным этическим комитетом Читинской государственной медицинской академии (Протокол № 129 от 27.04.2024). Все участники исследования подписали форму информированного добровольного согласия до включения в исследование.

**Согласие на публикацию.** Авторы получили письменное информированное согласие пациентов на публикацию персональных данных в научном журнале, включая его электронную версию. Объем публикуемых данных с пациентами согласован.

**Источники финансирования.** Отсутствуют.

**Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

**Оригинальность.** При создании статьи авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

**Генеративный искусственный интеллект.** При создании статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

**Рецензирование.** В рецензировании участвовали два рецензента и член редакционной коллегии издания.

### Об авторах:

\***Таскина Елизавета Сергеевна**, канд. мед. наук, доцент; адрес: Российская Федерация, 672000, Чита, ул. Горького, д. 39а; ORCID: 0000-0002-6223-8888; eLibrary SPIN: 5687-2122; e-mail: taskins@yandex.ru

**Мудров Виктор Андреевич**, д-р мед. наук, доцент; ORCID: 0000-0002-5961-5400; eLibrary SPIN: 5821-3203; e-mail: mudrov\_viktor@mail.ru

**Кибалина Ирина Владимировна**, д-р мед. наук, доцент; ORCID: 0000-0003-4390-183X; eLibrary SPIN: 6085-1292; e-mail: physiology\_chgma@mail.ru

### Вклад авторов:

Таскина Е.С. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка, написание текста. Мудров В.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование. Кибалина И.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

**Ethics approval.** The study was approved from the Local Ethics Committee of the Chita State Medical University (Protocol No. 129 of April 27, 2024). All participants of study voluntarily signed an informed consent form before being included in the study.

**Consent for publication.** The authors obtained written informed consent from patients to publish their personal data in a scientific journal, including its electronic version. The scope of the published data was agreed upon with the patients.

**Funding sources.** No funding.

**Disclosure of interests.** The authors have no relationships, activities or interests related with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

**Statement of originality.** The authors did not use previously published information (text, illustrations, data) when creating work.

**Generative AI.** Generative AI technologies were not used for this article creation.

**Peer-review.** Two reviewers and a member of the editorial board participated in the review.

### Authors' info:

\***Elizaveta S. Taskina**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor; address: 39a Gorky st, Chita, Russian Federation, 672000; ORCID: 0000-0002-6223-8888; eLibrary SPIN: 5687-2122; e-mail: taskins@yandex.ru

**Viktor A. Mudrov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor; ORCID: 0000-0002-5961-5400; eLibrary SPIN: 5821-3203; e-mail: mudrov\_viktor@mail.ru

**Irina V. Kibalina**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor; ORCID: 0000-0003-4390-183X; eLibrary SPIN: 6085-1292; e-mail: physiology\_chgma@mail.ru

### Contribution of the authors:

Taskina E.S. — concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing the text. Mudrov V.A. — concept and design of the study, editing. Kibalina I.V. — concept and design of the study, editing. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.