

10. Furenäs E, Eriksson P, Wennerholm UB, et al. Cardiac complications during pregnancy related to parity in women with congenital heart disease. *Cardiology*. 2020; 145 (8): 533–42. DOI: 10.1159/000508649

11. Levashova OA, Levashov SYu. Congenital heart defects in children of Chelyabinsk: regional aspects of the 20-year monitoring. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2022; 42 (1): 79–85. (In Russ.) Левашова О. А., Левашов С. Ю. Врожденные пороки сердца у детей г. Челябинска: региональные аспекты 20-летнего мониторинга. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2022; 42 (1): 79–85. DOI: 10.18699/SSMJ20220109

12. Hedermann G, Hedley PL, Gadsbøll K, et al. Adverse obstetric outcomes in pregnancies with major fetal congenital heart defects: A cohort study. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2024; 64 (Suppl. 1): 1–391. DOI: 10.1002/uog.27782

13. Su H, Guo E, Woodward EM, et al. First trimester maternal infections and offspring congenital heart defects: A systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J*. 2024; 45 (S1): ehae666.3637. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae666.3637

14. Obeid R, Holzgreve W, Pietrzik K. Folate supplementation for prevention of congenital heart defects and low birth weight: An update. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2019; 9 (Suppl. 2): S424–33. DOI: 10.21037/cdt.2019.02.03

15. Pregravidaral preparation. Clinical protocol of the Interdisciplinary Association of Reproductive Medicine Specialists (MARS). Version 3.1. Moscow: Editorial Board of StatusPraesens, 2024; 124 p. (In Russ.) Прегравидарная подготовка. Клинический протокол Междисциплинарной ассоциации специалистов репродуктивной медицины (МАРС). Версия 3.1. М.: Редакция журнала StatusPraesens, 2024; 124 с.

Статья поступила в редакцию 18.07.2024; одобрена после рецензирования 01.11.2024; принята к публикации 22.11.2024. The article was submitted 18.07.2024; approved after reviewing 01.11.2024; accepted for publication 22.11.2024.

Информация об авторах:

Дмитрий Кириллович Волосников — заведующий кафедрой госпитальной педиатрии, профессор, доктор медицинских наук, dk_vol@mail.ru, ORCID 0009-0002-7373-2838; **Анна Вячеславовна Чулкова** — ассистент кафедры госпитальной педиатрии, anuta_1305@mail.ru, ORCID 0009-0002-2453-1482; **Галина Алексеевна Глазырина** — доцент кафедры госпитальной педиатрии, доцент, кандидат медицинских наук, glazyrina_ga@mail.ru, ORCID 0009-0001-0757-079X; **Александра Владиславовна Сабирова** — доцент кафедры госпитальной педиатрии, доцент, кандидат медицинских наук, doctor_sabirova@mail.ru, ORCID 0000-0001-6064-5271; **Елена Николаевна Серебрякова** — профессор кафедры госпитальной педиатрии, доцент, доктор медицинских наук, doctor-hit@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4692-4802.

Information about the authors:

Dmitry K. Volosnikov — Head of the Department of Hospital Pediatrics, Professor, DSc, dk_vol@mail.ru, ORCID 0009-0002-7373-2838; **Anna V. Chulkova** — Instructor of the Department of Hospital Pediatrics, anuta_1305@mail.ru, ORCID 0009-0002-2453-1482; **Galina A. Glazyrina** — Assistant Professor of the Department of Hospital Pediatrics, PhD, glazyrina_ga@mail.ru, ORCID 0009-0001-0757-079X; **Alexandra V. Sabirova** — Assistant Professor of the Department of Hospital Pediatrics, PhD, doctor_sabirova@mail.ru, ORCID 0000-0001-6064-5271; **Elena N. Serebryakova** — Professor of the Department of Hospital Pediatrics, Associate Professor, DSc, doctor-hit@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4692-4802.

УДК: 612.172:612.8.04-053.31

EDN: KNXBJQ

<https://doi.org/10.15275/ssmj444>

Оригинальная статья

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ КРОВООБРАЩЕНИЯ У НОВОРОЖДЕННЫХ В ПЕРИОД РАННЕЙ НЕОНАТАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ

Е. Н. Муреева

ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

FEATURES OF AUTONOMIC CIRCULATORY REGULATION IN NEWBORNS DURING EARLY NEONATAL ADAPTATION

E. N. Mureeva

Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: Муреева Е.Н. Особенности вегетативной регуляции кровообращения у новорожденных в период ранней неонатальной адаптации. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2024; 20 (4): 444–449. EDN: KNXBJQ. <https://doi.org/10.15275/ssmj444>.

Аннотация. Цель: сравнить особенности вегетативной регуляции кровообращения у новорожденных различного гестационного возраста на основе variability сердечного ритма (BCP) и фотоплетизмографической формы волны (ФПГВ). **Материал и методы.** В исследование включены 50 новорожденных: 1-я группа ($n=20$; гестационный возраст 37–42 нед) — с физиологическим течением периода ранней неонатальной адаптации; 2-я группа — ($n=30$; 34–42 нед) с патологическим течением периода ранней неонатальной адаптации: 2а ($n=15$; 37–42 нед) — дети с массой при рождении ≥ 2500 г, и 2б ($n=15$; 34–36,6 нед) — дети с массой ≤ 2500 г. Всем младенцам выполнена синхронная регистрация сигналов электрокардио-, фотоплетизмографии и дыхания при помощи многоканального регистратора биологических сигналов «Реакор-Т». Произведен спектральный анализ BCP и ФПГВ, оценка силы синхронизации между низкочастотными колебаниями при BCP и ФПГВ (S-индекс). **Результаты.** Младенцы из 2б-подгруппы имели более высокие значения частоты сердечных сокращений ($p=0,004$) и двух показателей BCP во временной области: RMSSD — 26,6 ($p=0,005$) и PNN50 — 7,65 ($p=0,002$), относительно младенцев из других групп. S-индекс у всех детей был низкий (14,4–18,5). **Заключение.** Новорожденные характеризуются функциональной незрелостью симпатической вегетативной регуляции кровообращения и преобладанием симпатического и барорефлекторного влияния на функцию сердца. В регуляции периферического кровотока у новорожденных 1-й группы преобладают дыхательные влияния над симпатическими, а у младенцев 2-й группы — симпатические влияния.

Ключевые слова: новорожденные, сердечно-сосудистая система, вегетативная регуляция, фотоплетизмография, электрокардиография, variability сердечного ритма

For citation: Mureeva EN. Features of autonomic circulatory regulation in newborns during early neonatal adaptation. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2024; 20 (4): 444–449. (In Russ.) EDN: KNXBJQ. <https://doi.org/10.15275/ssmj444>.

Abstract. *Objective:* to compare the features of autonomic regulation of blood circulation in newborns of different gestational ages on the basis of heart rate variability (HRV) and photoplethysmographic waveform (PPWF). *Material and methods.* Fifty neonates were included in the study: group 1 ($n=20$; gestational age 37–42 weeks) — with physiological course of early neonatal adaptation period; group 2 ($n=30$; 34–42 weeks) with pathological course of early neonatal adaptation period: 2a ($n=15$; 37–42 weeks) — infants with birth weight ≥ 2500 , and 2b ($n=15$; 34–36.6 weeks) — infants with birth weight ≤ 2500 g. All infants underwent synchronous recording of electrocardiography, photoplethysmography, and respiration signals using a Reacor-T multichannel biological signal recorder. Spectral analysis of HRV and PPWF was performed, and the strength of synchronization between low-frequency oscillations in HRV and PPWF (S-index) was assessed. *Results.* Infants in subgroup 2b had higher values of HR ($p=0.004$) and two HRV indices in the time domain: RMSSD — 26.6 ($p=0.005$) and PNN50 — 7.65 ($p=0.002$), relative to infants in the other groups. S-index was low in all infants (14.4–18.5). *Conclusion.* Newborns are characterized by functional immaturity of sympathetic autonomic regulation of blood circulation and predominance of sympathetic and baroreflex influences on cardiac function. In the regulation of peripheral blood flow in newborns of group 1, respiratory influences over sympathetic influences prevail, and in infants of group 2 — sympathetic influences.

Keywords: newborns, cardiovascular system, autonomic regulation, photoplethysmography, electrocardiography, heart rate variability

Введение. В последние годы в области педиатрии и неонатологии активно ведутся исследования, посвященные вегетативному гомеостазу. Это явление охватывает сложные механизмы регуляции различных физиологических процессов, обеспечивающих стабильность внутренней среды организма новорожденного. Изучение вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы включает анализ variability сердечного ритма (BCP), который служит индикатором функций автономной нервной системы и подсознательных реакций организма на изменения внешней среды [1–3]. Важность данных показателей подтверждается многочисленными исследованиями, которые связывают их с риском сердечно-сосудистых заболеваний, состоянием психического здоровья и общей адаптацией организма ребенка [4]. Общеизвестные показатели, которые используются сегодня при анализе variability сердечного ритма, приняты Европейским обществом кардиологов и Североамериканским обществом электрокардиостимуляции и электрофизиологии еще в 1996 г. [5].

Особенности сердечно-сосудистого вегетативного контроля у новорожденных детей изучены гораздо хуже, чем у взрослых людей. Однако клиническая значимость вегетативной дисфункции у младенцев очень высока. Показатели variability ритма сердца могут быть использованы для оценки вегетативной дисфункции у недоношенных детей [6]. Изменения variability сердечного ритма могут быть использованы у недоношенных новорожденных для прогнозирования развития неврологических нарушений [7], а также риска ранних вегетативно обусловленных осложнений [8], клиническое значение которых у детей раннего возраста очень велико. Имеются данные о связи между изменением кардиореспираторного взаимодействия и внезапной детской смертью [9–11].

Известно, что низкочастотные колебания, характеризующие барорефлекторную вегетативную регуляцию отделов сердечно-сосудистой системы (например, основного ритма сердца и периферического кровотока), могут спорадически демонстрировать длительные участки фазовой синхронизации [12, 13], количественный анализ которых позволяет оценивать выраженность системной вегетативной дисфункции, что уже показало важное клиническое значение у взрослых людей. Применительно

к новорожденным работ по изучению особенностей взаимодействия низкочастотных колебаний в системе кровообращения в доступной литературе не выявлено.

Определить состояние нейровегетативного равновесия можно путем анализа variability сердечного ритма с применением временных или статистических (time domain) и частотных или спектральных (frequency domain) методов исследования [14, 15].

Учитывая возрастные и анатомо-физиологические особенности новорожденных, оценивание состояния вегетативной нервной системы, в частности проведение функциональных проб, затруднено. Наблюдение за variability сердечного ритма с помощью метода синхронной регистрации сигналов электрокардиограммы, фотоплетизмограммы и дыхания при помощи многоканального регистратора биологических сигналов может стать важным инструментом в клинической практике. Данный метод позволит выявлять кардиореспираторные нарушения (изменение ритма сердца, частоту сердечных сокращений [ЧСС], паузы ритма, жизнеугрожающие аритмии, нарушение проводимости, изменение ритма дыхания, периоды апноэ), у новорожденных детей в 1-й месяц жизни.

Цель — сравнить особенности вегетативной регуляции кровообращения у новорожденных различного гестационного возраста на основе BCP и ФПГВ.

Материал и методы. В исследование включены 50 новорожденных детей, из них 1-ю группу младенцев составили 20 новорожденных детей (гестационный возраст 37–42 нед) с физиологическим течением периода ранней неонатальной адаптации и 2-ю группу — 30 новорожденных детей (34–42 нед) с патологическим течением периода ранней неонатальной адаптации, а именно 2а-подгруппу — 15 новорожденных детей (гестационный возраст 37–42 нед) с патологическим периодом ранней неонатальной адаптации и массой при рождении ≥ 2500 г — и 2б-подгруппу — 15 новорожденных детей гестационного возраста 34–36 нед 6 дней и массой ≤ 2500 г.

Единые критерии включения для всех групп: новорожденные дети (гестационный возраст 34–42 нед), рожденные естественным путем в ГАУЗ «Энгельский перинатальный центр» (с 2020 г. после реорганизации — ГАУЗ «Энгельсская городская клиническая больница № 1») с января 2018 по декабрь 2023 г. **Критерием включения для 1-й группы** является наличие физиологически протекавших беременностей у практически здоровых матерей; **критерием**

Ответственный автор — Елена Николаевна Муреева
Corresponding author — Elena N. Mureeva
E-mail: elena040493@mail.ru

включения для 2-й группы: наличие осложненных беременностей, родоразрешенных при сроке 34–42 нед гестации, у женщин имевших отягощенный гинекологический анамнез (раннее излитие околоплодных вод, аномалии и патологии матки, истмико-цервикальная недостаточность, преждевременные роды в анамнезе, многоплодная беременность, аномалии плаценты, угроза прерывания беременности на разных сроках). *Критерии невключения:* новорожденные дети гестационный возраст которых был менее 34 нед; дети, рожденные путем кесарева сечения; наличие у младенцев генетических патологий, тяжелых и множественных пороков развития, хирургических патологий, задержки внутриутробного роста плода; новорожденные, имеющие при рождении оценку по шкале Апгар менее 4 баллов; младенцы с проявлениями внутриутробной инфекции и наличием инфекционного процесса в момент проведения данного исследования. Участие в исследовании было прекращено по добровольному желанию законных представителей и с окончанием запланированного срока проведения исследования.

Проведено 50 синхронных регистраций сигналов электрокардиограммы (ЭКГ), фотоплетизмограммы (ФПГ) и дыхания при помощи многоканального регистратора биологических сигналов «Реакор-Т» (Медиком-МТД, Таганрог, Россия) у всех детей длительностью 15 мин. Регистрация сигналов проводилась однократно, на 3-и сутки у новорожденных детей (гестационный возраст 37–42 нед) с физиологическим течением периода ранней неонатальной адаптации, у новорожденных детей, гестационный возраст которых составлял 34–36,6 нед и масса при рождении которых ≤ 2500 г и новорожденных детей гестационного возраста 37–42 нед с массой при рождении ≥ 2500 г, с патологическим течением неонатальной адаптации, регистрацию сигналов проводили после стабилизации состояния и при отсутствии инвазивных вмешательств (10–14-е сутки жизни).

Методы регистрации исходов включали комплексный анализ и оценку данных анамнеза, общеклинического обследования, антропометрии, вычисление спектральных оценок сигнала фотоплетизмограммы с использованием параметрического метода построения спектра и сравнительную оценку уровня синхронизации и когерентности низкочастотных колебаний в ритме сердца и периферическом кровенаполнении на основе анализа пары сигналов: фотоплетизмографии и *RR*-интервалы электрокардиографии. Для измерения силы синхронизации между низкочастотными колебаниями ВСР и ФПГВ был введен показатель общего процента фазовой синхронизации (*S*-индекс), описанный в исследовании А. Р. Киселева и соавт. [16]. В ходе проведения работы использовали несколько вариантов границ высокочастотного (*high frequency* — HF) диапазона: HF1 0,15–0,40 Гц, HF2 0,2–2 Гц, HF3 0,15–0,8 Гц и HF4 0,24–1,04 Гц.

Статистический анализ полученных результатов проводили с использованием пакета специальных программ Microsoft Excel 2010 для Windows, Statistica 13.

Статистическая обработка результатов включала проверку соответствия числовых данных нормальному закону распределения с помощью критерия Шапиро — Уилка и равенства генеральных дисперсий в группах по *F*-критерию Фишера. Поскольку большинство переменных не были нормально распределены, дальнейший анализ был проведен с использованием непараметрических статистических

методов. Мы использовали дисперсионный анализ Краскела — Уоллиса с апостериорными сравнениями средних рангов для множественных сравнений непрерывных переменных между группами испытуемых. Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Для оценки качественных признаков, значимости долей (процентов) использовался точный критерий Фишера с вычислением достоверности различий. При проведении множественных сравнений использовали поправку Бонферрони (различия считались статистически значимыми, если уровень значимости $p < 0,017$).

Все стадии исследования соответствовали законодательству Российской Федерации, международным этическим нормам и нормативным документам исследовательских организаций, а также одобрены комитетами, в том числе этическим комитетом ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России.

Результаты. Антропометрические показатели (масса и длина тела) у новорожденных 1-й группы и 2а-подгруппы значимо отличались от показателей 2б-подгруппы ($p_{1-3} < 0,001$, $p_{2-3} < 0,001$). Самые низкие показатели (масса при рождении — $2317,0 \pm 216,7$ г, длина тела при рождении — $47,3 \pm 2,2$ см) были выявлены у детей 2б-подгруппы.

Все дети из 1-й группы в ранний неонатальный период не имели соматических заболеваний, в то время как у всех младенцев из 2-й группы наблюдалось патологическое течение периода ранней неонатальной адаптации. Наиболее часто в 2а-подгруппе новорожденных детей встречались следующие заболевания: неонатальная желтуха — 33,3% ($p=0,184$), транзиторное тахипноэ — 23,3% ($p=0,109$), гемолитическая болезнь новорожденных (ГБН) по системе АВ0 — 10% ($p=0,119$) и системе Rh — 3,3% ($p=0,5$), полицитемия — 6,7% ($p=0,246$), в то время как в 2б-подгруппе новорожденных не встречались такие патологии, как ГБН по системе АВ0 и системе Rh, полицитемия, но у 6,7% детей из данной подгруппы было выявлено апноэ недоношенного. Данные состояния затрудняют раннюю выписку младенцев из родоиспользовательного учреждения, а также требуют дальнейшего нахождения и наблюдения в условиях стационара.

Для оценки центральной гемодинамики у наблюдаемых новорожденных в возрасте 2 сут жизни проводили доплер-эхокардиографическое исследование. При проведении данного метода исследования выявлены: дисфункции клапанного аппарата сердца, наличие функционирующих фетальных коммуникаций и была произведена оценка их состояния. Функционирующие фетальные коммуникации присутствуют у большинства новорожденных детей, включенных в исследование вне зависимости от гестационного возраста, а именно открытое овальное окно выявлено у 67,5% детей 1-й группы и чаще выявлялось у детей из 2-й группы (100%; $p_{1-2} < 0,001$, $p_{1-3} < 0,001$). Открытый артериальный проток чаще выявлялся у новорожденных 2а-подгруппы (56,7%; $p_{1-2} = 0,012$). У новорожденных детей из 2-й группы дисфункции клапанного аппарата сердца при проведении доплер-эхокардиографического исследования зарегистрированы чаще, чем у детей из 1-й группы: митральная регургитация незначительной степени обнаруживалась у 90% новорожденных 2б-подгруппы и у 70% новорожденных 2а-подгруппы ($p_{1-2} = 0,455$, $p_{1-3} = 0,006$). Трикуспидальная регургитация 1–2-й степени также чаще была

Оценки некоторых показателей variability сердечного ритма в группах исследуемых новорожденных, $n=50$, $M \pm \sigma$

Показатель	Группа новорожденных (гестационный возраст, масса тела при рождении)			Критерий Краскела — Уоллиса
	1-я (37–42 нед, ≥ 2500 г), $n=20$	2-я группа, $n=30$		
		подгруппа		
		2а (37–42 нед, ≥ 2500 г), $n=15$	2б (34–36,6 нед, ≤ 2500 г), $n=15$	
ЧСС, уд/мин	131,1 [122,0; 139,7]	137,6 [126,1; 148,1]; $z_1=1,4$; $p=0,469$	151,8 [141,6; 160,1]; $z_2=3,9$; $p<0,001$; $z_2=2,4$; $p=0,056$	$H=15,8$; $p=0,004$
BCP				
RMSSD	15,2 [10,3; 36,3]	13,3 [9,2; 21,1]; $z_1=1,3$; $p=0,545$	26,6 [22,5; 48,3]; $z_2=3,9$; $p=0,004$; $z_2=2,4$; $p=0,029$	$H=10,7$; $p=0,005$
PNN50	0,99 [0,01; 4,65]	0,53 [0,01; 2,97]; $z_1=0,4$; $p=0,975$	7,65 [3,26; 16,43]; $z_2=3,2$; $p=0,004$; $z_2=3,1$; $p=0,006$	$H=12,3$; $p=0,002$
HF2, ms^2	116,6 [48,5; 353,0]	99,1 [51,4; 175,9]	194,2 [126,0; 336,7]	$H=4,4$; $p=0,111$
LF2, %	22,8 [18,1; 31,2]	24,4 [20,2; 36,6]	22,5 [20,8; 26,7]	$H=1,0$; $p=0,601$
HF2, %	21,3 [13,8; 45,3]	18,0 [11,2; 26,9]; $z_{HF}=1,5$; $p=0,375$	38,4 [25,3; 47,5]; $z_{HF}=2,1$; $p=0,120$; $z_{PD}=2,9$; $p=0,011$	$H=8,4$; $p=0,015$
LF/HF2	1,2 [0,5; 2,1]	1,7 [0,8; 2,7]; $z_{HF}=1,6$; $p=0,354$	0,69 [0,55; 0,80]; $z_{HF}=2,0$; $p=0,148$; $z_{PD}=2,9$; $p=0,013$	$H=8,1$; $p=0,017$
HF4, ms^2	96,73 [33,13; 302,65]	60,40 [27,96; 123,61]; $z_{HF}=2,09$; $p=0,110$	168,52 [102,17; 311,71]; $z_{HF}=1,45$; $p=0,443$; $z_{PD}=2,78$; $p=0,016$	$H=8,24$; $p=0,016$
LF4, %	24,58 [19,42; 31,28]	26,79 [21,61; 38,91]	23,84 [21,83; 27,94]	$H=1,55$; $p=0,461$
HF4, %	20,64 [12,92; 40,63]	12,92 [6,40; 22,83]; $z_{HF}=2,73$; $p=0,019$	35,09 [21,99; 45,58]; $z_{HF}=2,05$; $p=0,122$; $z_{PD}=3,77$; $p<0,001$	$H=14,92$; $p<0,001$
LF/HF4	1,50 [0,61; 2,20]	2,88 [1,10; 5,28]; $z_{HF}=2,66$; $p=0,023$	0,82 [0,59; 1,02]; $z_{HF}=1,90$; $p=0,17$; $z_{PD}=3,60$; $p<0,001$	$H=13,70$; $p=0,001$

зарегистрирована у детей из 2-й группы: 90% — у детей, рожденных при сроке гестации 37–40 нед с массой тела ≥ 2500 г при рождении, и 86,7% — у детей, рожденных при сроке гестации 34–36,6 нед с массой тела ≤ 2500 г ($p_{1-2}<0,001$, $p_{1-3}<0,001$).

Анализ variability сердечного ритма у новорожденных, включенных в исследование, показал, что младенцы из 2б-подгруппы имели более высокие значения ЧСС и двух показателей BCP во временной области: RMSSD — 26,6 ($p=0,005$) и PNN50—7,65 ($p=0,002$) относительно данных младенцев из других групп. S-индекс у новорожденных во всех изученных группах был низкий (14,4–18,5), что характеризует функциональную незрелость вегетативной регуляции кровообращения.

Различия показателей в частотной области BCP между изучаемыми группами новорожденных зависели от используемых границ HF-диапазона. Группы не различались по всем показателям, сопряженным с HF1. При использовании диапазона HF2 и HF4 дети из 2б-подгруппы характеризовались более высокими значениями HF (в ms^2) (HF2 $p=0,111$; HF4 $p=0,016$) и HF% (HF2% $p=0,015$; HF4% $p<0,001$) и меньшими значениями LF/HF (LF/HF2 $p=0,017$; LF/HF4 $p=0,001$) (относительно показателей младенцев из других исследуемых групп). Использование диапазона HF3 сохраняло отличие новорожденных из 2б-подгруппы только от детей из 2а-подгруппы по HF% ($p=0,026$) и LF/HF ($p=0,022$). LF (в ms^2) был сопоставим во всех трех исследуемых группах новорожденных (таблица).

Показатели ФПГВ в частотной области показывали однотипные различия между группами, независимо от используемых границ HF-диапазона и места

регистрации сигнала ФПГ (ФПГ с области большого родничка или ноги). Новорожденные из 2-й группы характеризовались однонаправленными различиями с детьми из 1-й группы. В частности, LF% и LF/HF имели более высокие значения, а HF% — более низкие.

Повышение симпатических влияний на периферический кровоток и снижение дыхательных влияний наблюдалось в следующей последовательности: новорожденные (гестационный возраст 37–42 нед) с физиологическим течением периода неонатальной адаптации → новорожденные дети гестационного возраста 34–36 нед 6 дней и массой менее 2500 г → новорожденные (гестационный возраст 37–42 нед) с патологическим течением периода ранней неонатальной адаптации и массой при рождении более 2500 г.

У детей из 1-й группы в нашем исследовании коэффициент LF/HF спектра BCP в зависимости от используемых при вычислении границ HF-диапазона был равен 1,2 (LF/HF2) ($p=0,017$) и 1,5 (LF/HF4) ($p=0,001$), что свидетельствует о преобладании симпатического и барорефлекторного влияний на функцию сердца в норме у новорожденных. Применительно к регуляции периферического кровотока, оцениваемого по ФПГ-сигналу, у новорожденных в норме наблюдается значительное преобладание дыхательных влияний над симпатическими: LF/HF2 и LF/HF4=0,20 ($p<0,001$).

Обсуждение. При проведении метода синхронной регистрации сигналов электрокардиограммы, фотоплетизмограммы и дыхания при помощи многоканального регистратора биологических сигналов и анализа variability сердечного ритма,

выявлено, что индекс фазовой синхронизации (S) у новорожденных во всех изученных группах был низким (14,4–18,5), что характеризует функциональную незрелость вегетативной регуляции кровообращения и, как следствие, свидетельствует о нарушении адаптационных реакций в неонатальный период. Данное наблюдение подтверждает результаты исследований других авторов, указывающих на уменьшение чувствительности артериального барорефлекса у новорожденных [17].

Методы анализа частотно-зависимых характеристик вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у новорожденных позволяют углубленно изучить механизм адаптации организма к условиям внешней среды. В рамках спектрального анализа ВСР многие ученые используют следующие пределы для низкочастотного диапазона (LF) — 0,04–0,15 Гц [18]. Этот диапазон рассматривается как индикатор симпатической и барорефлекторной активности. Для HF-диапазона, который служит показателем парасимпатической активности и воздействия дыхательного процесса, наиболее распространенными границами являются 0,2–2,0 Гц [18]. В связи с наличием у новорожденных повышенной ЧСС и частоты дыхательных движений в нашем исследовании мы использовали несколько вариантов границ HF-диапазона: HF1 0,15–0,40 Гц, HF2–0,2–2 Гц, HF3–0,15–0,8 Гц и HF4–0,24–1,04 Гц. Было выявлено, что показатели ВСР и ФПГВ, ассоциированные с HF1- и HF3-диапазонами, демонстрируют менее существенные различия, вплоть до их отсутствия, относительно аналогичных групп показателей, ассоциированных с HF2- и HF4-диапазонами.

Известно, что отношение LF/HF спектра ВСР прогрессивно уменьшается с постнатальным возрастом, что свидетельствует об усилении парасимпатического влияния на хронотропную регуляцию сердца [19, 20]. В ходе нашего исследования мы наблюдали значимо более низкие значения данного показателя для сигнала ФПГ на 3-й день после рождения у младенцев из 1-й группы относительно показателей детей из других исследуемых групп.

Заключение. Новорожденные дети в целом характеризуются функциональной незрелостью симпатической вегетативной регуляции кровообращения и преобладанием симпатического и барорефлекторного влияния на функцию сердца, тогда как в регуляции периферического кровотока у новорожденных с физиологическим течением ранней неонатальной адаптации преобладают дыхательные влияния над симпатическими, а у младенцев с патологическим течением ранней неонатальной адаптации — симпатические влияния.

Конфликт интересов не заявляется.

References (Список источников)

1. Baevsky PM, Berseneva AP. Introduction to prenosologic diagnostics. Moscow: Slovo, 2008; 220 p. (In Russ.) Бавевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в доназологическую диагностику. М.: Слово, 2008; 220 с.
2. Pikhtina LA, Filina OM, Gadzhimuradova ND, et al. Risk factors and prediction of health disorders in children of the first year of life born from singleton pregnancies after in vitro fertilization. Health Risk Analysis. 2017; 1: 56–65. (In Russ.) Пыхтина Л.А., Фильина О.М., Гаджимурадова Н.Д. и др. Факторы риска и прогнозирование нарушений здоровья у детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности после экстракорпорального оплодотворения. Анализ риска здоровью. 2017; 1: 56–65.
3. Shlyk NI. Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes. Izhevsk: Udmurt University, 2009; 255

p. (In Russ.) Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Удмуртский ун-т, 2009; 255 с.

4. Allen J, Di Maria C, Mizeva I, et al. Finger microvascular responses to deep inspiratory gasp assessed and quantified using wavelet analysis. Physiological Measurement. 2013; 34 (7): 769–79. DOI: 10.1088/0967-3334/34/7/769

5. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation. 1996; 93: 1043–65. DOI: 10.1161/01.CIR.93.5.1043

6. Dimitrijevic L, Bjelakovic B, Colovic H, et al. Assessment of general movements and heart rate variability in prediction of neurodevelopmental outcome in preterm infants. Early Hum Dev. 2016; 99: 7–12. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2016.05.014

7. Solovyova GA. Description of the state of the autonomic regulation on results the analysis of heart rate variability in premature infants with perinatal disorders of the central nervous system. Ros vestn perinatol i pediatri. 2012; 57 (2): 10–3. (In Russ.) Соловьева Г.А. Характеристика состояния вегетативной регуляции по результатам анализа вариабельности сердечного ритма у недоношенных новорожденных с перинатальным поражением центральной нервной системы. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2012; 57 (2): 10–3.

8. Nikolaeva TN, Dashichev VV. Inirial status and dynamics of cardiac rhythm indices in premature newborns in early postnatal adaptation period. Bulletin of the Ivanovo Medical Academy. 2011; 16 (3): 27–31. (In Russ.) Николаева Т.Н., Дашичев В.В. Исходное состояние и динамика показателей сердечного ритма у недоношенных новорожденных в периоде ранней постнатальной адаптации. Вестник Ивановской медицинской академии. 2011; 16 (3): 27–31.

9. Garcia AJ 3rd, Koschnitzky JE, Dashevskiy T, Ramirez JM. Cardiorespiratory coupling in health and disease. Auton Neurosci. 2013; 175 (1-2): 26–37. DOI: 10.1016/j.autneu.2013.02.006

10. Pease AS, Fleming PJ, Hauck FR, et al. Swaddling and the Risk of Sudden Infant Death Syndrome: A Meta-analysis. Pediatrics. 2016; 137 (6): e20153275. DOI: 10.1542/peds.2015-3275

11. Korableva NN. Sudden infant death syndrome: Definition evolution, epidemiology and risk factors. Current Pediatrics. 2021; 20 (3): 201–9. (In Russ.) Кorableва Н.Н. Синдром внезапной смерти младенца: эволюция определений, эпидемиология и факторы риска. Вопросы современной педиатрии. 2021; 20 (3): 201–9. DOI: 10.15690/vsp.v20i3/2270

12. Karavaev AS, Prokhorov MD, Ponomarenko VI, et al. Synchronization of low-frequency oscillations in the human cardiovascular system. Chaos. 2009; 19: 033112. DOI: 10.1063/1.3187794

13. Kiselev AR, Karavaev AS, Gridnev VI, et al. Method of estimation of synchronization strength between low-frequency oscillations in heart rate variability and photoplethysmographic waveform variability. Russ Open Med J. 2016; 5 (1): e0101. DOI: 10.15275/rusomj.2016.0101

14. Makarov LM. Sport and sudden death in children. Ros vestn perinatol i pediatri. 2017; 62: (1): 40–6. (In Russ.) Макаров Л.М. Спорт и внезапная смерть у детей. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017; 62: (1): 40–6. DOI: 10.21508/1027-4065-2017-62-1-40-46

15. Nalobina AN. Methodology of assessment of adaptation processes in children of the first year of life. Scientific notes of P.F. Lesgaft University. 2013; (3): 144–50. (In Russ.) Налобина А.Н. Методика оценки адаптационных процессов у детей первого года жизни. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2013; (3): 144–50.

16. Kiselev AR, Karavaev AS, Gridnev VI, et al. Method for assessing the degree of synchronization of low-frequency oscillations in heart rate variability and photoplethysmogram. Cardio-IT. 2016; 3 (1); 1–5. (In Russ.) Киселев А.Р., Караваев А.С., Гриднев В.И. и др. Метод оценки степени синхронизации низкочастотных колебаний в вариабельности ритма сердца и фотоплетизмограмме. Кардио-ИТ. 2016; 3 (1); 1–5. DOI: 10.15275/cardioint.2016.0101

17. Haskova K, Czipelova B, Javorka M, et al. Baroreflex sensitivity in premature infants — relation to the parameters characterizing intrauterine and postnatal condition. Physiol Res. 2017; 66 (Suppl 2): S257–64.

18. Latremouille S, Lam J, Shalish W, Sant'Anna G. Neonatal heart rate variability: A contemporary scoping review of analysis methods and clinical applications. *BMJ Open*. 2021; 11 (12): e055209. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-055209

19. Chatow U, Davidson S, Reichman BL, Akselrod S. Development and maturation of the autonomic nervous system in premature and full-term infants using spectral analysis of heart

rate fluctuations. *Pediatr Res*. 1995; 37 (3): 294–302. DOI: 10.1038/00006450-199503000-00008

20. Mazursky JE, Birkett CL, Bedell KA, et al. Development of baroreflex influences on heart rate variability in preterm infants. *Early Hum Dev*. 1998; 53 (1): 37–52. DOI: 10.1016/s0378-3782(98)00038-3

Статья поступила в редакцию 08.11.2024; одобрена после рецензирования 21.11.2024; принята к публикации 22.11.2024.
The article was submitted 08.11.2024; approved after reviewing 21.11.2024; accepted for publication 22.11.2024.

Информация об авторе:

Елена Николаевна Муреева — ассистент кафедры госпитальной педиатрии и неонатологии, elena040493@mail.ru, ORCID 0000-0001-6065-1751.

Information about the author:

Elena N. Mureeva — Instructor of the Department of Pediatrics and Neonatology, elena040493@mail.ru, ORCID 0000-0001-6065-1751.

УДК 616-053.32 (045)

EDN: MKLHEX

<https://doi.org/10.15275/ssmj449>

Оригинальная статья

ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ДЕТЕЙ, РОДИВШИХСЯ НЕДОНОШЕННЫМИ С ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКОЙ И ОЧЕНЬ НИЗКОЙ МАССОЙ ТЕЛА, В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ДЕТСТВА

Е. С. Якубович¹, С. А. Хмилевская¹, М. Ю. Свинарёв^{1,2}, Н. Ю. Филина¹, Н. В. Болотова¹, А. П. Аверьянов¹

¹ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

²ГУЗ «Энгельсская детская клиническая больница», Энгельс, Россия

QUALITY OF LIFE CHARACTERISTICS IN CHILDREN BORN PREMATURELY WITH EXTREMELY LOW AND VERY LOW BIRTH WEIGHT AT DIFFERENT STAGES OF CHILDHOOD

E. S. Yakubovich¹, S. A. Khmylevskaya¹, M. Yu. Svinarev^{1,2}, N. Yu. Filina¹, N. V. Bolotova¹, A. P. Averyanov¹

¹Saratov State Medical University, Saratov, Russia

²Children's Clinical Hospital of Engels, Engels, Russia

Для цитирования: Якубович Е. С., Хмилевская С. А., Свинарёв М. Ю., Филина Н. Ю., Болотова Н. В., Аверьянов А. П. Особенности качества жизни детей, родившихся недоношенными с экстремально низкой и очень низкой массой тела, в различные периоды детства. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2024; 20 (4): 449–456. EDN: MKLHEX. <https://doi.org/10.15275/ssmj449>.

Аннотация. Цель: оценить качество жизни (КЖ) детей, родившихся недоношенными с экстремально низкой (ЭНМТ) и очень низкой массой тела (ОНМТ), в возрастном аспекте. *Материал и методы.* На I этапе исследования изучено КЖ (опросник Qualite de vie du Nourisson) 50 детей, родившихся недоношенными (НД) (18 детей с ЭНМТ при рождении, 32 — с ОНМТ) и 20 доношенных (ДД) сверстников (контрольная группа) в 3, 6, 9 мес (скорректированный возраст для НД), 1 год (скорректированный возраст для НД), 2 и 3 года жизни. На II этапе исследовали КЖ (опросник Pediatric Quality of Life Inventory) 40 НД в возрасте 9–12 лет жизни в сравнении с 20 ДД контрольной группы. Основную группу составили 14 детей с ЭНМТ и 26 детей с ОНМТ при рождении. *Результаты.* В первые 3 года жизни КЖ НД значительно ниже, чем ДД ($p < 0,001$), при этом у детей с массой тела при рождении менее 1000 г в 2 и 3 года жизни оно достоверно ниже, чем у НД, рожденных с ОНМТ. Продемонстрирована положительная возрастная динамика показателя КЖ. Выявлены разногласия между педиатрами и родителями в выделении ведущих аспектов КЖ у НД. В 9–12 лет жизни влияние массы тела на КЖ сохраняло актуальность в отношении детей с ЭНМТ при рождении по оценке самих детей, а по оценке родителей — в отношении всей группы НД. *Заключение.* Полученные результаты свидетельствуют о значимом влиянии массы тела при рождении на КЖ детей, рожденных недоношенными с ОНМТ и ЭНМТ, в младенческом, раннем и школьном возрастах, что диктует необходимость внедрения данного показателя как интегрального критерия мониторинга состояния их здоровья.

Ключевые слова: качество жизни, недоношенные дети, экстремально низкая масса тела, очень низкая масса тела, ранний возраст, школьный возраст

For citation: Yakubovich ES, Khmylevskaya SA, Svinarev MYu, Filina NYu, Bolotova NV, Averyanov AP. Quality of life characteristics in children born prematurely with extremely low and very low birth weight at different stages of childhood. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2024; 20 (4): 449–456. (In Russ.) EDN: MKLHEX. <https://doi.org/10.15275/ssmj449>.

Abstract. Objective: to study the quality of life (QoL) of children born prematurely with extremely low (ELBW) and very low body weight (VLBW), in the age aspect. *Material and methods.* In the stage 1 of the study, the QoL of 50 (Qualite de vie du Nourisson questionnaire) preterm infants (PI) (18 children with ELBW at birth, 32 with VLBW) and 20 full-term peers (control group) were studied at 3, 6, 9 months (corrected age for PI), 1 year (corrected age for PI), 2 and 3 years of life. In stage 2, the QoL (Pediatric Quality of Life Inventory questionnaire) examined of 40 PI aged 9–12 years compared to 20 full-term infants of the control group. The main group consisted of 14 children with ELBW and 26