

Научная статья

УДК 617.735

DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2024-2-5-13>

## Оценка фовеальной гипоплазии у недоношенных детей как прогностический фактор формирования центрального зрения

Р. Атамурадов<sup>1</sup>, И.Б. Асташева<sup>1</sup>, М.Р. Гусева<sup>1</sup>, В.В. Маренков<sup>2</sup>, Ю.А. Кюн<sup>3</sup>, А.Р. Баранова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минзграва России, Москва, Россия

<sup>2</sup>ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

<sup>3</sup>ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

### РЕФЕРАТ

**Цель.** Оценка фовеальной гипоплазии (ФГ) у недоношенных детей как прогностический фактор формирования центрального зрения. **Материал и методы.** Обследован 61 пациент (118 глаз), рожденный недоношенным (гестационный возраст 24 – 34 неделя, масса тела при рождении 690 – 2700 г), в возрасте 8,83±3,5 года. Среди недоношенных детей у 22 пациентов (36%) в анамнезе был самопроизвольный регресс ретинопатии недоношенных (РН), у 31 (51%) – лазерная коагуляция сетчатки по поводу РН, 8 (13%) недоношенных пациентов были без РН. Всем детям определена максимальная скорректированная острота зрения (МКОЗ) по таблицам Сивцева и Орловой, проведены оптическая когерентная томография (ОКТ), регистрация зрительных вызванных потенциалов (ЗВП). **Результаты.** Нами было отмечено 4 степени ФГ у недоношенных детей: 1-я степень – отсутствует экстрюзия плексиформных слоев, фовеальное углубление выражено (МКОЗ в среднем 0,91±0,1);

2-я степень – слабовыраженное фовеальное углубление, отсутствие экстрюзии плексиформных слоев (МКОЗ в среднем 0,83±0,2); 3-я степень – фовеальное углубление и экстрюзия плексиформных слоев отсутствуют, наблюдалось сохранение удлинения наружных сегментов фоторецепторов и утолщения наружного ядерного слоя (МКОЗ в среднем 0,7±0,2); 4-я степень – фовеальное углубление, экстрюзия плексиформных слоев и удлинение наружных сегментов фоторецепторов отсутствуют, сохраняется утолщение внутреннего ядерного слоя (МКОЗ в среднем 0,4±0,2). Достоверное отличие МКОЗ от нормы отмечено при ФГ 4-й степени ( $p<0,05$ ). **Заключение.** Выделены разные степени ФГ, которые могут быть использованы как прогностический фактор остроты зрения у недоношенных детей. У детей с 4-й степенью ФГ можно ожидать некорректируемое снижение остроты зрения.

**Ключевые слова:** фовеальная гипоплазия (ФГ), ретинопатия недоношенных (РН), оптическая когерентная томография (ОКТ), макула, зрительные вызванные потенциалы (ЗВП)

**Для цитирования:** Атамурадов Р., Асташева И.Б., Гусева М.Р., Маренков В.В., Кюн Ю.А., Баранова А.Р. Оценка фовеальной гипоплазии у недоношенных детей как прогностический фактор формирования центрального зрения. Российская детская офтальмология. 2024;2(48): 5–13. DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2024-2-5-13>

**Автор, ответственный за переписку:** Рустем Атамурадов, [rustembala@mail.ru](mailto:rustembala@mail.ru)

### ABSTRACT

Original article

#### Assessment of foveal hypoplasia in premature infants as a prognostic factor in the formation of central vision

R. Atamuradov<sup>1</sup>, I.B. Astasheva<sup>1</sup>, M.R. Guseva<sup>1</sup>, V.V. Marenkov<sup>2</sup>, Yu.A. Kyun<sup>3</sup>, A.R. Baranova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Yudina City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>Morozov Children's City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

**Purpose.** Assessment of foveal hypoplasia (FH) in premature infants as a prognostic factor in the formation of central vision. **Material and methods.** We've examined 61 patients (118 eyes) aged 8.83±3.5 years who were born prematurely (gestational age 24 – 34 weeks, birth weight 690 – 2,700 grams). Among the preterm

infants, 22 (36%) had a history of spontaneous regression of retinopathy of prematurity (ROP), 31 (51%) had laser retinal photocoagulation for ROP and 8 (13%) preterm patients were without ROP. All children were assessed for the best corrected visual acuity (BCVA) according to the Sivtsev and Orlova tables,

optical coherence tomography (OCT), and registration of visual evoked potentials (VEP). **Results.** We have noted 4 degrees of FH in preterm infants: 1st degree – no extrusion of plexiform layers, foveal depression is significant (BCVA on average  $0.91 \pm 0.1$ ); 2nd degree – mild foveal depression, no extrusion of plexiform layers (BCVA on average  $0.83 \pm 0.2$ ); 3rd degree – absence of foveal depression and extrusion of plexiform layers, elongation of photoreceptor outer segments and thickening of the outer nuclear layer were observed (BCVA on average  $0.7 \pm 0.2$ ); 4th degree – foveal depression, extrusion of plexiform layers and

elongation of photoreceptor outer segments are absent, thickening of the inner nuclear layer is preserved (BCVA on average  $0.4 \pm 0.2$ ). A significant difference of BCVA from the norm was noted at 4th degree ( $p < 0.05$ ). **Conclusion.** Different degrees of FH have been identified, which can be used as a prognostic factor of visual acuity in premature infants. An uncorrectable decrease in visual acuity can be expected in children with 4th degree FH.

**Key words:** foveal hypoplasia (FH), retinopathy of prematurity (ROP), optical coherence tomography (OCT), macula, visual evoked potentials (VEP)

**For citation:** Atamuradov R., Astasheva I.B., Guseva M.R., Marenkov V.V., Kyun Yu.A., Baranova A.R. Assessment of foveal hypoplasia in premature infants as a prognostic factor in the formation of central vision. *Rossiyskaya detskaya oftalmologiya*. 2024;2(48): 5–13. DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2024-2-5-13>

**Corresponding author:** Rustem Atamuradov, [rustembala@mail.ru](mailto:rustembala@mail.ru)

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Фовеальная область сетчатки (фовеа) отличается особой архитектурой ретинальных слоев. В норме по направлению к центру фовеа наблюдается постепенное исчезновение внутренних слоев сетчатки, увеличение толщины наружного ядерного слоя. Характерна высокая плотность колбочек и отсутствие палочек в этой зоне. Наружные сегменты фоторецепторов в центре фовеа имеют большую длину, что увеличивает расстояние между комплексом «пигментный эпителий/мембрана Бруха» и эллипсоидной зоной фоторецепторов [1].

Фовеа является одной из последних зон сетчатки, достигающих зрелости. Нормальное развитие фовеальной депрессии происходит постепенно. Этот процесс начинается примерно на 24–27-й неделе гестационного возраста (ГВ) и продолжается до 3–4-летнего возраста [2, 3]. Формирование фовеального углубления предположительно начинается с вертикального сокращения центральных клеток Мюллера. После этого тангенциальное сокращение сети астроцитов в слое нервных волокон и ганглиозных клеток приводит к расширению фовеа за счет центробежного смещения ганглиозных клеток. Это вызывает наклон внутренних слоев сетчатки в этой зоне. В результате горизонтального сокращения клеточных островков Мюллера в наружном плексиформном слое и центростремительного смещения фоторецепторов образуется естественное фовеальное углубление [4]. У преждевременно рожденных детей процесс формирования фовеальной зоны нарушен вследствие незавершенности эмбриогенеза сетчатки и/или в результате вазопрлиферативного процесса при ретинопатии недоношенных (РН) [5, 12].

РН – это заболевание глаз, приводящее к морфофункциональным изменениям сетчатки у недоношенных детей и являющееся одной из самых частых

причин инвалидизации по зрению в детстве [6, 18]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, за последнее десятилетие 152 млн детей родились недоношенными [7]. В связи с улучшением условий выхаживания, увеличивается выживаемость недоношенных младенцев, возрастает количество заболеваний глаз у данного контингента детей [8]. Изучение характерных особенностей формирования фовеальной области у недоношенных детей и своевременная коррекция патологических состояний является актуальной задачей.

После появления оптической когерентной томографии (ОКТ) стало возможным получать высококачественные изображения микроструктур глаза. В зарубежной литературе имеется ряд работ, посвященных исследованию сетчатки у недоношенных детей, в которых использовали ОКТ. С появлением ОКТ стало возможным определить разные стадии задержки развития фовеа [9, 10]. Это привело к появлению различных терминов, таких как «фовеальная гипоплазия», «плоская фовеа».

Фовеальная гипоплазия (ФГ) – полное или почти полное отсутствие фовеального углубления в центре макулярной области. Офтальмоскопически проявляется деформацией или отсутствием фовеального светового рефлекса. ФГ наблюдается у пациентов с РН, альбинизмом, ахроматопсией, нанофтальмом, с мутацией в гене *PAX6*, а также как самостоятельная патология [11, 14].

В 2011 г. M.G. Thomas и соавт. опубликовали классификацию степеней ФГ: 1-я степень характеризовалась отсутствием экстррузии плексиформных слоев и неглубоким фовеальным углублением; при 2-й степени фовеальное углубление вовсе отсутствовало; 3-я степень гипоплазии отличалась от 2-й отсутствием удлинения наружных сегментов фоторецепторов; при 4-й степени ФГ наблюдалось отсутствие следующих признаков: экстррузии плексиформных слоев,

фовеального углубления, удлинения наружных сегментов фоторецепторов и утолщения наружного ядерного слоя. Авторами была обнаружена обратная пропорциональная зависимость между степенью ФГ и остротой зрения [3].

М.А. Wilk и соавт. на основании обследования пациентов с альбинизмом предложили выделить 2 варианта 1-й степени ФГ по классификации M.G. Thomas. При степени 1а наблюдаются почти нормальные показатели фовеального углубления, при степени 1б фовеальная ямка представляет собой лишь неглубокое углубление [13]. Во всех представленных исследованиях принимали участие только доношенные дети.

Л.А. Катаргиной и соавт. было изучено формирование фовеолярной зоны сетчатки у детей, перенесших РН. Было установлено, что с возрастом уменьшается число глаз с отсутствием фовеальной депрессии, что указывает на продолжающийся процесс дифференцировки макулы у детей до 3 лет [5].

Таким образом, в научной литературе большинство работ посвящены ФГ у доношенных детей с врожденной патологией, а именно: альбинизмом, ахроматопсией, нанофтальмом, мутациями в гене *PAX6* как самостоятельной патологией. Информации о формировании ФГ у недоношенных детей в литературе мало, что требует дальнейшего изучения.

## ЦЕЛЬ

Оценка ФГ у недоношенных детей как прогностический фактор формирования центрального зрения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследован 61 пациент (118 глаз), рожденный недоношенным (ГВ 24–34 недель, масса тела при рождении 690–2700 г), в возрасте  $8,83 \pm 3,5$  года. Среди недоношенных детей у 22 детей (36%) в анамнезе был самопроизвольный регресс РН, у 31 (51%) была лазерная коагуляция сетчатки по поводу РН. У 8 (13%) недоношенных пациентов РН не было. Из исследования были исключены глаза с грубыми изменениями сетчатки, центральной ее отслойкой и с помутнениями оптических сред.

Кроме стандартного офтальмологического обследования (визометрия, рефрактометрия, скиаскопия, биомикроскопия, бинокулярная обратная офтальмоскопия), детям проводились ОКТ макулярной зоны с помощью оптического когерентного томографа Optovue RTVue-100 и регистрация зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на установке Tomey EP 1000. При проведении ОКТ использовался режим линейных сканов (cross line) для оценки степени ФГ и оценки толщины внутренних слоев сетчатки. Среди обследованных нами пациентов было

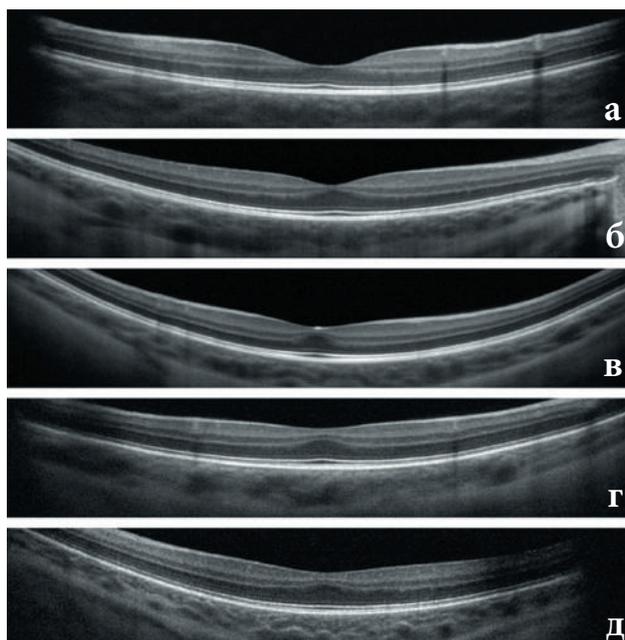


Рис. 1. Линейные сканограммы пациентов с фовеальной гипоплазией (ФГ): а – норма; б – ФГ 1-й степени; в – ФГ 2-й степени; г – ФГ 3-й степени; д – ФГ 4-й степени

Fig. 1. Linear scanograms of patients with foveal hypoplasia (FH): a – normal; б – 1st degree; в – 2nd degree; г – 3rd degree; д – 4th degree

выделено 4 группы ФГ. С помощью программы Microsoft Office Excel был проведен статистический анализ. Для сравнения различий между группами использовался критерий Стьюдента. Для определения корреляции использовался коэффициент корреляции Пирсона и Спирмена. Изучена медицинская документация, собран анамнез.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

*Структурная оценка фовеа по данным ОКТ.* Для оценки степени ФГ мы взяли за основу классификацию M. Thomas и дополнили ее с учетом особенностей недоношенных детей. На рисунке 1 (а) представлена фовеа в норме. По результатам анализа структурных характеристик фовеа выделены 4 степени ФГ:

1. Отсутствует экстррузия плексиформных слоев. Фовеальное углубление выражено, наружные сегменты фоторецепторов удлинены, наружный ядерный слой расширен (рис. 1 б).

2. Отсутствует экстррузия плексиформных слоев, слабо выражена глубина фовеальной депрессии (глубина и диаметр сильно отличаются от среднего нормального значения). Наружные сегменты фоторецепторов удлинены, наружный ядерный слой расширен (рис. 1 в).

3. Экстррузия плексиформных слоев и фовеальное углубление отсутствуют. Наружные сегменты

Таблица 1

Толщина внутренних слоев сетчатки в фовеа у детей с фовеальной гипоплазией

Table 1

Thickness of inner retinal layers of fovea in children with foveal hypoplasia

Степень ФГ Degree of FH	Среднее значение толщины внутренних слоев сетчатки в центре фовеа, мкм Mean value of inner retinal layer's thickness at the center of the fovea, $\mu\text{m}$ (M $\pm\sigma$ )
1	26,73 $\pm$ 7,2
2	46,4 $\pm$ 9,4
3	65,65 $\pm$ 12,6
4	72,75 $\pm$ 13,2

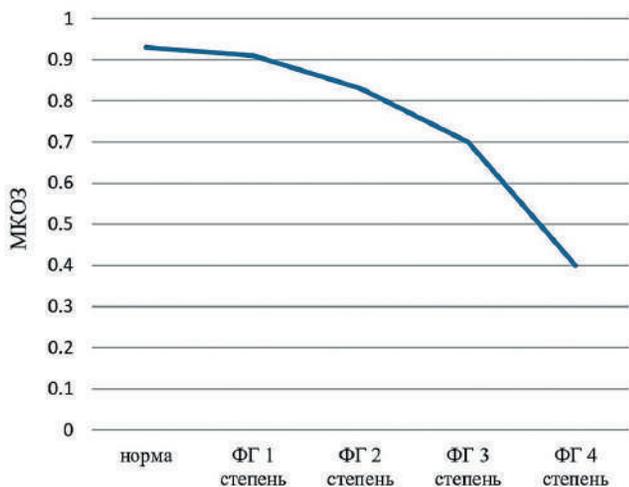


Рис. 2. Зависимость максимально скорректированной остроты зрения от степени фовеальной гипоплазии

Fig. 2. Best corrected visual acuity dependence on the degree of foveal hypoplasia

фоторецепторов удлинены, наружный ядерный слой расширен (рис. 1 г).

4. Экструзия плексиформных слоев, фовеальное углубление и удлинение наружных сегментов фоторецепторов отсутствуют. Сохраняется утолщение внутреннего ядерного слоя в фовеа (рис. 1 д).

Известно, что в норме внутренние слои сетчатки в центре фовеолярной области отсутствуют. У детей с нарушением формирования фовеа наблюдается сохранение внутренних слоев, толщина их прямо пропорциональна степени ФГ (табл. 1).

Нами обнаружена обратная пропорциональная корреляционная связь между степенью ФГ и максимальной скорректированной остротой зрения (МКОЗ) ( $p < 0,05$ ) (рис. 2). Исходя из полученных данных, достоверное отличие остроты зрения от нормы наблюдалось у детей с 4-й степенью ФГ ( $p < 0,05$ ) (табл. 2).

Степень ФГ увеличивалась обратно пропорционально ГВ и массе тела при рождении (табл. 3). Наиболее тяжелая, 4-я степень ФГ отмечалась у детей с ГВ в среднем  $27 \pm 1,7$  недели и массой тела при рождении  $1017 \pm 240$  г. Тогда как 1-я степень ФГ встречалась у детей с ГВ  $29 \pm 2,1$  недели и массой тела при рождении  $1395 \pm 436$  г.

Оценка функционального состояния зрительного анализатора по данным паттерн-зрительных вызванных потенциалов (ПЗВП). У пациентов с 1-й степенью ФГ: ПЗВП обоих глаз (OU) хорошо выделяются из фоновой ритмики на структурированный стимул. Сохранены по конфигурации, латентности и амплитуде, незначительно асимметричны (OD > OS). Достоверных данных за патологию макулярной зоны, зрительного нерва и проводящих путей не обнаружено (рис. 3).

Во всех остальных группах пациентов с ФГ 2, 3 и 4-й степени отмечен разброс показателей по данным ЗВП. В большинстве случаев были выявлены умеренные органические изменения макулярной зоны и проводящих путей. Характерны задержка латентности, снижение амплитуды, нарушение конфигурации на структурированный стимул и сохранность конфигурации и латентности на гомогенное поле (рис. 4). На OU при бинокулярной регистрации ЗВП хорошо выделяется из фоновой ритмики на гомогенное поле. Сохранены по конфигурации и латентности, снижены по амплитуде. На OU при бинокулярной регистрации ПЗВП плохо выделяются из фоновой ритмики на структурированный стимул. Нарушены по конфигурации, сохранены по латентности, снижены по амплитуде. На OU достоверных данных за патологию зрительного нерва и проводящих путей не обнаружено. Можно говорить о ФГ.

## ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования мы выделили 4 степени ФГ у недоношенных детей. У всех пациентов с ФГ наблюдалось сохранение внутренних слоев сетчатки, что указывает на неполное созревание фовеа. Каждая степень ФГ демонстрирует остановку развития фовеа на разных этапах, при 1-й и 2-й степени нарушено центробежное смещение внутренних слоев сетчатки, что приводит к слабовыраженному или практически отсутствующему фовеальному углублению. При 3-й и 4-й степени этот процесс вовсе отсутствовал и фовеального углубления не отмеча-

Таблица 2

Максимальная корригированная острота зрения у детей в зависимости от степени фoveальной гипоплазии

Table 2

Children's best corrected visual acuity depending on the degree of foveal hypoplasia

Степень ФГ Degree of FH	Количество глаз Number of eyes абс. (%)	МКОЗ BCVA (M±σ)
Норма Normal	32 (27,12)	0,93±0,1
1	19 (16,1)	0,91±0,1
2	30 (25,42)	0,83±0,2
3	27 (22,9)	0,7±0,2
4	10 (8,47)	0,4±0,2

Таблица 3

Встречаемость различных степеней фoveальной гипоплазии в зависимости от гестационного возраста и массы тела при рождении

Table 3

Occurrence of different degrees of foveal hypoplasia according to gestational age and birth weight

Степень ФГ Degree of FH	Количество глаз Number of eyes абс. (%)	Гестационный возраст Gestational age (M±σ)	Масса при рождении, г Birth weight, g (M±σ)
Норма Normal	32 (27,12)	29±2,5	1385±447
1	19 (16,1)	29±2,1	1395±436
2	30 (25,42)	27±1,9	1187±364
3	27 (22,9)	27±1,7	996±270
4	10 (8,47)	27±1,7	1017±240

лось. Удлинение наружных сегментов указывает на специализацию фоторецепторов, которая отсутствует при 4-й степени ФГ. Специализацией фоторецепторов называют истончение и увеличение плотности фoveальных колбочек.

В нашем исследовании мы обнаружили прямую пропорциональную зависимость толщины внутренних слоев сетчатки от степени ФГ. МКОЗ у обследованных нами детей также имела зависимость от степени ФГ. Хотелось отметить, что МКОЗ была снижена во всех случаях с ФГ. Однако статистически достоверные отличия остроты зрения от нормы были обнаружены только у детей с 4-й степенью ФГ.

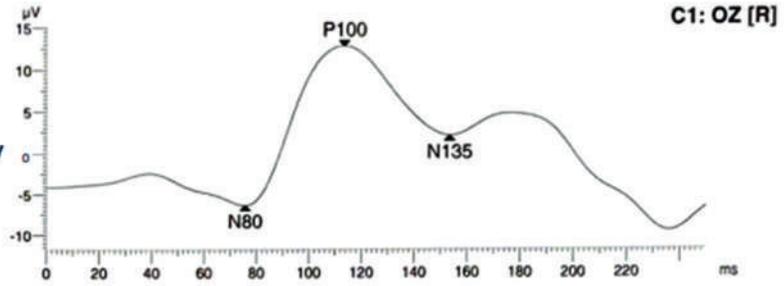
M.G. Thomas и соавт., обследовав пациентов с альбинизмом, отметили, что для данной группы пациентов характерно отсутствие утолщения наруж-

ного ядерного слоя при 4-й степени ФГ, что указывает на нарушение центростремительного смещения фоторецепторов [3]. В нашем исследовании ни у кого из обследованных нами недоношенных детей не было обнаружено отсутствие утолщения наружного ядерного слоя. Данный факт может быть объяснен выборкой пациентов. M.G. Thomas и соавт. обследовали пациентов с генетическими заболеваниями (альбинизм, ахроматопсией, мутация в гене *PAX6*). В нашем исследовании приняли участие недоношенные дети без генетически обусловленной патологии.

Использование ОКТ для определения степени ФГ у детей с недоношенностью в анамнезе может быть прогностическим фактором зрительных функций. Обнаруженная нами обратная пропорциональная корреляционная связь между степенью ФГ и

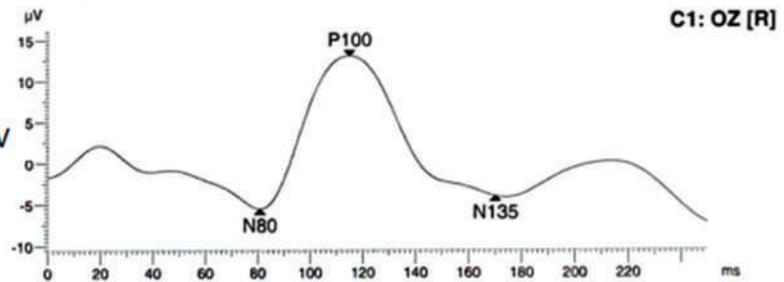
**1. Шаг: Паттерн 1.0**

Маркер N80: 75.7ms -6.4 $\mu$ V  
Маркер P100: 113.2 ms 19,2  $\mu$ V



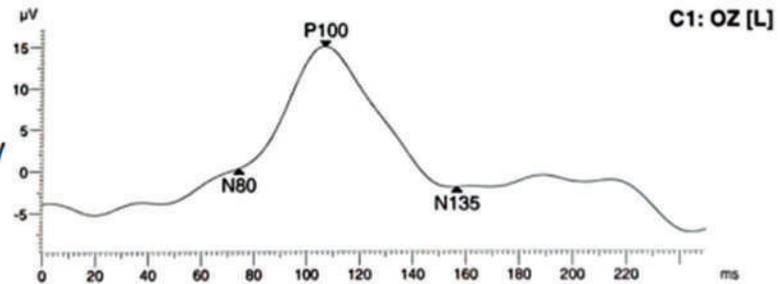
**2. Шаг: Паттерн 0.3**

Маркер N80: 80.7ms -5.6  $\mu$ V  
Маркер P100: 114.8 ms 18,7  $\mu$ V



**3. Шаг: Паттерн 1.0**

Маркер N80: 74.2ms 0.3  $\mu$ V  
Маркер P100: 107.1 ms 14,7  $\mu$ V



**4. Шаг: Паттерн 0.3**

Маркер N80: 87.3 ms -3.3  $\mu$ V  
Маркер P100: 110.7 ms 13,7  $\mu$ V

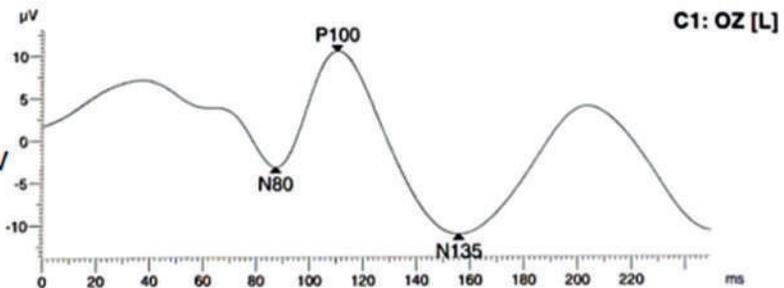


Рис. 3. Зрительные вызванные потенциалы пациентов с 1-й степенью фовеальной гипоплазии

Fig. 3. Patient's visually evoked potentials with 1st degree of foveal hypoplasia

МКОЗ подтверждает наши выводы. К преимуществам этого метода стоит отнести неинвазивность и высокую информативность. С появлением портативного ОКТ расширился спектр диагностических возможностей, метод начинает приобретать популярность и среди детских врачей. У маленьких детей применение портативного ОКТ для оценки гипоплазии может помочь предсказать будущую остроту зрения.

Нами отмечено, что степень ФГ увеличивалась обратно пропорционально ГВ и массе тела при рождении. Этот факт можно объяснить как нарушением формированием сетчатки у глубоко недоно-

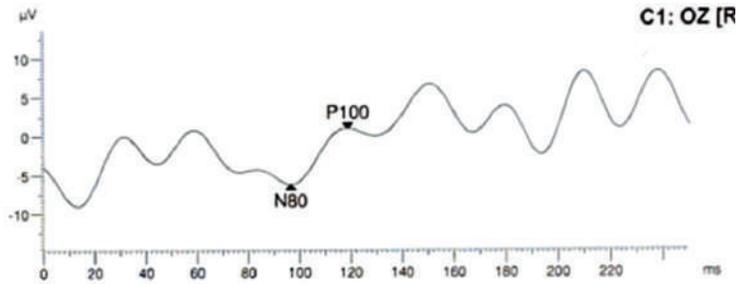
шенных детей, так и влиянием тяжелых форм РН на развитие центральной зоны сетчатки.

При анализе результатов ЗВП у детей с 1-й степенью ФГ достоверных данных за патологию макулярной зоны, зрительного нерва и проводящих путей нами не обнаружено. Во всех остальных группах пациентов с ФГ был отмечен разброс показателей по данным ЗВП. В большинстве случаев были выявлены умеренные органические изменения макулярной зоны и проводящих путей.

По данным некоторых авторов, гистологические и ОКТ-исследования показали, что все перечислен-

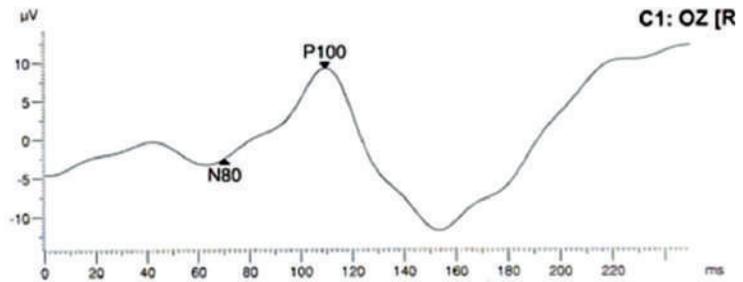
**1. Шаг: Паттерн 60 мин**

Маркер N80: 96.4ms -6.2 $\mu$ V  
Маркер P100: 118.5 ms 7,2  $\mu$ V



**2. Шаг: ГП (гомогенное поле)**

Маркер N80: 70.2ms -2.5  $\mu$ V  
Маркер P100: 109.6 ms 11,8  $\mu$ V



**3. Шаг: Паттерн 60 мин**

Маркер N80: 78.8 ms -3.1 $\mu$ V  
Маркер P100: 139.9 ms 6,6  $\mu$ V

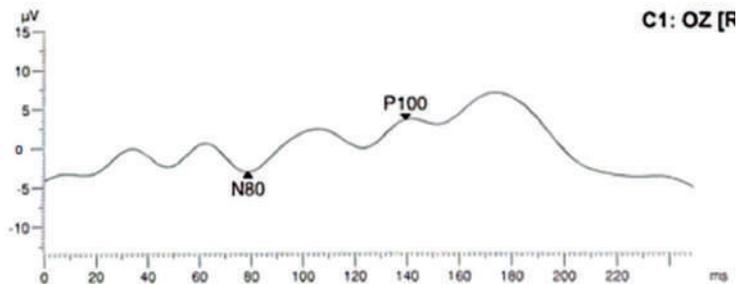


Рис. 4. Зрительные вызванные потенциалы пациентов со 2–4-й степенью фовеальной гипоплазии

Fig. 4. Patient's visually evoked potentials with 2nd – 4th degrees of foveal hypoplasia

ные признаки ФГ можно обнаружить с рождения ребенка. Однако необходимо помнить, что анатомически и функционально сетчатка у недоношенных детей не зрелая к моменту рождения. У недоношенных детей параметры ЗВП достигают показателей доношенных детей к 6 месяцам после рождения, а нормальное морфологическое развитие макулярной зоны продолжается до 3–4-летнего возраста [14–17].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выделены разные степени ФГ, которые могут быть использованы как прогностический фактор остроты зрения у недоношенных детей. У детей с 4-й степенью ФГ можно ожидать некорректируемое снижение остроты зрения. Для детального анализа состояния сетчатки в макулярной области у недоношенных детей с ФГ необходимо использовать ОКТ. Наиболее выраженные степени ФГ встречаются у детей с меньшими ГВ и массой тела при рождении.

**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

1. Азнабаев Б.М., Мухамадеев Т.Р., Дибаяев Т.И. Оптическая когерентная томография + ангиография в диагностике, терапии и хирургии глазных болезней. М.: Август Борг; 2019: 44–45. [Aznabaev BM, Muhamadeev TR, Dibaev TI. Opticheskaya kogerentnaya tomografiya + angiografiya v diagnostike\_terapii i hirurgii glaznih boleznei. M.: Avgust Borg; 2019: 44–45. (In Russ.)]
2. Martínez-Córdoba CJ, Quijano-Nieto BA, Echeverría-González CL, Sierra-Bernal RM. A comparison of posterior segment optical coherence tomography findings in full-term and preterm children without retinopathy of prematurity. Indian J Ophthalmol. 2021 Aug;69(8): 2151–2156. doi: 10.4103/ijo.IJO\_137\_21
3. Thomas MG, Kumar A, Mohammad S, Proudlock FA, Engle EC, Andrews C, Chan WM, Thomas S, Gottlob I. Structural grading of foveal hypoplasia using spectral-domain optical coherence tomography a predictor of visual acuity? Ophthalmology. 2011 Aug;118(8): 1653–1660. doi: 10.1016/j.opthta.2011.01.028

4. Bringmann A, Syrbe S, Görner K, Kacza J, Francke M, Wiedemann P, et al. The primate fovea: Structure, function and development. *Prog Retin Eye Res.* 2018;66: 49–84. doi: 10.1016/j.preteyeres.2018.03.006
5. Катаргина Л.А., Рудницкая Я.Л., Коголева Л.В., Рябцев Д.И. Формирование макулы у детей с ретинопатией недоношенных по данным оптической когерентной томографии. *Российский офтальмологический журнал.* 2011;4: 30–33. [Katargina LA, Rudnitskaya YaL, Kogoleva LV, Rjabcev DI. Macula formation in children with retinopathy of premature according to optical coherence tomography. *Russian journal of ophthalmology.* 2011;4: 30–33. (In Russ.)]
6. Володин Н.Н., Аветисов С.Э., Сидоренко Е.И., Аксенова И.И., Асташева И.Б., Ахмадеева Э.Н., Байбарина Е.Н. Принципы ранней диагностики, профилактики и лечения ретинопатии у недоношенных детей. *Методические рекомендации. Вопросы практической педиатрии.* 2006;1(6): 20–26. [Volodin NN, Avetisov SE, Sidorenko EI, Aksenova II, Astasheva IB, Akhmadeeva EN, Baibarina EN. Principles of diagnosis, prevention and treatment of retinopathy in premature infants. *Clinical Practice in Pediatrics.* 2006;1(6): 20–26. (In Russ.)]
7. Всемирная организация здравоохранения. (9 мая 2023) «152 миллиона детей, родившихся недоношенными за последние десятилетие». [World Health Organization. (May 9, 2023). 152 million babies born premature in the last decade. (In Russ)] <https://www.who.int/news/item/09-05-2023-152-million-babies-born-preterm-in-the-last-decade#:~:text=Southern%20Asia%20and%20sub-Saharan,65%25%20of%20preterm%20births%20globally>
8. Сидоренко Е.И., Асташева И.Б., Кан И.Г., Аксенова И.И., Дегтярев Д.Н., Дуленков А.Б., Безенина Е.В., Воронцова Ю.Н. Ретроспективный анализ факторов риска ретинопатии недоношенных. *Российская педиатрическая офтальмология.* 2010;1: 13–16. [Sidorenko EI, Astasheva IB, Kan IG, Aksenova II, Degtyarev DN, Dulenkov AB, Bezenin EV, Vorontsova YuN. Retrospective analysis of retinopathy of prematurity risk factors. *Rossiiskaya pediatricheskaya oftalmologiya.* 2010;1: 13–16. (In Russ.)]
9. Shouchane-Blum K, Gal-Or O, Barayev E, Nemet A, Sternfeld A, Ben Ishai M, Axer-Siegel R, Erlich R, Friling R. Functional and Structural Findings in Infants Treated for Retinopathy of Prematurity Using Optical Coherence Tomography Angiography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2022 Apr;53(4): 194–201. doi: 10.3928/23258160-20220316-02
10. Falavarjani KG, Iafe NA, Velez FG, Schwartz SD, Sadda SR, Sarraf D, Tsui I. Optical coherence tomography angiography of the fovea in children born preterm. *Retina.* 2017;37(12): 2289–2294. doi: 10.1097/IAE.0000000000001471
11. Шпак А.А., Азнаурян И.Э., Баласанян В.О., Тавтилова Д.А. Оптическая когерентная томография у пациентов с гипоплазией и высокой остротой зрения. *Вестник офтальмологии.* 2012;4: 66–69. [Shpak AA, Aznauryan IE, Balasanyan VO, Tavtilova DA. Optical coherence tomography in patients with foveal hypoplasia and high visual acuity. *Vestn Oftalmol.* 2012;4: 66–69. (In Russ.)]
12. Атамуратов Р., Асташева И.Б., Маренков В.В., Ваганова З.М. Особенности формирования макулярной зоны сетчатки у недоношенных детей, перенесших ретинопатию после лазерной коагуляции, по данным оптической когерентной томографии. *Медицинская физика.* 2023;2(28): 29. [Atamuradov R, Astasheva IB, Marenkov VV, Vaganova ZM. Peculiarities of the retinal macular zone formation in premature children with retinopathy after laser photocoagulation by findings of optical coherence tomography. *Meditinskaya fizika.* 2023;2(28): 29. (In Russ.)]
13. Wilk MA, McAllister JT, Cooper RF, Dubis AM, Patitucci TN, Summerfelt P, Anderson JL, Stepien KE, Costakos DM, Connor TB Jr, Wirostko WJ, Chiang PW, Dubra A, Curcio CA, Brilliant MH, Summers CG, Carroll J. Relationship between foveal cone specialization and pit morphology in albinism. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(7): 4186–4198. doi: 10.1167/iovs.13-13217
14. Kuht HJ, Maconachie GDE, Han J, Kessel L, van Genderen MM, McLean RJ, Hisaund M, Tu Z, Hertle RW, Gronskov K, Bai D, Wei A, Li W, Jiao Y, Smirnov V, Choi JH, Tobin MD, Sheth V, Purohit R, Dawar B, Girach A, Strul S, May L, Chen FK, Heath Jeffery RC, Aamir A, Sano R, Jin J, Brooks BP, Kohl S, Arveiler B, Montoliu L, Engle EC, Proudlock FA, Nishad G, Pani P, Varma G, Gottlob I, Thomas MG. Genotypic and Phenotypic Spectrum of Foveal Hypoplasia: A Multicenter Study. *Ophthalmology.* 2022;129(6): 708–718. doi: 10.1016/j.optha.2022.02.010
15. Lee H, Purohit R, Patel A, Papageorgiou E, Sheth V, Maconachie G, Pilat A, McLean RJ, Proudlock FA, Gottlob I. In Vivo Foveal Development Using Optical Coherence Tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56(8): 4537–4545. doi: 10.1167/iovs.15-16542
16. Rufai SR, Thomas MG, Purohit R, Bunce C, Lee H, Proudlock FA, Gottlob I. Can Structural Grading of Foveal Hypoplasia Predict Future Vision in Infantile Nystagmus? A Longitudinal Study. *Ophthalmology.* 2020;127(4): 492–500. doi: 10.1016/j.optha.2019.10.037
17. Сидоренко Е.И., Хаценко И.Е., Асташева И.Б., Маркова Е.Ю., Тумасян А.Р., Аксенова И.И. Электрофизиологические методы обследования недоношенных детей и диагностики ретинопатии недоношенных. *Вестник офтальмологии.* 2002;118(1): 35–39. [Sidorenko EI, Khatsenko IE, Astasheva IB, Markova E.Yu, Tumasian AR, Aksenova II. Electrophysiological methods for examining preterm children and diagnosis of retinopathy of prematurity. *Vestn Oftalmol.* 2002;118(1): 35–39. (In Russ.)]
18. Жукова О.М., Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С. Исходы самопроизвольного регресса ретинопатии недоношенных. *Современные технологии в офтальмологии.* 2021;2: 167–169. [Zhukova OM, Tereshchenko AV, Trifanenkova IG, Tereshchenkova MS. Outcomes of spontaneous regression of retinopathy of premature. *Modern technologies in ophthalmology.* 2021;2: 167–169. (In Russ.)] doi: 10.25276/2312-4911-2021-2-167-169

**Информация об авторах**

**Рустан Атамуратов**, врач-офтальмолог, аспирант кафедры офтальмологии педиатрического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, [rsmu@rsmu.ru](mailto:rsmu@rsmu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7461-1267>

**Ирина Борисовна Асташева**, к.м.н., доцент каф. офтальмологии педиатрического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, rsmu@rsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3471-723X>

**Марина Раульевна Гусева**, д.м.н., профессор каф. офтальмологии педиатрического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, rsmu@rsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0015-4152>

**Владимир Валерьевич Маренков**, врач-реаниматолог, заведующий Перинатальным центром ГБУЗ ГКБ им. С.С. Юдина ДЗ г. Москвы, gkb-yudina@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2620-3303>

**Юлия Александровна Кюн**, врач-офтальмолог офтальмологического филиала КДЦ ГБУЗ Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ г. Москвы, mdgkb@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6005-9499>

**Анастасия Романовна Баранова**, ординатор кафедры офтальмологии педиатрического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, rsmu@rsmu.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2381-9393>

#### Information about the authors

**Rustem Atamuradov**, Ophthalmologist, PhD Student, rsmu@rsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7461-1267>

**Irina B. Astasheva**, MD, PhD in Medicine, Clinical Assistant Professor of Ophthalmology Department, E-mail: rsmu@rsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3471-723X>

**Marina R. Guseva**, MD, Doctor of Science in Medicine, Professor of Ophthalmology Department, rsmu@rsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0015-4152>

**Vladimir V. Marenkov**, MD, ICU specialist, Head of the NICU, gkb-yudina@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2620-3303>

**Yuliya A. Kyun**, MD, Ophthalmologist, mdgkb@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6005-9499>

**Anastasia R. Baranova**, Clinical Resident, rsmu@rsmu.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2381-9393>

#### Вклад авторов в работу:

**Р. Атамуратов:** существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста.

**И.Б. Асташева:** существенный вклад в концепцию и дизайн работы, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

**М.Р. Гусева:** существенный вклад в концепцию и дизайн работы, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

**В.В. Маренков:** существенный вклад в концепцию и дизайн работы, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

**Ю.А. Кюн:** существенный вклад в концепцию и дизайн работы, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

**А.Р. Баранова:** сбор, анализ и обработка материала, оформление списка литературы.

#### Author's contribution:

**R. Atamuradov:** significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of the material, writing, statistical data processing, writing of the bibliography.

**I.B. Astasheva:** significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of the material, statistical data processing, writing, editing, final approval of the version to be published.

**M.R. Guseva:** significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of the material, statistical data processing, writing, editing, final approval of the version to be published.

**V.V. Marenkov:** significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of the material, statistical data processing, writing, editing, final approval of the version to be published.

**Yu.A. Kyun:** significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of the material, statistical data processing, writing, editing, final approval of the version to be published.

**A.R. Baranova:** collection, analysis and processing of the material, writing of the bibliography.

**Финансирование:** Авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

**Авторство:** Все авторы подтверждают, что они соответствуют действующим критериям авторства ICMJE.

**Согласие пациента на публикацию:** Письменного согласия на публикацию этого материала получено не было. Он не содержит никакой личной идентифицирующей информации.

**Конфликт интересов:** Отсутствует.

**Funding:** The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

**Authorship:** All authors confirm that they meet the current ICMJE authorship criteria.

**Patient consent for publication:** No written consent was obtained for the publication of this material. It does not contain any personally identifying information.

**Conflict of interest:** There is no conflict of interest.

*Поступила: 28.11.2023*

*Переработана: 05.05.2024*

*Принята к печати: 10.06.2024*

*Originally received: 28.11.2023*

*Final revision: 05.05.2024*

*Accepted: 10.06.2024*