Дата публикации: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_3
УДК 612.1(075.8)

Publication date: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_3
UDC 612.1(075.8)

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ С ФЕТАЛЬНЫМ ГЕМОГЛОБИНОМ В НЕОНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ И ПЕРВЫЕ МЕСЯЦЫ ЖИЗНИ

И.В. Гераськин[1,2], А.В. Дерюгина[2], В.А. Гераськин[3], Н.В. Гераськина[1]
[1]Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Нижегородской области «Нижегородская областная детская клиническая больница», г. Нижний Новгород, Россия
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Россия
[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Представлены результаты определения особенностей динамики структуры эритроцитов с фетальным гемоглобином крови по совокупности морфологических и функциональных изменений в перинатальном периоде. Определение оптических свойств эритроцитов, зависящих от содержания гемоглобина взрослого типа или фетального гемоглобина, позволяет визуально их дифференцировать как в отдельных клетках, так и в группе эритроцитов при проведении морфологических исследований. ***Методы.*** Сформированы адаптированные методы исследований фетальных эритроцитов – на основе поляризационно-интерференционной микроскопии BIOLAR PI PZO и иммуногистохимического исследования с антителами к γ-субъединице фетального гемоглобина. ***Результаты.*** Определены возрастные значения HbF% и сродства гемоглобина к кислороду у детей в первые три месяца жизни (n=486), $p<0,05$. Зафиксирована динамика снижения аффинности гемоглобина к кислороду на фоне морфологических данных депрессии экстрамедуллярного эритропоэза и замещения фракций гемоглобина. ***Заключение.*** Учет результатов исследований позволяет определять динамику фракций гемоглобинов с различной способностью к транспортировке O_2.
Ключевые слова: фетальный гемоглобин, транспорт кислорода, микроскопия.

FEATURES OF MORPHOLOGICAL AND FUNCTIONAL PARAMETERS OF ERYTHROCYTES WITH FETAL HEMOGLOBIN IN THE NEONATAL PERIOD AND THE FIRST MONTHS OF LIFE

I.V. Geraskin[1,2], A.V. Deryugina[2], V.A. Geraskin[3], N.V. Geraskina[1]
[1]Nizhny Novgorod Regional Children's Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russia
[2]Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia
[3]Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The article presents the results of identifying the dynamics of the structure of erythrocytes with fetal blood hemoglobin based on a set of morphological and functional changes in the perinatal period. Determination of the optical properties of erythrocytes, depending on adult or fetal hemoglobin content, makes it possible to visually differentiate them both in individual cells and in a group of erythrocytes during morphological studies. ***Methods.*** Adapted methods for studying fetal hemoglobin were developed based on BIOLAR PI PZO polarization interference microscopy and immunohistochemical studies with antibodies to the fetal hemoglobin gamma subunit. ***Results.*** Age-related values of HbF% and hemoglobin affinity to oxygen have been identified in children in the first three months of life (n=486), $p<0.05$. Dynamics of decrease in hemoglobin affinity to oxygen was recorded against the background of morphological data of depression of extramedullary erythropoiesis and substitution of hemoglobin fractions. ***Conclusion.*** Taking into account the research results makes it possible to determine the dynamics of hemoglobin fractions with different ability to transport O_2.
Keywords: fetal hemoglobin, oxygen transport, microscopy.

Введение. Повреждение структур и функций тканей организма, обусловленное действием гипоксии, остается ведущей причиной заболеваемости и летальности у новорожденных, несмотря на то, что в настоящее время активно применяются

разнообразные методы оксигенотерапии, медикаментозной коррекции, трансфузионной терапии [1].

Исследователями все больше осознается необходимость комплексного – функционального и морфологического изучения факторов, определяющих динамику реализации гипоксического процесса, уделяется внимание величинам фракций гемоглобинов и изменениям их роли в транспорте кислорода в ткани. Становится актуальной задача регистрации структурно-морфологических компонентов патологии при нарушениях или изменениях в динамике замещения фракций гемоглобина крови [2].

В современной научной медицинской литературе содержится малое количество информации о методах диагностики, определяющих морфологические особенности замещения фетального гемоглобина (HbF) на гемоглобин взрослого типа (HbA). Сведения о динамике процесса изменений морфологических и функциональных свойств эритроцитов в зависимости от структуры фракций гемоглобинов во время беременности и неонатальном периоде противоречивы, что определяет необходимость дальнейшего изучения и систематизации данных [3, 4].

Анализ нарушений механизма формирования доставки кислорода в ткани плода и новорожденных имеет важное значение как для комплексной диагностики развития гипоксических состояний у пациентов периода новорожденности, так и для оптимизации лечебно-диагностических мероприятий с целью снижения неонатальной летальности [5].

Цель – определение особенностей динамики морфологических и функциональных параметров эритроцитов с фетальным гемоглобином в неонатальном периоде и в первые месяцы жизни.

Методы и организация исследования. Для определения функциональных особенностей динамики HbF у пациентов неонатального периода проведен анализ данных историй болезней в неантологических и реанимационных отделениях. Показатели газового состава, оксиметрии и кислотно-щелочного состояния крови исследовали по материалам, полученным в ходе лечебно-диагностического процесса с применением лабораторного автоматического газового анализатора крови «Radiometer ABL800 – BASIC». При исследовании сродства гемоглобина к кислороду (P50) учитывали парциальное давление, формируемое O_2 крови для достижения уровня сатурации в 50%. Параметры P50 определяли в артериализованной крови капилляров [6].

Для определения морфологических особенностей эритроцитов с HbF модифицирован и применен непрямой иммуногистохимический (ИГХ) метод исследований образцов тканей с использованием поликлональных антител к HBG1/HBG2 (гамма-субъединица фетального гемоглобина). Морфологические и гистологические данные патологических процессов получены при анализе материалов, проведенных аутопсий ткани печени, плаценты.

Для детализации клеточных параметров отдельных эритроцитов, расположенных непосредственно в сосудах микроциркуляторного русла, и оптических свойств внутриклеточных физиологических гемоглобинов применили метод поляризационно-интерференционной микроскопии. Использовали микроскопию BIOLAR PI PZO со специализированной насадкой дифференционно-интерференционного контраста (ДИК) [7, 8].

Результаты исследования обработаны с использованием программы статистического анализа «Medstatistic» и прикладного пакета программ MS Excel 2016 с применением ресурса «Анализ данных». Характер распределения признаков соответствовал нормальному (или распределению Гаусса). При статистическом анализе осуществлялось сравнение несвязанных совокупностей. Применен параметрический t-критерий Стьюдента. За критическую величину показателей статистической значимости различий принимали $p<0,05$ [9].

Результаты исследования и их обсуждение. При проведении исследований мы осуществили распределение пациентов по группам выраженности недоношенности, массы тела с учетом веса при рождении (г) и сроков гестации (недель):

– доношенность Д (срок гестации – 38-41 неделя, 2500-3700 г);

– недоношенность К-1 (срок гестации – 35-37 недель, 2000-2499 г);

– недоношенность К-2 (срок гестации – 32-34 недели, 1500-1999 г) – низкая масса тела;

– недоношенность К-3 (срок гестации – 29-31 неделя, 1000-1499 г) – очень низкая масса тела;

– недоношенность К-4 (срок гестации – менее 28 недель, менее 999 г) – экстремально низкая масса тела.

В первые 3 дня жизни данные HbF% зафиксированы не у всех пациентов (табл.) – эта особенность обусловлена тяжестью состояния и спецификой маршрутизации в клинику новорожденных с выраженной недоношенностью.

Анализ данных свидетельствует о том, что уровни средних величин (М) фетального гемоглобина в неонатальном периоде и в первые месяцы жизни чрезвычайно динамичны и вариабельны. Причем во всех группах исследований фиксируется устойчивая динамика, направленная к снижению содержания в эритроцитах HbF%. На данном возрастном этапе развития организма процессы физиологического замещения HbF (α, γ) на гемоглобин взрослого типа HbA (α, β) отличаются наибольшей активностью, замедляясь и достигая к 6 месяцу жизни уровня показателя взрослого человека. В зависимости от выраженности недоношенности отличается специфика депрессии фракции HbF% по отношению к первоначальному уровню. Ко времени завершения неонатального периода зарегистрировано снижение содержания фетального гемоглобина на 10% в группе доношенных детей, в группе К-1 снижение HbF достигало 35,5%, в группе недоношенных детей К-2 – 46,7%, в группе К-3 – 43%, в группе К-4 – 21,5%. Наиболее выраженное уменьшение HbF зарегистрировано у недоношенных детей с наиболее низкими показателями массы тела и срока гестации за исключением данных пациентов группы К-4. Частичная компенсация потери фетального гемоглобина у пациентов группы К-4 с выраженной недоношенностью и незрелостью осуществляется за счет наличия сравнительно высокой функциональной и морфологической активности экстрамедуллярных островков гемопоэза (рис. 1).

По данным аутопсии (рис. 1а) по всей поверхности среза печеночной ткани визуализируются множественные, диффузно расположенные, перекрывающие все поле зрения клетки гемопоэтических экстрамедуллярных островков (недоношенность, срок гестации – менее 28 недель).

По данным аутопсии (рис. 1б), единичные экстрамедуллярные гемопоэтические островки в тканях печени новорожденного (постнатальный период – 3 суток, доношенность, срок гестации – 40 недель, масса тела – 3150 г).

Таблица

Уровни HbF% по отношению к totHb у новорожденных и недоношенных детей первых месяцев жизни, M±m

Возраст, суток	1	2	3	4-7	8-14	15-21	22-28	29-60
Доношенность (Д)	78,33±2,01	85,83±2,31	75,8±3,65	75,97±1,08	71,2±1,18	70,17±1,83	68,33±1,52	31±2,50*
Недоношенность (К-1)	85±1,78	72±3,33	78±1,29	85,67±1,62	79,63±1,8	88±0,11	74±1,61	25±2,38
Недоношенность (К-2)	–	92±5	89±0,17	80,29±2,44	76,33±2,88	74±0,29	45,33±0,96	51±1,25*
Недоношенность (К-3)	–	–	89±1,08	91±0,96	–	65±1,47	46±3,66	–
Недоношенность (К-4)	–	–	–	88±1,13	75,1±1,72	56,33±2,13	66,5±6,86	42,63±2,42

Примечание: статистически значимые отличия между totHb и HbF крови ($p<0,05$); * – статистически незначимые отличия между totHb и HbF крови. Количество исследований (n=373).

Большая вариабельность процессов гемолиза и гемопоэза в неонатальном периоде приводит к параллельным изменениям функции фракций гемоглобинов по транспортировке O_2 в ткани. Одним из самых информативных маркеров динамики оксигенации гемоглобинов на фоне замещения HbF (α, γ) является уровень P50.

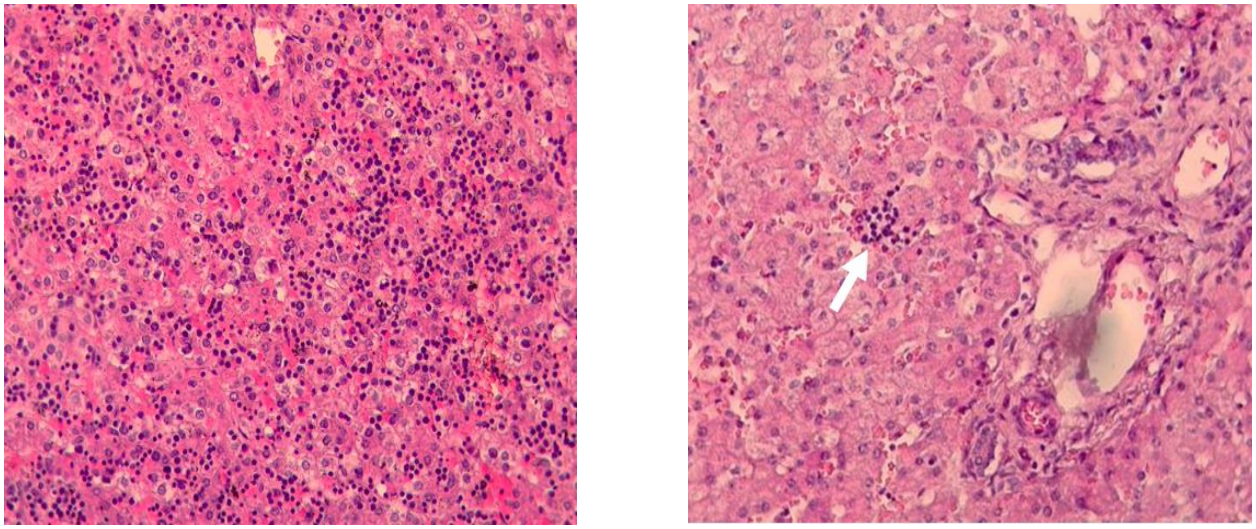


Рис. 1. Скопление эритробластов в тканях печени на различных этапах дифференцировки. Окраска гематоксилин-эозин. Световая микроскопия. Увеличение 200х: а) множественные экстрамедуллярные гемопоэтические островки в тканях печени, недоношенность, экстремально низкая масса тела; б) единичный экстрамедуллярный гемопоэтический островок в тканях печени новорожденного (отмечен стрелкой), доношенность.

В периоде новорожденности существует уникальная ситуация формирования транспорта кислорода фракциями общего гемоглобина крови. Состоящий из двух основных фракций физиологических гемоглобинов HbF (α, γ) и HbA (α, β) общий гемоглобин новорожденного формирует двухконтурную кривую диссоциации оксигемоглобина и суммарную величину P50 пропорционально уровням каждой из фракций. Более высокая аффинность фетального гемоглобина к кислороду обуславливает смещение кривой диссоциации влево, в отличии от кривой диссоциации гемоглобина взрослого типа. Однако возрастная направленность диссоциации HbF в тканях с более выраженным ацидозом имеет тенденцию к угасанию, так как постоянно уменьшаются количественные показатели содержания фракции плодного гемоглобина крови. Формируется структурная неоднородность доставки O_2 в ткани, отграничиваются тканевые зоны гипоксическо-ишемического состояния, ко второму и третьему месяцам постнатального периода процессы гипоксического и постгипоксического повреждения приобретают свойства хронических. Для определения временных изменений мы провели 486 исследований показателей динамики средних величин (M) HbF% и показателей динамики сродства общего гемоглобина totHb к O_2 (P50, mmHg) у новорожденных и детей до 3 месяца жизни.

Зарегистрированные данные свидетельствуют о том, что возрастная динамика снижения уровня фетального гемоглобина у новорожденных и детей в первые месяцы жизни на всех этапах наблюдения сопровождается снижением сродства totHb крови к кислороду (рис. 2). Выделение кислорода из связи с гемоглобином крови начинает усиливаться преимущественно в тканевых зонах с не выраженным ацидозом и при высоких значениях содержания кислорода в тканях с достаточным уровнем кровотока и удовлетворительной оксигенацией. Данный процесс обусловлен формирующимся структурным преобладанием гемоглобина взрослого типа HbA (α, β), отличающегося низким сродством к кислороду. Формирующееся перераспределение доставки кислорода, снижение уровня O_2 в участках с гипоксическими повреждениями способствуют санации очага повреждения и развитию соединительной ткани.

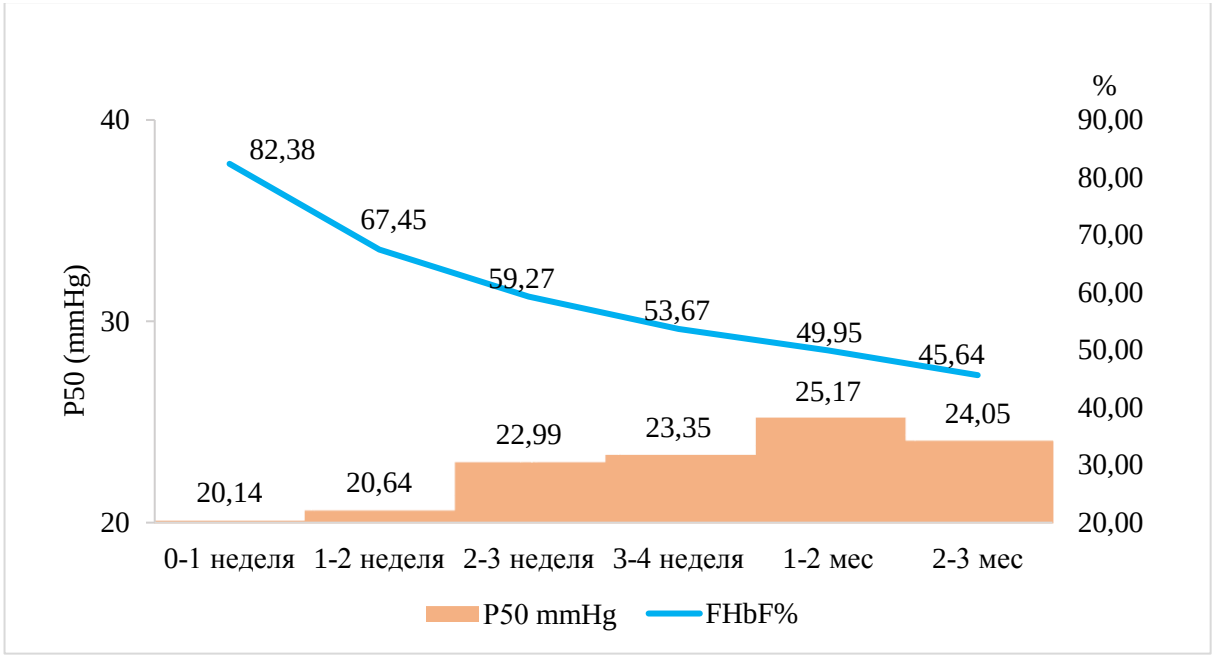


Рис. 2. Динамика средних значений (M) показателей HbF%, P50 у новорожденных и детей в первые три месяца жизни (n=486), p<0,05

Для более детальной, морфологической локализации и фиксации происходящих изменений необходимы исследования на клеточном уровне. В качестве объекта для гистологического анализа мы выбрали материалы ткани плаценты. Выбор был обусловлен тем, что ткань плаценты одновременно содержит как эритроциты с HbA (α, β), так и эритроциты с HbF (α, γ). Учитывая отсутствие изложения информации в доступной медицинской литературе или блокировку данных по детализации морфологических исследований клеток, содержащих фетальный гемоглобин, мы модифицировали и адаптировали методы:

1) поляризационно-интерференционной микроскопии BIOLAR PI PZO со специализированной поляризационной насадкой;

2) непрямой метод ИГХ исследования образцов тканей с использованием поликлональных антител к γ-субъединице фетального гемоглобина HBG1/HBG2.

Для изучения качественных свойств фазовых объектов посредством поляризационно-интерференционной микроскопии определяли коэффициент светопропускания и показатели оптической плотности эритроцитов в тканях плаценты. Кроме того, провели сравнение показателей светопропускания эритроцитов в мазках крови, содержащих HbF, у новорожденных детей (n=60) и эритроцитов, содержащих гемоглобин HbA, у пациентов старших возрастных групп (n=60). Исследования выполняли после окончания работ с пробами в клинической лабораторной диагностике.

При сопоставлении полученных данных в исследуемых образцах выявлено, что показатели оптической плотности в эритроцитах взрослых превышала аналогичные показатели плотности фетальных эритроцитов. Определяемый коэффициент светопропускания в эритроцитах новорожденных с HbF (α, γ) имел более высокие значения, чем показатели сравнения в контрольной группе – эритроциты с HbA (α, β). При сопоставлении средних значений (M) углов γ3, характеризующих показатели светопропускания, в группах эритроцитов с HbF и эритроцитов, содержащих гемоглобин HbA в мазках крови, разница составила 8,660 (n=120, p<0,05). При сопоставлении средних значений (M) углов γ3, характеризующих показатели светопропускания, в группах эритроцитов с HbF и эритроцитов, содержащих гемоглобин HbA в мазках крови, разница составила 8,660 (n=120, p<0,05). Аналогичные показатели зафиксированы в эритроцитах плаценты. В группах эритроцитов с HbF и эритроцитов, содержащих гемоглобин HbA в тканях плаценты, разница средних значений (M) углов γ3 составила 8,61 (n=120, p<0.01). Отличие показателей (M) углов γ3 эритроцитов,

содержащихся в плаценте от показателей эритроцитов периферической крови, не превышала 0,01. Разница угловых величин эритроцитов с HbA (α, β) и эритроцитов с HbF (α, γ) составляла величину до 0,05 независимо от исследуемой ткани или органа.

Выявленные отличия оптических свойств эритроцитов, зависящие от содержания HbA (α, β) или HbF (α, γ), позволяют визуально их дифференцировать как на уровне отдельных клеток, так и в группе эритроцитов при проведении морфологических исследований. Особенностью данного метода является то, что он не зависит от способа окраски исследуемых образцов, так как при помощи щелевого конденсора и поворотного поляризатора проводится сравнительный анализ изменений угловых величин оптических параметров клеток крови.

Для дифференциальной диагностики фетальных эритроцитов и эритроцитов взрослого типа в крупных скоплениях клеток при проведении морфологических исследований более целесообразно применять возможности ИГХ [10].

Мы сформировали и применили комплекс ИГХ исследований препаратов тканей, полученных при аутопсии с определением эритроцитов, содержащих HbF (α, γ) или HbA (α, β). Адаптировали применяемый в онкопатологии непрямой метод ИГХ исследований образцов тканей для диагностики опухолей щитовидной железы с использованием поликлональных антител к HBG1/HBG2 (γ-субъединицы HbF) для определения эритроцитов с фетальным гемоглобином.

По данным аутопсии: ткани печени, постнатальный период – 1 месяц 14 суток, доношенность, эритроциты с сорбированными антителами на поверхности мембран содержат γ-субъединицу фетального гемоглобина, отличаются красно-коричневым цветом (рис. 3).

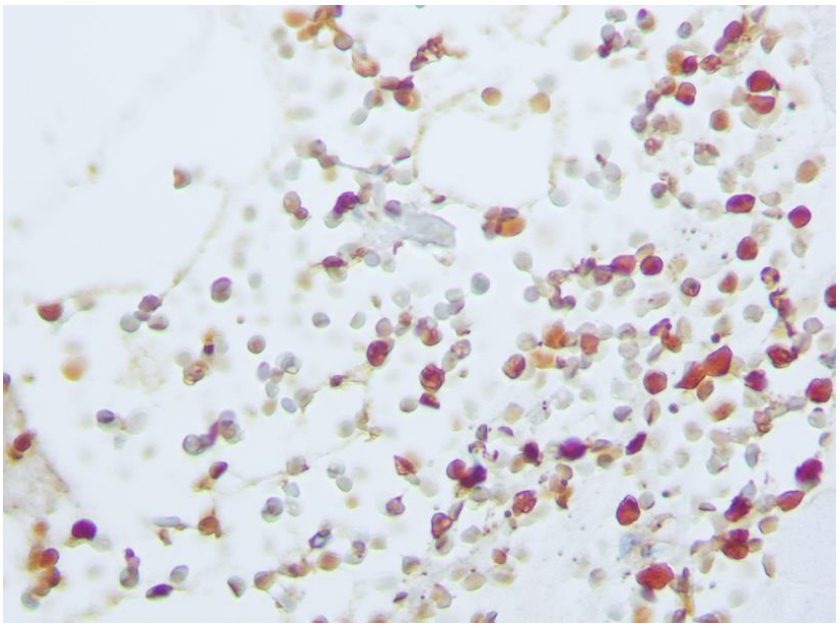


Рис. 3. Скопление эритроцитов в тканях печени с различными типами гемоглобинов HbF (α, γ) – красно-коричневый цвет; HbA (α, β) – серо-синий цвет. Иммуногистохимическое исследование с использованием поликлональных антител к γ субъединице фетального гемоглобина. Постнатальный период – 1 месяц 14 суток. Материалы аутопсии. Световая микроскопия. Увеличение 400х

Эритроциты взрослого типа вместо γ-субъединиц фетального гемоглобина содержат β-субъединицы и не формируют иммунных комплексов с антителами. Соответственно эритроциты, содержащие HbA (α, β), в данной ИГХ реакции не взаимодействуют с антителами γ-субъединице и не окрашиваются. В микропрепаратах они визуализируются как эритроциты серо-синего цвета.

Учет результатов ИГХ исследований позволяет формировать морфологическую

оценку соотношения фракций гемоглобинов крови с различной функциональной способностью по транспортировке O_2. Кроме того, при морфологическом исследовании плаценты с применением ИГХ и поликлональных антител удается определить фетоплацентарную трансфузию по наличию окрашенных эритроцитов с HbF (α, γ) в межворсинчатом пространстве.

Заключение. Результаты выполненного анализа свидетельствуют о зависимости уменьшения уровня HbF у новорожденных и детей в первые месяцы жизни на всех этапах наблюдения и динамики снижения сродства totHb крови к кислороду.

Эритроциты взрослого типа вместо γ-субъединиц фетального гемоглобина содержат β-субъединицы и не формируют иммунных комплексов с антителами. Соответственно эритроциты, содержащие HbA (α, β), в данной ИГХ реакции не взаимодействуют с антителами γ-субъединице и не окрашиваются. В микропрепаратах они визуализируются как эритроциты серо-синего цвета. Учет результатов ИГХ исследований позволяет формировать морфологическую оценку соотношения фракций гемоглобинов крови с различной функциональной способностью по транспортировке O_2. Кроме того, при морфологическом исследовании плаценты с применением ИГХ и поликлональных антител удается определить фетоплацентарную трансфузию по наличию окрашенных эритроцитов с HbF (α, γ) в межворсинчатом пространстве.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Neonatal encephalopathy and hypoxic-ischemic encephalopathy: moving from controversy to consensus definitions and subclassification / E.J. Molloy, A. Branagan, T. Hurley, F. Quirke [et al.] // Pediatr Res. – 2023. – No. 94(6). – P. 1860-1863. DOI: 10.1038/s41390-023-02775-z.
2. Bellelli, A. Hemoglobin allostery and pharmacology / A. Bellelli, J.R.H. Tame // Mol Aspects Med. – 2022. – No. 84. – P. 101037. DOI: 10.1016/j.mam.2021.101037.
3. Accuracy of a portable hemoglobinometer (HemoCue) to measure fetal hemoglobin values during in utero transfusion / A. Delabaere, M. Guerard, R. Cahierc [et al.] // J Matern Fetal Neonatal Med. – 2023. – No. 36(2). – P. 2266092. DOI: 10.1080/14767058.2023.2266092.
4. Fetal Hemoglobin and Cerebral Tissue Oxygenation during Immediate Postnatal Transition / E. Suppan, B. Urlesberger, B. Schwaberger [et al.] // Neonatology. – 2022. – No. 119(5). – P. 602-610. DOI: 10.1159/000525847.
5. Gokhale, S.G. Spectrometry of cord blood and maternal blood for Hb-F and Hb-A and novel technology for non-invasive measurement of hemoglobin in mother and baby / S.G. Gokhale, V.S. Daggubati // The Journal of Maternal-Fetal Neonatal Medicine. – 2021. – No. 35(25). – P. 8327-8330. DOI: 10.1080 /14767058.2021.1973995.
6. The P50 value detected by the oxygenation-dissociation analyser and blood gas analyser / Z. Chu, Y. Wang, G. You [et al.] // Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology. – 2020. – No. 48(1). – P. 867-874. DOI: 10.1080/21691401. 2020.1770272.
7. 3D differential interference contrast microscopy using polarisation-sensitive tomographic diffraction microscopy / N. Verrier, A.M. Taddese, R. Abbessi [et al.] // J Microsc. – 2023. – No. 289(2). – P. 128-133. DOI: 10.1111/jmi.13160.
8. Гераськин, И.В. Использование поляризационно-интерференционной микроскопии для определения оптических свойств фетальных эритроцитов в тканях / И.В. Гераськин, В.А. Гераськин, В.А. Трофимов [и др.] // Человек и его здоровье. – 2023. – Т. 26. – № 3. – С. 76-82. DOI 10.21626/vestnik/2023-3/09. [in English] Geraskin I.V., Geraskin V.A., Trofimov V.A., Vlasova T.I., Geraskin N.V. Using polarization-interference microscopy to determine the optical properties of fetal erythrocytes in tissues. *Humans and their health*, 2023, vol. 26, no. 3, pp. 76-82. DOI: 10.21626/vestnikvestnik/2023-3/09.
9. Soll, R.F. The future of Cochrane Neonatal / R.F. Soll, C. Ovelman, W. McGuire // Early Hum Dev. – 2020. – No. 150. – P. 105191. DOI: 10.1016/j. earlhumdev.2020.105191.
10. Fujiki, S. Spontaneous Avian Erythroblastosis in a Chicken Confirmed by Immunohistochemical Detection of Hemoglobin in Tumor Cells / S. Fujiki, A. Kurokawa, Y. Yamamoto // Avian Dis. – 2021. – No. 65(3). – P. 381-384. DOI: 10.1637/0005-2086-65.3.381.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Иван Владимирович Гераськин – врач-патологоанатом ГБУЗ «Нижегородская областная детская клиническая больница», Нижний Новгород, e-mail: ivan_geraskin19@mail.ru.
Анна Вячеславовна Дерюгина – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, e-mail: derugina69@yandex.ru.
Владимир Анатольевич Гераськин – доцент, кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры анестезиологии, реаниматологии и трансфузиологии Приволжского исследовательского медицинского университета (ПИМУ), Нижний Новгород, e-mail: gvarm@mail.ru.
Наталья Валентиновна Гераськина – врач-неонатолог ГБУЗ «Нижегородская областная детская клиническая больница», Нижний Новгород, e-mail: gvarm@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Ivan V. Geraskin – Autopsist, Nizhny Novgorod Regional Children's Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, e-mail: ivan_geraskin19@mail.ru.
Anna V. Deryugina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology and Anatomy, Institute of Biology and Biomedicine, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, e-mail: derugina69@yandex.ru.
Vladimir A. Geraskin – Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Lecturer of the Department of Anesthesiology, Intensive Care Medicine and Transfusiology, Privolzhsky Research Medical University (PRMU), Nizhny Novgorod, e-mail: gvarm@mail.ru.
Natalya V. Geraskina – Neonatologist, Nizhny Novgorod Regional Children's Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, e-mail: gvarm@mail.ru.

Для цитирования: Особенности морфологических и функциональных параметров эритроцитов с фетальным гемоглобином в неонатальном периоде и первые месяцы жизни / И.В. Гераськин, А.В. Дерюгина, В.А. Гераськин, Н.В. Гераськина // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_3

For citation: Geraskin I.V., Deryugina A.V., Geraskin V.A., Geraskina N.V. Features of morphological and functional parameters of erythrocytes with fetal hemoglobin in the neonatal period and the first months of life. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_3