

УДК 616.24-008.4-079-053.3  
DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-1-17-22

## ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ БРОНХОФОНОГРАФИИ У НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ

*С.В. Зейвальд, Б.К. Урматова, С.Дж. Боконбаева, Ш.А. Сулайманов*

**Аннотация.** Синдром дыхательных расстройств новорожденных является наиболее тяжелой и распространенной в мире перинатальной патологией, обуславливающей повышенную заболеваемость и смертность детей. Наиболее ранимой группой новорожденных являются недоношенные дети. Целью исследования явилось изучение состояния проходимости дыхательных путей у детей с синдромом дыхательных расстройств для усовершенствования диагностических и лечебно-профилактических программ. При проведении компьютерной бронхофонографии были отмечены различия между исследуемыми группами и выявлены закономерности увеличения акустического спектра дыхания при наличии проявлений синдрома дыхательных расстройств у обследуемых новорожденных, причем более выраженные у недоношенных новорожденных детей. Также выявлены гендерные различия частоты и степени нарушения проходимости дыхательных путей, более выраженные у мальчиков. Компьютерная бронхофонография является доступным, щадящим, объективным, статистически достоверным, информативным методом в диагностике заболеваний нижних дыхательных путей даже у самых маленьких – недоношенных новорожденных детей.

**Ключевые слова:** новорожденные; недоношенные; компьютерная бронхофонография; синдром дыхательных расстройств.

---

## АРА ТӨРӨЛГӨН БАЛДАРДА КОМПЬЮТЕРДИК БРОНХОФОНОГРАФИЯСЫНЫН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ

*С.В. Зейвальд, Б.К. Урматова, С.Дж. Боконбаева, Ш.А. Сулайманов*

**Аннотация.** Неонаталдык респиратордук дистресс-синдром дүйнөдөгү эң оор жана кеңири таралган перинаталдык патология болуп саналат, бул балдардын ооруларынын жана өлүмүнүн көбөйүшүнө алып келет. Жаңы төрөлгөн ымыркайлардын эң аялуу тобуна ара төрөлгөн балдар кирет. Изилдөөнүн максаты – диагностикалык, дарылоо жана профилактикалык программаларды өркүндөтүү үчүн респиратордук дистресс синдрому бар балдардын дем алуу жолдорунун ачыктыгынын абалын изилдөө. Компьютердик бронхофонографияны жүргүзүүдө изилдөө топторунун ортосундагы айырмачылыктар белгиленип, дем алуунун акустикалык спектринин жогорулашынын мыйзам ченемдүүлүктөрү текшерилген жаңы төрөлгөн ымыркайларда респиратордук дистресс синдромунун көрүнүштөрүнүн болушу менен, эрте төрөлгөн ымыркайларда көбүрөөк байкалган жана жыштыгында гендердик айырмачылыктар аныкталган жана дем алуу жолдорунун обструкциясынын даражасы эркек балдарда көбүрөөк байкалган. Компьютердик бронхофонография – бул эң кичинекей - ара төрөлгөн ымыркайларда да төмөнкү демалуу жолдорунун ооруларын диагностикалоодо жеткиликтүү, жумшак, объективдүү, статистикалык ишенимдүү, маалыматтык ыкма.

**Түйүндүү сөздөр:** жаңы төрөлгөн балдар; ара төрөлгөн балдар; компьютердик бронхофонография; респиратордук дистресс синдрому.

## FEATURES OF COMPUTER BRONCHOPHONOGRAPHY IN PREMATURE NEWBORN CHILDREN

*S.V. Zeivald, B.K. Urmatova, S.Dg. Bokonbaeva, Sh.A. Sulaimanov*

**Abstract.** Neonatal respiratory distress syndrome is the most severe and widespread perinatal pathology in the world, causing increased morbidity and mortality in children. The most vulnerable group of newborns are premature babies. The purpose of the study was to study the state of airway patency in children with respiratory distress syndrome to improve diagnostic, treatment and preventive programs. When conducting computer bronchophonography, differences were noted between the study groups and patterns of increase in the acoustic spectrum of breathing were identified in the presence of manifestations of respiratory distress syndrome in the examined newborns, more pronounced in premature newborns, and gender differences in the frequency and degree of airway obstruction were identified, more pronounced in boys. Computer bronchophonography is an accessible, gentle, objective, statistically reliable, informative method in the diagnosis of diseases of the lower respiratory tract even in the smallest – premature newborns.

**Keywords:** newborns; premature infants; computer bronchophonography; respiratory distress syndrome.

**Введение.** Синдром дыхательных расстройств новорожденных (СДРН) является наиболее тяжелой и распространенной в мире перинатальной патологией, обуславливающей повышенную заболеваемость и смертность детей. Наиболее ранимой группой новорожденных являются недоношенные дети [1–3]. В Кыргызской Республике почти 75 % случаев смертей новорожденных приходится на первые два дня жизни. По данным ЮНИСЕФ (2017) и ЦЭЗ МЗ КР (2022), в стране СДРН является одной из основных причин мертворождаемости и смертности недоношенных новорожденных детей. Актуальность проблемы возросла с переходом страны на критерии живорожденности ВОЗ [4–6].

Диагностика заболевания у новорожденных традиционно проводится с помощью оценки клинической картины болезни, исследования газового состава крови, рентгенографии органов грудной клетки, бактериологических посевов аспиратов [7]. Особую роль в диагностике и лечении заболевания играет изучение функции внешнего дыхания с измерением показателей скорости потока воздуха по дыхательным путям с оценкой их проходимости. Однако традиционная спирометрия невозможна у детей раннего возраста, что обуславливает актуальность разработки и внедрения современных инновационных методов исследования. К ним относится щадящий неинвазивный метод компьютерной бронхофонографии (КБФГ) у новорожденных детей, который проводится в стране впервые [4–8].

Данная методика основана на регистрации шумов респираторного цикла, возникающих при изменении диаметра воздухоносных путей,

с последующим анализом и математической обработкой частотных и временных характеристик спектра этих шумов. КБФГ регистрирует специфические акустические феномены, возникающие при дыхании, с помощью датчика, обладающего высокой чувствительностью в широком диапазоне частот, включая частоты, которые не выявляются при аускультации, но имеют важное диагностическое значение. Метод дает визуальную и количественную характеристику дыхательных шумов в целом и дифференцированно – в различных частотных диапазонах. Анализ респираторных звуков существенно дополняет и объективизирует информацию для клинического использования, чем только аускультация. Исследование акустических свойств респираторной системы позволяет существенно улучшить диагностику, скрининг и мониторинг респираторных заболеваний, особенно у детей раннего возраста и пациентов, имеющих трудности в выполнении спирометрии [4, 5, 9, 10] и значительно расширяет возможности оценки функции внешнего дыхания у детей. КБФГ характеризует процессы нарушения бронхиальной проходимости. Основными ее преимуществами являются отсутствие необходимости кооперации с пациентом и неинвазивность, что позволяет использовать КБФГ у новорожденных, в том числе у недоношенных детей [5, 7, 8].

**Цель исследования** – изучить состояние проходимости дыхательных путей у детей с СДРН для усовершенствования диагностических и лечебно-профилактических программ

**Материал и методы исследования.** Исследование проводилось на базе Городского

перинатального центра (ГПЦ) г. Бишкека в отделениях реанимации новорожденных, патологии новорожденных детей, контрольные группы исследовались в отделении физиологии новорожденных.

Объектом исследования явились 157 новорожденных, разделённых на 3 группы:

1-я основная группа – 42 недоношенных новорожденных с СДРН;

2-я контрольная группа – 51 здоровых недоношенных новорожденных детей без респираторной патологии;

3-я контрольная группа – 64 здоровых доношенных новорожденных детей без респираторной патологии.

Всем детям было проведено неинвазивное обследование проходимости дыхательных путей с помощью инновационного метода диагностики – компьютерной бронхофонографии. Для записи и регистрации дыхательных шумов, свидетельствующих о проходимости дыхательных путей и локализации дыхательной обструкции используются микрофон и специальный чувствительный датчик, соединенный с лицевой маской. Запись дыхания проводилась в течение 10 секунд. Полученная запись отображалась на экране компьютера, далее проводилась обработка полученных бронхофонограмм с помощью пакета прикладных программ «Pattern» и «Pattern Analyser» с определением акустической работы дыхания.

Все данные, полученные в ходе исследования, были статистически обработаны с помощью прикладного пакета SPSS 16.0. Достоверными результатами считаются при показателе  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждения.** При обследовании срок гестации у новорожденных основной группы составил  $32,38 \pm 2,56$  нед., средняя масса при рождении –  $1859,23 \pm 535,90$  г. ( $710,0$ – $2740,0$ ), у детей контрольной группы недоношенных срок гестации составил  $35,68 \pm 0,57$  нед., масса при рождении  $2836,38 \pm 288,90$  г. ( $2200,0$ – $3180,0$ ), а у контрольной группы доношенных срок гестации составил  $39,12 \pm 1,16$  нед., масса при рождении  $3619,40 \pm 434,76$  г. ( $5280,0$ – $2870,0$ ). Новорожденные основной и контрольных групп отличаются сроком гестации и массой тела, что

и обусловило выбор группы исследования в связи с данными многочисленных исследований о прямой корреляции гестационного возраста и веса с формированием дыхательных устройств у новорожденных.

Гендерный анализ установил, что в целом в контрольной группе здоровых недоношенных новорожденных и в группе больных недоношенных детей преобладают ( $p < 0,01$ ) мальчики, а в группе доношенных новорожденных встречался женский и мужской пол в равных соотношениях (таблица 1).

Исследование функции внешнего дыхания проводилось с помощью компьютерной бронхофонографии. Данный метод основывается на анализе амплитудно-частотных характеристик спектра дыхательных шумов.

КБФГ регистрирует дыхательные шумы в состоянии покоя или сна новорожденного, не причиняя никаких неудобств ни ребенку, ни его матери. И самое главное в этой методике – объективность получаемых данных (рисунок 1).

Частотные характеристики бронхофонограммы определялись в диапазоне от 0,2 до 10 кГц, разделенном на ряд диапазонов, каждый из которых соответствует участку дыхательных путей.

Так, P1 – среднее значение в диапазоне 0,2–1,2 кГц. В данном диапазоне регистрируются шумы верхних дыхательных путей. P2 – среднее значение в диапазоне 1,2–5,0 кГц, в этом диапазоне регистрируются шумы средних дыхательных путей – гортани, трахеи, крупных бронхов. P3 – среднее значение в диапазоне 5,0–10 кГц, который характеризует проходимость нижних дыхательных путей вплоть до мелких бронхиол. Увеличение акустической работы дыхания в частотном диапазоне свидетельствует о нарушении бронхиальной проходимости [8, 10].

При анализе паттернов дыхания в группе здоровых доношенных и здоровых недоношенных новорожденных выявлены достоверные различия. Так, среди группы недоношенных детей достоверно ( $p < 0,05$ ) чаще отмечались нарушения проходимости средних ( $1,8355 \pm 0,21648$ ) и нижних ( $0,5113 \pm 0,07030$ ) отделов респираторного тракта (таблица 2).

Таблица 1 – Гендерное соотношение по группам

Пол	Основная группа		Контрольная группа недоношенных		Контрольная группа доношенных	
Женский	14	33,33 %	16	31,37 %	33	51,56 %
Мужской	28	66,67 %**	35	68,63 %**	31	48,44 %
Всего	42	100 %	51	100 %	64	100 %

Примечание. \*\* –  $p < 0,01$ .

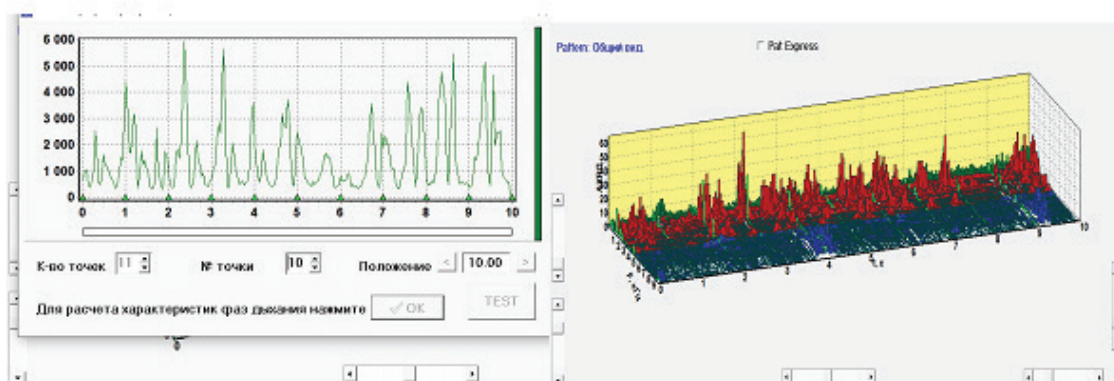


Рисунок 1 – Запись спектра дыхательных шумов при КБФГ у новорожденного с СДРН

Таблица 2 – Показатели КБФГ у здоровых доношенных и недоношенных детей

Показатели	Доношенные здоровые новорожденные	Недоношенные здоровые новорожденные
Тср_вдох	0,4005 ± 0,01287	0,3753 ± 0,01570
Тср_выдох	0,4481 ± 0,1341	0,4522 ± 0,01718
T_общее	0,4243 ± 0,01157	0,4137 ± 0,01477
P2_ср_вдох	1,4488 ± 0,26599	1,4716 ± 0,19147
P2_ср_выдох	1,0548 ± 0,13031	1,8355 ± 0,21648*
P2_общее	1,2518 ± 0,18130	1,6535 ± 0,16830
P3_ср_вдох	0,3786 ± 0,04175	0,4402 ± 0,06021
P3_ср_выдох	0,3590 ± 0,042212	0,5113 ± 0,07030*
P3_общее	0,3688 ± 0,03696	0,4758 ± 0,05233
Итого	64	51

При сравнительном анализе гендерных соотношений по времени прохождения воздуха по респираторному тракту в группе здоровых доношенных новорожденных достоверных различий не выявлено ( $p > 0,05$ ). Однако в группе здоровых недоношенных детей у мальчиков отмечалось увеличение показателей проходимости средних и нижних дыхательных путей. У них увеличены показатели P2 среднее вдоха ( $1,6182 \pm 1,523$ ;  $p < 0,05$ ), P2 среднее выдоха ( $1,971 \pm 1,6843$ ;  $p < 0,05$ ), общего P2 ( $1,7946 \pm 1,3369$ ;  $p < 0,05$ ) и P3 среднее выдоха ( $0,4966 \pm 0,3793$ ;  $p < 0,05$ ) (таблица 3).

При сравнительном исследовании показателей КБФГ у здоровых недоношенных детей и больных недоношенных с СДРН установлено, что время вдоха в основной и контрольной группах практически не отличалось и составило  $0,3753 \pm 0,01570$  и  $0,3524 \pm 0,01742$ , соответственно ( $p > 0,05$ ).

Время выдоха также в обеих группах не отличается –  $0,4522 \pm 0,01718$  и  $0,4276 \pm 0,02025$  ( $p > 0,05$ ).

P2 среднее вдоха, отображающее проходимость средних дыхательных путей, достоверно увеличено в группе недоношенных с СДРН

Таблица 3 – Показатели КБФГ здоровых доношенных и недоношенных детей в гендерном соотношении

Показатели	Доношенные здоровые новорожденные		Недоношенные здоровые новорожденные	
	девочки	мальчики	девочки	мальчики
T_ср_вдох	0,3924 ± 0,01858	0,4090 ± 0,01793	0,3475 ± 0,11498	0,388 ± 0,1101
T_ср_выдох	0,4339 ± 0,01967	0,4632 ± 0,01806	0,4588 ± 0,13376	0,4491 ± 0,1192
T_общее	0,4132 ± 0,01672	0,4361 ± 0,01594	0,4031 ± 0,10524	0,4185 ± 0,1067
P2_ср_вдох	1,6493 ± 0,47989	1,2354 ± 0,20568	1,1507 ± 0,90244	1,6182 ± 1,523*
P2_ср_выдох	1,0655 ± 0,20895	1,0434 ± 0,15502	1,5391 ± 1,18308	1,971 ± 1,6843*
P2_общее	1,3573 ± 0,32669	1,1394 ± 0,14319	1,3449 ± 0,78442	1,7946 ± 1,3369*
P3_ср_вдох	0,3199 ± 0,05363	0,4411 ± 0,06355	0,3731 ± 0,26265	0,4708 ± 0,4882
P3_ср_выдох	0,3667 ± 0,07202	0,3508 ± 0,04240	0,5434 ± 0,71571	0,4966 ± 0,3793*
P3_общее	0,3433 ± 0,05704	0,3960 ± 0,04669	0,4583 ± 0,36635	0,4837 ± 0,382
Итого	33	31	16	35

Таблица 4 – Показатели КБФГ у здоровых и больных СДРН недоношенных детей

Показатели	Недоношенные здоровые новорожденные	Недоношенные дети с СДРН
Tср_вдох	0,3753 ± 0,01570	0,3524 ± 0,01742
Tср_выдох	0,4522 ± 0,01718	0,4276 ± 0,02025
T_общее	0,4137 ± 0,01477	0,3900 ± 0,01726
P2_ср_вдох	1,4716 ± 0,19147	3,3140 ± 0,49349**
P2_ср_выдох	1,8355 ± 0,21648	3,4342 ± 0,47347**
P2_общее	1,6535 ± 0,16830	3,3741 ± 0,42164**
P3_ср_вдох	0,4402 ± 0,06021	1,9629 ± 0,31060***
P3_ср_выдох	0,5113 ± 0,07030	1,5019 ± 0,22384***
P3_общее	0,4758 ± 0,05233	1,7325 ± 0,22061***
Итого	51 (100 %)	42 (100 %)

Примечание. \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Таблица 5 – Показатели КБФГ у здоровых и больных СДРН недоношенных детей в гендерном соотношении

Показатели	Недоношенные здоровые новорожденные		Недоношенные дети с СДРН новорожденные	
	девочки	мальчики	девочки	мальчики
Tср_вдох	0,3475 ± 0,11498	0,388 ± 0,1101	0,3981 ± 0,1398	0,3303 ± 0,0978
Tср_выдох	0,4588 ± 0,13376	0,4491 ± 0,1192	0,4254 ± 0,1488	0,4288 ± 0,125
T_общее	0,4031 ± 0,10524	0,4185 ± 0,1067	0,4118 ± 0,1264	0,3796 ± 0,1056
P2_ср_вдох	1,1507 ± 0,90244	1,6182 ± 1,523	4,482 ± 4,4198**	3,144 ± 2,6685**
P2_ср_выдох	1,5391 ± 1,18308	1,971 ± 1,6843	3,1845 ± 2,9465**	3,7512 ± 3,2294**
P2_общее	1,3449 ± 0,78442	1,7946 ± 1,3369	3,8333 ± 3,5845**	3,4476 ± 2,421**
P3_ср_вдох	0,3731 ± 0,26265	0,4708 ± 0,4882	2,0735 ± 2,1554**	2,1647 ± 2,0307***
P3_ср_выдох	0,5434 ± 0,71571	0,4966 ± 0,3793	1,3721 ± 1,2534***	1,6615 ± 1,5723***
P3_общее	0,4583 ± 0,36635	0,4837 ± 0,382	1,7229 ± 1,4391***	1,9132 ± 1,4593***
Итого	16	35	14	28

(3,3140 ± 0,49349 против 1,4716 ± 0,19147;  $p < 0,01$ ).

P2 среднее выдоха еще более увеличено в группе недоношенных с СДРН (3,4342 ± 0,47347 против 1,8355 ± 0,21648;  $p < 0,01$ ), что, соответственно, отображается в показателях общего P2

(3,3741 ± 0,42164 против 1,6535 ± 0,16830;  $p < 0,01$ ).

Еще в большей степени выражены различия в проходимости нижних дыхательных путей в группе недоношенных с СДРН, где P3 среднее вдоха с высокой степенью достоверности



выше ( $1,9629 \pm 0,31060$  против  $0,4402 \pm 0,06021$ ;  $p < 0,001$ ). РЗ среднее выдоха также увеличено в группе недоношенных с СДРН ( $1,5019 \pm 0,22384$  против  $0,5113 \pm 0,07030$ ;  $p < 0,001$ ). Это, соответственно, отображается в показателях общего РЗ ( $1,7325 \pm 0,22061$  против  $0,4758 \pm 0,05233$ ;  $p < 0,001$ ) и свидетельствует о нарушении бронхиальной проходимости в бронхиолах (таблица 4).

При сравнительном анализе гендерных соотношений паттерна дыхания между группой здоровых недоношенных и недоношенных с СДРН также подтверждаются достоверные изменения проходимости воздуха в средних ( $p < 0,01$ ) и нижних ( $p < 0,001$ ) дыхательных путях как у мальчиков, так и у девочек, соответственно (таблица 5).

**Заключение.** При проведении компьютерной бронхофонографии отмечены различия между исследуемыми группами и выявлены закономерности увеличения акустического спектра дыхания при наличии проявлений СДРН у обследуемых новорожденных, причем, более выраженные у недоношенных новорожденных детей. Выявлены гендерные различия частоты и степени нарушения проходимости дыхательных путей, более выраженные у мальчиков.

Компьютерная бронхофонография является доступным, шадящим, объективным, статистически достоверным, информативным методом в диагностике заболеваний нижних дыхательных путей даже у самых маленьких – недоношенных новорожденных детей.

Поступила: 09.12.24; рецензирована: 23.12.24;  
принята: 25.12.24.

#### Литература

1. Саидмурадова Р.Х. Выживаемость недоношенных детей в зависимости от пренатальной профилактики респираторного дистресс-синдрома / Р.Х. Саидмурадова, Н.Х. Таварова, К.К. Махамов, Ф.К. Олимова // Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения. 2019. № 3. С. 70–73 (дата обращения: 02.12.2024).
2. Павлинова Е.Б. Применение бронхофонографического исследования для оценки дыхательных расстройств у недоношенных детей с респираторным дистресс-синдромом / Е.Б. Павлинова, Т.В. Оксеньчук, Л.А. Кривцова // Бюллетень сибирской медицины. 2010. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniie-bronhofonograficheskogo-issledovaniya-dlya-otsenki-dyhatelnyh-rasstroystv-u-nedonoshennyh-detey-s-respiratornym-distress> (дата обращения: 07.12.2024).
3. Павлович С.В. Антенатальная профилактика респираторного дистресс-синдрома новорожденных / С.В. Павлович // Акушерство и гинекология. 2011. № 3. С. 81–85 (дата обращения: 05.12.2024).
4. Lee S.L., O'Callaghan C., Lau Y.L., Lee C.D. Functional analysis and evaluation of respiratory cilia in healthy Chinese children // Respir. Res. 2020. Vol. 21. № 1. P. 259 (дата обращения: 09.12.2024).
5. Pasterkamp H. The highs and lows of wheezing: a review of the most popular adventitious lung sound // Pediatric Pulmonology. 2018. Vol. 53. № 2. P. 243–54 (дата обращения: 09.12.2024).
6. Liu J. Ultrasound diagnosis and grading criteria of neonatal respiratory distress syndrome // Journal of Maternal-Fetal Neonatal Medicine. 2023. Vol. 36. № 1. e. 2206943 (дата обращения: 05.12.2024).
7. Малышев В.С. Опыт использования компьютерной бронхофонографии в педиатрической практике / В.С. Малышев, И.М. Мельникова, Ю.Л. Мизерницкий [и др.] // МС. 2019. № 2 (дата обращения: 05.12.2024).
8. Генпе Н.А. Компьютерная бронхофонография респираторного цикла / Н.А. Генпе, В.С. Малышева. М.: Изд-во Медиа Сфера, 2016. 108 с.
9. Старостина Л.С. Регистратор респираторных звуков – продолжение инноваций / Л.С. Старостина, Н.А. Генпе, В.С. Малышев [и др.] // Педиатрия. Consilium Medicum. 2021. № 2 (дата обращения: 07.12.2024).
10. Асеева Е.В. Регистратор респираторных звуков для компьютерного анализа паттерна дыхания у детей / Е.В. Асеева, Н.А. Генпе, В.С. Малышев [и др.] // Доктор.Ру. 2023. № 3 (дата обращения: 07.12.2024).