

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ
АКУШЕРСТВО И ГИНЕКОЛОГИЯ

УДК 618.29-07:616.144

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2025-10-3-47-60>

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АНАЛИЗА СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПЛОДА С ПОМОЩЬЮ ФОНОКАРДИОГРАФИИ С НОВЫМИ МАТЕМАТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ОБРАБОТКИ АУДИОГРАММ

РЕПИНА Е.С.¹✉, ЮРЬЕВ С.Ю.^{1,4}, КОСТЕЛЕЙ Я.В.^{2,3}, ЗИМИНА Н.Д.¹¹Сибирский государственный медицинский университет, Московский тракт, д. 2, г. Томск, 634050, Россия²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
пр. Ленина, д. 40, г. Томск, 634050, Россия³«Диагностика +», пр. Фрунзе, 116, г. Томск, 634029, Россия⁴Центр перинатального здоровья, ул. Сибирская, д. 9/1, г. Томск, 634029, Россия

Основные положения

Фонокардиография плода, в том числе дистанционная, является перспективным методом наблюдения за состоянием плода. Основными преимуществами данного метода является безопасность для матери и плода, а значит, возможность неограниченного применения в течение суток. Фонокардиография с новыми методами математической обработки аудиоданных позволяет достоверно оценить внутриутробное состояние плода.

Резюме

Цель. Основной целью исследования было оценить чувствительность и специфичность метода диагностики гипоксии плода, основанного на фонокардиографии с помощью программно-аппаратного комплекса FetaCare. **Материалы и методы.** В исследование были включены 204 беременные женщины высокой степени перинатального риска. Все беременные были разделены в зависимости от срока беременности на 3 группы: 1-я группа – 26–31,6 нед., 2-я группа – 32–36,6 нед., 3-я группа – 37–41 нед. Всем беременным проводилась запись фонокардиограмм плодов, проведена математическая обработка аудиоданных и построены кардиоинтервалограммы (КИГ). Оценка состояния плода произведена на основе рассчитанных параметров КИГ: базальная ЧСС, амплитуда осцилляций, количество осцилляций, амплитуда акцелераций, количество акцелераций,

LTV, STV. **Результаты.** Рассчитана чувствительность и специфичность метода на основе параметров STV и LTV. В зависимости от группы чувствительность варьировала от 40 % до 100 %, специфичность – от 95 % до 100 %. **Заключение.** С увеличением срока беременности точность диагностики возрастает. До 32 недель точность диагностики низкая, что требует использования дополнительных методов исследования состояния плода для принятия решения о необходимости родоразрешения. Данное исследование показывает, что информативность фонокардиографии с новыми методами обработки аудиоданных может быть сопоставима с кардиотокографией, широко распространённой в клинической практике в настоящее время.

Ключевые слова: фонокардиография, оценка внутриутробного состояния плода, внутриутробная гипоксия, кардиоинтервалограмма

Корреспонденцию адресовать:

Репина Екатерина Сергеевна, 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, д. 2, e-mail: repinaekaterina.ssmu@gmail.com
© Репина Е.С. и др.

Соответствие принципам этики. Исследование проведено в соответствии с разрешением этического комитета Сибирского государственного медицинского университета (№ 9322, 15.12.2022). Все беременные подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-64-00006, <http://rscf.ru/project/24-64-00006/>

Для цитирования: Репина Е.С., Юрьев С.Ю., Костелей Я.В., Зими́на Н.Д. Оценка эффективности анализа сердечного ритма плода с помощью фонокардиографии с новыми математическими методами обработки аудиоданных. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2025;10(3): 47-60. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2025-10-3-47-60>

Поступила:

05.06.2025

Поступила после доработки:

24.07.2025

Принята в печать:

30.08.2025

Дата печати:

30.09.2025

Сокращения

КИГ – кардиоинтервалограмма
КТГ – кардиотокография
ФКГ – фонокардиография
ЧСС – частота сердечных сокращений
БЧСС – базальная частота сердечных

сокращений
STV – short-term variation, кратковременная
вариабельность ритма
LTV – long-term variation, долговременная
вариабельность
RR – расстояние между первым и
последующим зубцом «R» на ЭКГ

РДСН – респираторный дистресс-синдром
ИМТ – индекс массы тела
СД – сахарный диабет
ВРТ – вспомогательные репродуктивные
технологии
ГСД – гестационный сахарный диабет
ПМП – предполагаемый вес плода

ORIGINAL RESEARCH
OBSTETRICS AND GYNECOLOGY

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF FETAL HEART RATE ANALYSIS USING PHONOCARDIOGRAPHY WITH NOVEL MATHEMATICAL METHODS OF AUDIOGRAM PROCESSING

EKATERINA S. REPINA¹✉, SERGEY YU. YURIEV^{1,4}, YANA V. KOSTELEY^{2,3}, NATALIA D. ZIMINA¹

¹Siberian State Medical University, Moskovskiy Trakt, 2, Tomsk, 634050, Russia

²Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Lenina Avenue, 40, Tomsk, 634050, Russia

³Diagnostika +, LLC, Frunze Avenue, 11b, Tomsk, 634029, Russia

⁴Perinatal Health Center, LLC, Sibirskaya Street, 9/1, Tomsk, 634029, Russia

HIGHLIGHTS

Fetal phonocardiography, including remote monitoring, is a promising method for assessing fetal conditions. The primary benefit of this approach is its safety for the mother and fetus, permitting its unrestricted use throughout the day. Phonocardiography with novel mathematical approaches to audio data processing enables reliable assessment of intrauterine fetal status.

Abstract

Aim. To evaluate the sensitivity and specificity of a phonocardiography-based method for diagnosing fetal hypoxia using the FetaCare software and hardware complex. **Materials and Methods.** The study included 204 pregnant women with a high degree of perinatal risk who were stratified into three groups by gestational age: 1) 26–31.6 weeks; 2) 32–36.6 weeks; 3) 37–41 weeks. Phonocardiography records of the fetus were obtained for all participants, followed by mathematical audio data processing and construction of cardiointervalograms. Fetal condition was assessed based on cardiointervalogram-derived parameters: basal fetal heart rate, oscillation amplitude, number of oscillations, acceleration amplitude, number of accelerations, long-term variation, and short-term variation. Sensitivity and specificity

of the method was calculated based on short-term variation and long-term variation. **Results.** Depending on the gestational age group, sensitivity ranged from 40 % to 100 %, while specificity ranged from 95% to 100 %. **Conclusion.** Diagnostic accuracy of a phonocardiography- and audiogram processing-based heart rate analysis increased with gestational age. Before 32 weeks, its accuracy remained low, requiring the use of additional fetal examination methods to make a decision on the need for delivery. This study demonstrates that the informativeness of phonocardiography with novel audio data processing methods can be comparable to cardiotocography, which is currently widely used in clinical practice.

Keywords: phonocardiography, intrauterine fetal assessment, intrauterine hypoxia, cardiointervalogram

Corresponding author:

Dr. Ekaterina S. Repina, Moskovskiy Trakt, 2, Tomsk, 634050, Russia, e-mail: repinaekaterina.ssmu@gmail.com

© Ekaterina S. Repina, et al.

Ethics Statement. The study was approved by the Ethical Committee of the Siberian State Medical University (No. 9322, 12/15/2022). All pregnant women signed an informed consent to participate in the study.

Conflict of Interest. None declared.

Funding. The research was granted by the Russian Science Foundation № 24-64-00006, <http://rscf.ru/project/24-64-00006/>

For citation:

Ekaterina S. Repina, Sergey Yu. Yuriev, Yana V. Kosteley, Natalia D. Zimina. Evaluation of the effectiveness of fetal heart rate analysis using phonocardiography with novel mathematical methods of audiogram processing. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2025;10(3):47-60. (In Russ). <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2025-10-3-47-60>

Received:
05.06.2025

Received in revised form:
24.07.2025

Accepted:
30.08.2025

Published:
30.09.2025

Введение

Телемедицинские технологии активно развиваются в различных областях медицины, рутинной становится контроль уровня глюкозы крови, дистанционное мониторирование электрокардиограммы (ЭКГ) и артериального давления (АД). Динамическое дистанционное наблюдение за состоянием плода является перспективным направлением, пандемия COVID-19 продемонстрировала важность разработки такого метода дистанционного мониторинга сердечного ритма плода, который бы был достаточно информативен, но в то же время абсолютно безопасен для матери и плода. Метод имеет определенные особенности, поскольку передача сигнала идет через ткани организма матери.

Сердечная деятельность – важный индикатор внутриутробного состояния плода. Оценить характер сердечной деятельности плода можно путем анализа кардиоинтервалограммы (КИГ) – графического представления данных об изменениях сердечного ритма при помощи регистрации последовательных кардиоинтервалов, которые измеряются по длительности RR (SS) интервалов в секундах или миллисекундах. Получить первичные данные для КИГ можно различными методами – электрокардиографией, кардиографией на основе ультразвукового доплеровского сигнала, фонокардиографией.

При визуальном анализе КИГ принято рассчитывать следующие показатели: базальная частота сердечных сокращений (БЧСС), количество и амплитуда осцилляций, количество акцелераций, количество и характер децелераций.

В конце 80-х годов XX века в акушерстве стали изучаться возможности компьютерного анализа КИГ, так как компьютеризированные системы способны извлекать параметры ЧСС из нескольких доменов (временных и частотных областей). Это явилось первым шагом к попытке многомерного анализа сердечного ритма. Появилась система мониторинга состояния плода, выпущенная компанией Oxford Instruments. Новизна данной системы была в том, что полученная путем доплерометрии КИГ подвергалась математическому анализу на соответствие критериям Доуза-Редмана (по фамилиям авторов данной разработки): наличие хотя бы одного шевеления плода или 3 акцелераций, наличие акцелерации или высокой вариабельности, STV (short-term variation, кратковременная вариабельность ритма) не менее 3 миллисекунд, отсутствие децелераций, отсутствие синусоидального ритма; отсутствие ошибок в конце записи. Важный, но не единственный, показатель оценки сердечного ритма в данной системе – показатель STV.

STV отражает различия в средней продолжительности RR каждого последующего интервала в 1/16 минуты от предыдущего, измеряется в миллисекундах. STV – чувствительный маркер степени оксигенации тканей плода. Оценить и интерпретировать данный показатель возможно только при компьютерной обработке КИГ.

В первых ретроспективных исследованиях по определению эффективности применения STV для оценки внутриутробного состояния плода продемонстрирована умеренная точность прогнозирования ацидемии у нормовесных плодов (чувствительность 0,57, 95 % ДИ [0,45–0,68]), специфичность 0,81, 95 % ДИ [0,69–0,89]), однако отмечена более высокая чувствительность STV в плане прогноза асфиксии у плодов с задержкой роста (чувствительность составила 0,63, 95 % ДИ [0,49–0,75]) [1, 2].

В настоящее время возрастает интерес ученых к идее применения искусственного интеллекта в контексте медицины плода и перинатального акушерства [3]. Опубликовано исследование с успешным использованием машинного обучения для поиска задержки роста плода на основе многомерного анализа КИГ [4].

Фонокардиография – метод наблюдения за состоянием плода в течение беременности, представляющий собой графическую запись тонов сердца плода с поверхности передней брюшной стенки беременной женщины. Данная методика активно изучалась в 50–60-е годы XX в. в России профессорами Н.Л. Гармашевой, Л.С. Персианиновым, В.Н. Демидовым. Но, в связи с отсутствием возможности компьютерной обработки аудиоданных, фонокардиография была незаслуженно забыта на долгие годы. В конце 90-х годов ученые вновь вернулись к исследованию фонокардиографии, как к безопасному и неограниченному по времени методу наблюдения за состоянием плода (Венгрия [5], Россия (ООО «Диагностика+») [6,7].

В современной математической обработке аудиосигналов, как правило, применяется комплексный подход последовательной обработки аудиосигнала:

- цифровая фильтрация сопутствующих шумов, которые не соответствуют частотным характеристикам сердцебиений плода – механические звуки (движение, трение датчика), физиологические звуки (звуки пищеварения, дыхания) и иные звуки;
- определение наличия сигнала сердцебиений и сегментация отдельных звуков сердцеби-

ений плода, для которой часто применяют пороговую сегментацию огибающих сигнала, энергии Шеннона или результатов вейвлет-преобразования;

- расчет точечных значений ЧСС для построения КИГ путем определения периода биений методами интеллектуального или корреляционного анализа;
- расчет интегральных показателей состояния плода на основании стандартных алгоритмов их расчета.

Таким образом, есть все основания рассчитывать на возможность достаточно точной дистанционной диагностики внутриутробного состояния плода с помощью математической обработки фонограмм.

Цель исследования

Оценить специфичность и чувствительность фонокардиографии с новыми вычислительными алгоритмами обработки аудиоданных в качестве метода диагностики нарушений внутриутробного состояния плода.

Материалы и методы

В обсервационное исследование «случай – контроль» вошли 204 женщины высокой группы перинатального риска в возрасте от 15 до 48 лет. Срок беременности на момент начала включения в исследование и записи ФКГ составлял от 26 до 41 недели. Участницы исследования были разделены на 3 группы в зависимости от срока беременности: 1-я группа – 26–31,6 нед. (15), 2-я группа – 32–36,6 нед. (82), 3-я группа – 37–41 нед. (119).

Критерии включения в исследование:

- срок беременности 26–41 нед.;
- согласие на участие в исследовании;
- Критерии исключения из исследования:
- хронические соматические заболевания в стадии декомпенсации;
- острые и обострение хронических инфекционных заболеваний.
- осложнения беременности, требующие оказания экстренной помощи;
- отказ пациентки от участия в исследовании;
- врожденные пороки развития плода, влияющие на деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем;
- многоплодная беременность;
- применение глюкокортикоидов для профилактики РДСН менее чем за 3 дня до проведения исследования [8].

Запись ФКГ проведена программно-аппаратным комплексом FetalCare (ООО «Диагностика+», г. Томск).

Проведен анализ антропометрических данных и состояния соматического здоровья беременных в клинических группах. Общим трендом является увеличение возраста беременных, доли экстрагенитальной патологии и курения (в том числе использующих альтернативные системы доставки никотина), что ведет за собой увеличение количество осложнений беременности и может вызывать нарушение внутриутробного состояния плода (таблица 1).

Анализ не зарегистрировал значимых различий в частоте экстрагенитальных заболеваний в группах.

Таблица 1.
Клиническая характеристика групп исследования.

Table 1.
Clinicopathological features of the study group.

Параметр / Parameter	Группа 1 (26-31,6 нед) Delivery at 26-31.6 weeks	Группа 2 (32-36,6 нед) Delivery at 32-36.6 weeks	Группа 3 (37 и более недель) Delivery at ≥ 37 weeks	Р
Всего беременных / Total number of pregnant women	15	82	119	
Возраст, Ме (Q1; Q3) / Age, Me (Q1; Q3)	32 (28; 34)	36 (27; 38)	32 (27; 38)	0.854
ИМТ, Ме (Q1; Q3) / Body mass index, Me (Q1; Q3)	24 (23; 26)	24 (22.4; 29)	24 (22; 29)	0.135
Сахарный диабет 1/2 тип, n (%) / Type 1/2 diabetes mellitus, n (%)	0	2 (2.4%)	1 (0,8%)	0.568
Сердечно-сосудистые заболевания, n (%) / Cardiovascular disease, n (%)	1 (6%)	8 (9.7%)	9 (7,5%)	0.834
Бронхиальная астма и др. легочная патология, n (%) / Chronic obstructive pulmonary disease and asthma, n (%)	0	4 (4,8%)	3 (2%)	0.497
Табакокурение, n (%) / Tobacco smoking, n (%)	2 (13%)	26 (31.7%)	29 (24,3%)	0.229

Параметр/ Parameter	Группа 1 (26–31,6 нед.) Gestational age 26–31.6 weeks	Группа 2 (32–36,6 нед.) Gestational age 32–36.6 weeks	Группа 3 (37 и более недель) Gestational age ≥ 37 weeks	P
Паритет Me* (min-max)/ Number of births, Me, (min-max)*	2 (1-5)	1-17, Me -2	1-11 Me-3	
ВРТ, n** (%) / Assisted reproductive technologies, n** (%)	2 (13%)	8(9,7%)	8(6,7%)	0.574
Гестационный сахарный диабет (ГСД), n (%) / Gestational diabetes mellitus, n (%)	6(40%)	37(39%)	79(66,39%)	0.005
ГСД с потребностью в инсулинотерапии, n (%) / Gestational diabetes mellitus with need in insulin therapy n (%)	1 (6,6%)	9 (10,9%)	14(11,76%)	0.839
Диабетическая фетопатия (по УЗИ маркерам), n (%) / Diabetic fetopathy (by ultrasound markers), n (%)	1 (6,6%)	7 (8,5%)	23 (19,3%)	0.069
COVID-19 в настоящую беременность, n (%) / COVID-19 in current pregnancy, n (%)	1 (6,6%)	15 (18,3%)	10 (8,4%)	0.086
Преэклампсия, n (%) / Pre- eclampsia, n (%)	4 (26.6%)	10 (12,2%)	4 (3,36%)	0.003
ПМП>10 процентиля, n (%) / Estimated fetal weight > 10 th percentile, n (%)	10 (66.6%)	53 (64, 63%)	107 (89,9%)	<0,001
ПМП с 10 по 3 процентиля, n (%) / Estimated fetal weight from 3 rd to 10 th percentile, n (%)	0	4 (4,87%)	3 (2,52%)	0.497
ПМП с 10 по 3 процентиля, с нарушением кровотока в АП > 95, n (%) / Estimated fetal weight from 3 rd to 10 th percentile, with impaired blood flow in umbilical artery > 95, n (%)	0	5 (6,09%)	1 (0,84%)	0,067
ПМП < 3 процентиля, n (%) / Estimated fetal weight < 3 rd percentile, n (%)	4 (26.6%)	6 (7,31%)	4 (3,36%)	0,003
ПМП < 3 процентиля с нарушением кровотока в АП > 95 процентиля, n (%) / Estimated fetal weight < 3 rd percentile with impaired blood flow in umbilical artery > 95 th percentile, n (%)	1 (6,6%)	5(6,09%)	0	0,023
ПМП>10 процентиля, нарушение кровотока в АП>95 процентиля, n (%) / Estimated fetal weight >10 th percentile, impaired blood flow in umbilical artery > 95 th percentile, n (%)	3 (20%)	9 (10,97%)	4 (3,36%)	0,020
Роды своевременные, n (%) / Term birth, n (%)	7 (46.6%)	63(76,8%)	119 (100%)	<0,001
Роды преждевременные, n (%) / Preterm birth, n (%)	8 (53.3%)	19 (23,2%)	0	<0,001
Роды через естественные родовые пути, n (%) / Vaginal delivery, n (%)	5 (33.4%)	39 (47,6%)	68(57,2%)	0.136
Роды путем кесарева сечения, n (%) / Delivery by cesarean section, n (%)	10 (66.6%)	22 (26,8%)	51(42,8%)	p=0.005

Таблица 2.
Особенности тече-
ния беременности
в группах исследо-
вания.

Table 2.
Features of pregnancy
course in the study
groups.

Примечание:

* Me (min-max), меди-
ана (минимум – мак-
симум)

** n – количество

Note:

* Me (min-max),
median (minimum –
maximum)

** n – number

Анализ акушерских осложнений показал, что с увеличением срока беременности возрастает количество женщин с ГСД, в том числе с потребностью в инсулинотерапии (**таблица 2**). Стоит отметить большое количество женщин, у которых беременность наступила в результате использования ВРТ в данном исследовании. По данным Росстата на 2023 год, в результате ВРТ наступает около 2,5 % всех беременностей. Значительный процент беременностей в результате ВРТ в нашем исследовании связан с высокой группой перинатального риска в качестве критерия включения.

Разница по количеству женщин с преэклампсией (наибольшее количество во второй группе (32–36,6 нед.), объяснима. При преэклампсии умеренной степени выжидательная тактика в 37 недель заканчивается, а в сроке до 34 недель, напротив, выжидательная тактика (при отсутствии неконтролируемой гипертензии, прогрессирования полиорганной дисфункции, признаков страдания плода) с последующей подготовкой к родоразрешению рекомендована даже при преэклампсии тяжелой степени.

По частоте оперативных родов в группах также отмечаются статические различия, преимущественное количество в 1-й группе (26–31,6 нед.), что также ожидаемо, так как показания к кесареву сечению, возникшие в данных сроках (тяжелая преэклампсия, признаки внутриутробного страдания плода и т.д.) не предполагают возможности быстрого и бережного родоразрешения через естественные родовые пути.

Основным показанием к кесареву сечению в 1-й группе явилась острая внутриутробная гипоксия плода.

Показаниями к кесареву сечению во 2-й группе стали: острая и декомпенсация хронической внутриутробной гипоксии – 12 (54,5 %), тяжелая преэклампсия – 6 (27,2 %), другие показания – 4 (18,1 %).

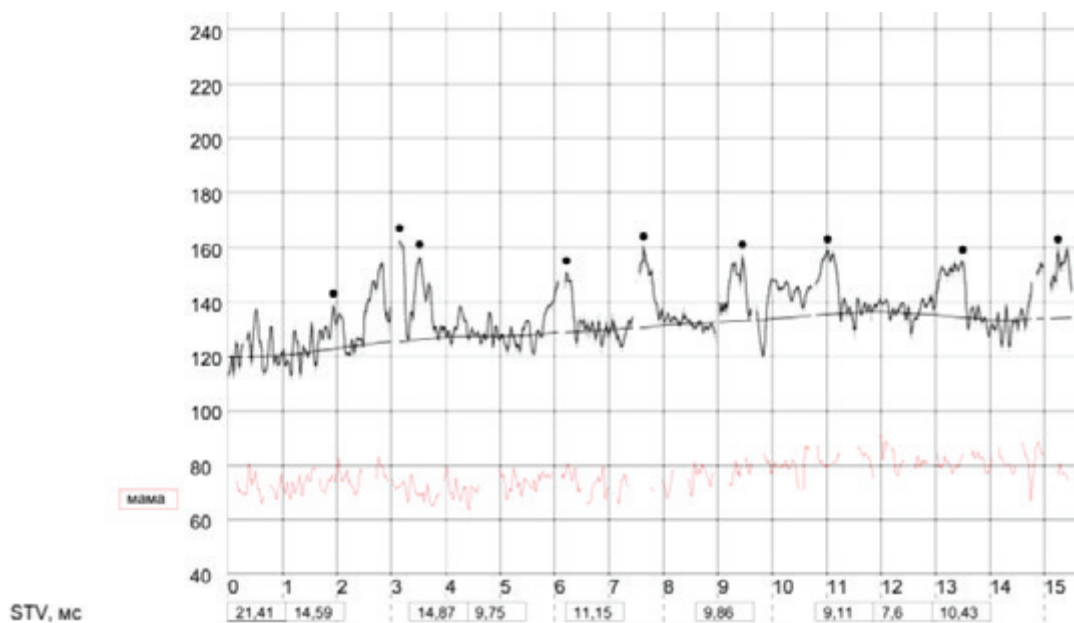
Показания к кесареву сечению в 3-й группе: внутриутробная гипоксия – 5 (9,8 %), рубец на матке после кесарева сечения – 23 (45 %), слабость родовой деятельности – 7 (13,7 %), тазовое предлежание – 9 (17 %), другие показания – 13,7 %.

В результате проведенного исследования получено 666 аудиограмм. В 1-й группе – 78, во 2-й – 282, в 3-й – 306. Проведена математическая обработка полученных аудиограмм и построение КИГ с применением оригинальных алгоритмов обработки аудиосигнала, созданных группой разработчиков ООО «Диагностика +», г. Томск [9].

Первично в рамках алгоритма выполняется полосовая фильтрация сигнала для выделения полезных составляющих, соответствующих частотам звуков сердца плода и артерий или аорты матери. Далее на полученном сигнале строится нормализованная огибающая сигнала, получаемая с использованием модификации фильтра нелокального усреднения. На основании огибающей проводится пороговая сегментация участков потенциальных сердцбиений, результаты которой используются для расчета автокорреляции и определения оптимально-

Рисунок 1.
КИГ сердечного ритма плода (черным цветом) и ЧСС матери (красным цветом), полученная путем анализа ФКГ.

Figure 1.
Fetal heart rate (black color) and maternal heart rate (red color) obtained during the phonocardiography analysis.



го сдвига функции, соответствующего частоте сердечных сокращений на участке и транслируемого на КИГ. Полученные графики КИГ плода и матери обрабатываются для исключения выбросов и ложных участков КИГ, а также проводится «вырезание» участков графика КИГ матери из графика КИГ плода (**рисунок 1**) [7, 9].

Статистический анализ проводился с помощью программного обеспечения SPSS версии 20.0, Statistica версия 12. Для описания количественных данных использованы медиана, процентиля 25–75. Для описания качественных данных использованы абсолютные и относительные частоты. Для сравнения непараметрических количественных данных 2 групп использован критерий Манна-Уитни, для 3 групп – Краскела-Уоллиса. Для сравнения качественных данных использованы критерии Фишера, Хи-квадрат в соответствии с условиями их применения. Уровень значимости – $p < 0,05$.

Результаты

Большинство исследователей относят показатель STV к самому информативному для оценки состояния плода [12, 13].

Учитывая отсутствие единого мнения по поводу порогового значения (cut-off) STV в диагностике асфиксии, была произведена серия расчетов с применением cut-off краткосрочной вариабельности 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5 мсек для выявления оптимального значения (**таблицы 4, 5, 6**).

Относительно сроков появления изменений на КИГ до момента внутриутробной гибели однозначного мнения в литературе нет. Некоторые авторы [14, 15] исследуют изменения на КИГ за 5 дней до родов/внутриутробной гибели плода. В исследовании Bruin С.М. и соавт. [14] оценивались КИГ, полученные путем КТГ за 5 дней до внутриутробной гибели или родоразрешения, и было показано, что изменения

Таблица 3.
Основные показатели кардиоинтерваллограммы в группах.

Table 3.
Main indices of cardiointervallogram in the study groups.

Показатель КИГ Cardiointervallography index	1 гр.; 1 gr. (n=15)			2 гр.; 2 gr. (n=82)			3 гр.; 3 gr. (n=119)		
	Н –	Н +	Р	Н –	Н +	Р	Н –	Н +	Р
	Me (95% ДИ) Me (95% CI)	Me (95% ДИ) Me (95% CI)		Me (95% ДИ) Me (95% CI)	Me (95% ДИ) Me (95% CI)		Me (95% ДИ) Me (95% CI)	Me (95% ДИ) Me (95% CI)	
БЧСС / Basal heart rate	140 (138-142)	140 (137,3-142,7)	0,917	134,5 (133,3-135,6)	143 (140,7-145,25)	0.0001	132 (131,8-134,1)	135(131,8-136,1)	0.04
Амплитуда осцилляций уд/мин/ Oscillation amplitude beats/min	11 (10,6-11,4)	8,5 (7,32-9,68)	< 0.0001	10,5 (10,2-10,7)	8 (7,28-8,72)	< 0.0001	11 (10,3-11,3)	8 (7,4-8,5)	< 0.0001
Количество осцилляций (шт./мин.)/ Number of oscillations (pcs/min)	13 (12,5-13,5)	15 (13,4-16,5)	0.001	12(11,7-12,2)	14(13,2-14,9)	0,02	13 (12,7-13,2)	15(14,8-15,1)	< 0.0001
Количество акцелераций (шт.)/ Number of accelerations (pcs)	5,5 (4,27-6,73)	2(0-4)	0.06	9(8,2-9,7)	5(3,6-6,4)	< 0.0001	13 (12,2-13,7)	8(6,8-9,1)	< 0.0001
Амплитуда акцелераций средняя/ Average acceleration amplitude	19(16,8-21,2)	15(12,3-18,7)	0.0003	20(19,4-20,5)	16(13,8-18,2)	< 0.0001	21 (20,5-21,4)	17(16,2-17,70)	< 0.0001
LTV, мс, Long-term variation, ms	33,9 (30,8-37,1)	25,3 (21,0-29,7)	0.001	43,8(42,0-45,7)	30,6(27,4-33,7)	< 0.0001	48,6- (46,7-50,6)	33,1 (30,2-35,9)	< 0.0001
STV, мс, Short-term variation, ms	7,21 (6,64-7,77)	4,67 (3,66-5,68)	< 0.0001	8,5 (8,19-8,81)	5,88 (5,29-6,47)	< 0.0001	9,08 (8,7-9,4)	6,54 (6,02-7,06)	< 0.0001

STV возникают за 2 дня до родов/внутриутробной гибели, а за 1 день и в день родоразрешения /внутриутробной гибели изменения были более выраженные, чем накануне. В исследовании Baier F. и соавт. [16] показано, что КИГ может «ухудшаться» не постепенно, а резко, в отличие от доплерометрии. Этот факт диктует целесообразность более частой (или непрерывной) оценки сердечного ритма у плодов с высоким риском внутриутробной гибели.

В нашем исследовании при ретроспективном анализе для расчёта чувствительности и специфичности при $STV < \text{cut-off}$ брались в расчет КИГ, зафиксированные путем ФКГ за 3 и менее дней до родоразрешения, как более показательные.

В 1-й группе женщины, вошедшие в подгруппу « $STV > \text{cut-off}$, новорожденный асфиксия», были родоразрешены в сроке до 31,6 нед. Логично предполагать, что у ребенка, рожденного в данном сроке, низкий балл по шкале Апгар на 1 минуте связан не только с асфиксией при рождении, но и морфофункциональной незрелостью организма новорожденного.

В данной группе оптимальные результаты специфичности и чувствительности получены при показателе $STV = 4,5$.

В данной группе все женщины из подгруппы « $STV > \text{cut-off}$, асфиксия новорожденного» были родоразрешены в сроке с 32 до 36,6 недель по различным причинам (преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты, преждевременных разрыв плодных оболочек с длительным безводным периодом, показания со стороны женщины в виде преэклампсии тяжелой степени), в связи с этим низкий балл новорожденного по шкале Апгар на 1 минуте обусловлен не только асфиксией, но и незрелостью органов и систем в связи с недоношенностью, внутриутробной инфекцией и другими причинами.

В данной группе зафиксировано 2 случая « $STV < \text{cut-off}$, новорожденный здоров» регистрации STV менее 4,5 мс (4,07 и 4,4) за 40 минут исследования. Но при дальнейшей регистрации ФКГ показатель STV был выше 6 мс, беременность была пролонгирована, и дети родились с оценкой по шкале Апгар более 8 бал-

Таблица 4.
Точность диагностики асфиксии плода при различных показателях STV в сроке беременности 26–31,1 недель.

Table 4.
Accuracy of fetal asphyxia diagnosis at different short-term variation at gestational age of 26–31.1 weeks.

Параметр/ Parameter	STV (мсек) Short-term variation (ms)							
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$STV < \text{cut-off}$, новорожденный асфиксия/ Short-term variation $< \text{cut-off}$, newborn asphyxia	1	1	1	1	2	2	2	3
$STV > \text{cut-off}$, новорожденный здоров/ Short-term variation $> \text{cut-off}$, healthy newborn	12	12	12	12	12	11	11	8
$STV > \text{cut-off}$, асфиксия/ Short-term variation $> \text{cut-off}$ newborn asphyxia	2	2	2	2	1	1	1	0
$STV < \text{cut-off}$, новорожденный здоров/ Short-term variation $< \text{cut-off}$, healthy newborn	0	0	0	0	0	1	1	4
Чувствительность [95 % ДИ]/ Sensitivity [95 % CI]	33 % [0,84–90,57]	33 % [0,84–90,57]	33 % [0,84–90,57]	33 % [0,84–90,57]	66 % [9,43–99,16]	66,6 % [9,43–99,16]	66,6 % [9,43–99,16]	100 % [29,24–100]
Специфичность [95 % ДИ]/ Specificity [95 % CI]	100 % [73,54–100]	100 % [73,54–100]	100 % [73,54–100]	100 % [73,54–100]	100 % [73,5–100]	91,6 % [61,52–99,79]	91,6 % [61,52–99,79]	66,6 % [34,89–90,08]
ОШ [95 % ДИ], OR [95 % CI]	7 [1,94–25,24]	7 [1,94–25,24]	7 [1,94–25,24]	7 [1,94–25,24]	13 [1,9–85,46]	8 [1,04–61,5]	8 [1,04–61,5]	-

Параметр/ Parameter	STV Short-term variation (ms)						
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
STV < cut-off, новорожденный асфиксия/ Short-term variation < cut-off, newborn asphyxia	0	0	2	3	4	4	4
STV > cut-off, новорожденный здоров Short-term variation > cut-off, healthy newborn	72	72	72	71	69	67	65
STV > cut-off, асфиксия/ Short-term variation > cut-off newborn asphyxia	10	10	8	7	6	6	6
STV < cut-off, новорожденный здоров/ Short-term variation < cut-off, healthy newborn	0	0	0	1	3	5	7
Чувствительность [95 % ДИ]/ Sensitivity [95 % CI]	0 [0- 30,85]	0 [0- 30,85]	20 % [2,52- 55,6]	30 % [6,67- 65,25]	40 % [12,16 – 73,76]	40 % [12,16 – 73,76]	40 % [12,16 –73,76]
Специфичность [95 % ДИ]/ Specificity [95 % CI]	100 % [95-100]	100 % [95-100]	100 % [95-100]	98,6 % [92,5- 99,96]	95,8 % [88,3 – 99,13]	93,06 % [84,53- 97,71]	90 % [80,99-96]
ОШ [95 % ДИ]/ OR [95 % CI]	-	-	10 [5,18-19,3]	8,36 [3,38- 20,6]	7,14 [2,67-19,4]	5,41 [1,87- 15,58]	4,3 [1,44-12,85]

Таблица 5.

Точность диагности-
ки асфиксии плода
при различных
показателях STV в
сроке беременности
32–36,6 нед.

Table 5.

Accuracy of fetal
asphyxia diagnosis
at different short-
term variation at
gestational age of
32–36.6 weeks.

Параметр/ Parameter	STV Short-term variation (ms)						
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
STV < cut-off, новорожденный асфиксия/ STV < cut-off, newborn asphyxia	0	0	0	1	2	2	2
STV < cut-off, новорожденный здоров/ STV < cut-off, healthy newborn	117	117	117	117	115	115	111
STV > cut-off, новорожденный асфиксия/ STV > cut-off, newborn asphyxia	2	2	2	1	0(1)	0	0
STV > cut-off, новорожденный здоров/ STV > cut-off, healthy newborn	0	0	0	0	2	2	6
Чувствительность [95 % ДИ]/ Sensitivity [95 % CI]	0 % [0- 84,19]	0 % [0- 84,19]	0 % [0- 84,19]	50 % [1,26- 98,74]	100 % [15,8- 100]	100 % [15,8- 100]	100 % [15,8- 100]
Специфичность [95 % ДИ]/ Specificity [95 % CI]	100 % [96,9- 100]	100 % [96,9-100]	100 % [96,9-100]	100 % [96,9-100]	98,2 % [93,9- 99,7]	98,2 % [93,96- 99,79]	94,87 % [89,17- 98,1]
ОШ [95 % ДИ]/ OR [95 % CI]	-	-	-	118 [16-830]	58 [6.53-515.02]	-	-

Таблица 6.

Точность диагности-
ки асфиксии плода
при различных пока-
зателях STV в сроке
беременности 37
недель и более.

Table 6.

Accuracy of fetal
asphyxia diagnosis
at different short-
term variation at
gestational age of
≥ 37 weeks.

лов на 1-й минуте. Нельзя исключить, что КИГ с низким показателем STV была зарегистрирована в период сна плода.

Аналогичным способом произведен расчет специфичности и чувствительности диагностики внутриутробного страдания плода на основании LTV с разными пороговыми значениями данного показателя (20 и 30 мс) (таблица 7).

LTV со значением более 30 мс считается нормальным, LTV от 20 до 30 мс – сомнительным, рекомендуется повторить исследование в ближайшие часы и решить вопрос о целесообразности пролонгирования данной беременности или родоразрешении, значение LTV менее 20 мс считается патологическим и рекомендовано

выполнить родоразрешение. Считается, что индукция в роды при LTV, входящим в интервал от 20 до 30 мс, значительно чаще ассоциируется с развитием дистресса плода в родах и ацидозом при рождении [17].

Исследование, опубликованное Ribbert L.S. и соавт. еще в 90-х годах, показало, что у плодов с задержкой роста LTV коррелирует с показателями газового состава пуповинной крови при кордоцентезе; LTV < 20 мс всегда был связан с тяжелой гипоксемией и ацидемией плода [18].

Подобные показатели специфичности и чувствительности фонокардиографии с новыми алгоритмами, разработанными ООО «Диагностика+», при показателе LTV менее 30 мс

Таблица 7.

Точность диагностики асфиксии плода при различных показателях LTV в сроке беременности 26–31,1 нед., 32–36,6 нед., 37 недель и более.

Table 7.

Accuracy of fetal asphyxia diagnosis at different long-term variation rates at 26–31.1 weeks, 32–36.6 weeks, and 37 weeks of gestational age.

26–31,1 недель/ 26–31,1 weeks	LTV менее 30 мс, Long-term variation ≤ 30 ms	LTV менее 20 мс, Long-term variation ≤ 20 ms
LTV < cut-off, новорожденный асфиксия/ LTV < cut-off, newborn asphyxia	3	1
LTV > cut-off, новорожденный здоров/ LTV > cut-off, healthy newborn	8	12
LTV > cut-off, новорожденный асфиксия, LTV > cut-off, newborn asphyxia	0	2
LTV < cut-off, новорожденный здоров/ LTV < cut-off, healthy newborn	4	0
Чувствительность [95 % ДИ], Sensitivity [95 % CI]	100 % [29,24 - 100,00]	33,33 % [0,84 - 90,57]
Специфичность [95 % ДИ], Specificity [95 % CI]	66,67 % [34,89 - 90,08]	100 % [73,54 - 100,00]
ОШ [95 % ДИ], OR [95 % CI]	3.85 [0.50-29.55]	7.00 [1.94-25.25]
32–36,6 нед./ 32–36,6 weeks	LTV менее 30 мс, Long-term variation ≤ 30 ms	LTV менее 20 мс, Long-term variation ≤ 20 ms
LTV < cut-off, новорожденный асфиксия/ LTV < cut-off, newborn asphyxia	6	3
LTV > cut-off, новорожденный здоров/ LTV > cut-off, healthy newborn	63	70
LTV > cut-off, новорожденный асфиксия, LTV > cut-off, newborn asphyxia	4	7
LTV < cut-off, новорожденный здоров/ LTV < cut-off, healthy newborn	9	2
Чувствительность [95 % ДИ], Sensitivity [95 % CI]	60 % [26,24-87,84]	30 % [6,67 - 65,25]
Специфичность [95 % ДИ], Specificity [95 % CI]	87,5 % [77,59 - 94,12]	97,22 % [90,32 - 99,66]
ОШ [95 % ДИ], OR [95 % CI]	6.7 [2.15 - 20,8]	6.60 [2.41-18.04]

37 недель и более/ 37 weeks or more	LTV менее 30 мс, Long-term variation ≤ 30 ms	LTV менее 20 мс, Long-term variation ≤ 20 ms
LTV < cut-off, новорожденный асфиксия/ LTV < cut-off, newborn asphyxia	2	1
LTV > cut-off, новорожденный здоров/ LTV > cut-off, healthy newborn	109	117
LTV > cut-off, новорожденный асфиксия/ LTV > cut-off, newborn asphyxia	0	1
LTV < cut-off, новорожденный здоров, LTV < cut-off, healthy newborn	8	0
Чувствительность [95 % ДИ], Sensitivity [95 % CI]	100 % [15,81-100]	50 % [1,2698,74]
Специфичность [95 % ДИ], Specificity [95 % CI]	93,16 % [86,97-97]	100 % [96,9-100]
ОШ [95 % ДИ], OR [95 % CI]	22.00 [2.18-221.98]	59.00 [5.38-646.28]

вполне могут претендовать на успешное применение в практическом здравоохранении.

В ходе проведенного исследования была зафиксирована одна внутриутробная гибель плода в сроке 27,2 нед. (женщина отказалась от родоразрешения в интересах плода). У плода по данным УЗИ была выявлена задержка развития, вес при рождении составил 570 г в сроке 27,2 нед. С 26,2 нед. ежедневно (1–2 раза в день) женщине выполнялась запись ФКГ. За сутки до установления факта внутриутробной гибели показатель STV составил 2,47 и 3,13 мс. (рисунки 2, 3).

Обсуждение

Основная цель фонокардиографии, как и других методов наблюдения за состоянием плода, –

своевременное выявление внутриутробной гипоксии. При развитии асфиксии, помимо дефицита кислорода в тканях, развивается респираторный ацидоз, далее при продолжающейся гипоксии запускается анаэробный метаболизм, приводящий к метаболическому ацидозу. Несвоевременно выявленная асфиксия может приводить к развитию у новорожденного полиорганных нарушений: судороги, респираторный дистресс-синдром новорожденных, почечная недостаточность и др. Своевременно не выявленная внутриутробная асфиксия приводит к гибели плода.

Математическая обработка КИГ и применение критериев Доуса-Редмана оказались более информативными, нежели визуальная интерпретация КИГ [16, 19].

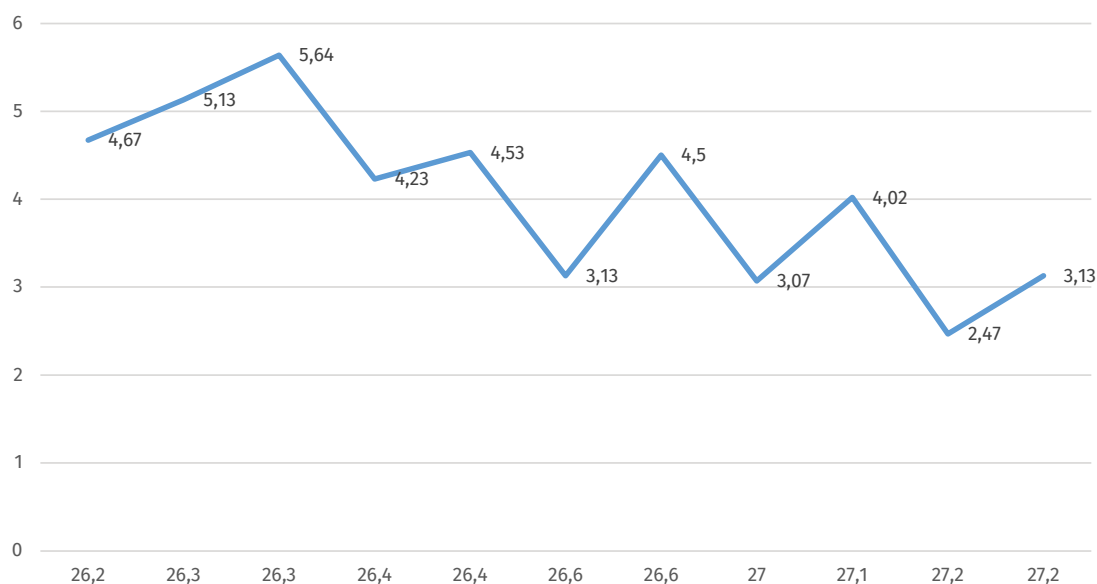
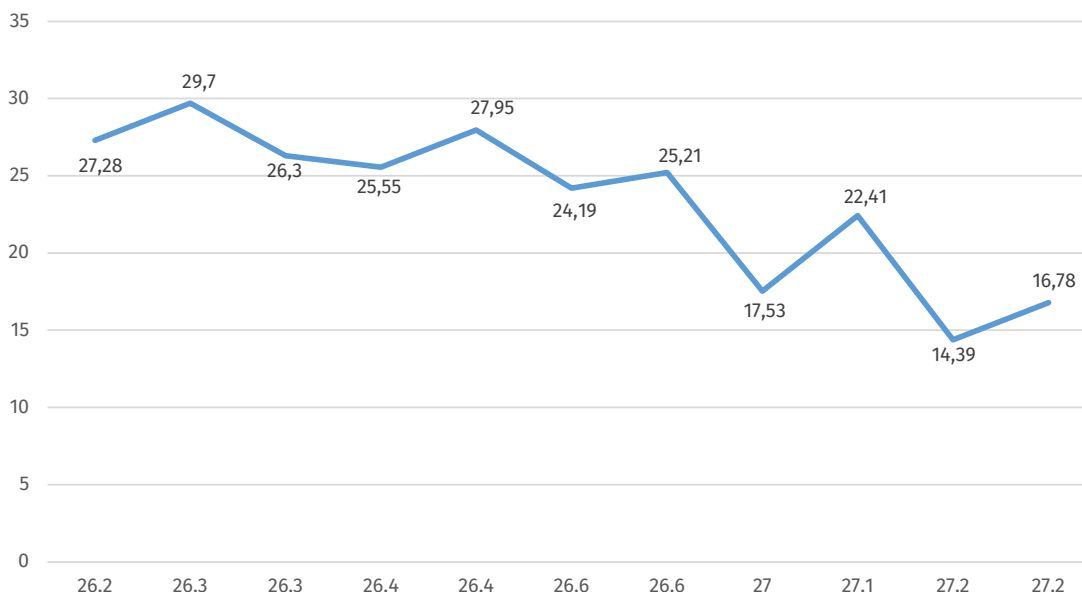


Рисунок 2. График изменения STV на КИГ в течение 7 дней до момента внутриутробной гибели плода.

Figure 2. Short-term variation changes on the cardiotocogram during the 7 days to intrauterine fetal death.

Рисунок 3.
График изменения
LTV на КИГ в течение
7 дней до момента
внутриутробной ги-
бели плода

Figure 3.
Long-term variation
changes on the
cardiointervalogram
during the 7 days
to intrauterine fetal
death.



Показатели STV и LTV меняются в условиях гипоксемии. При развитии гипоксемии вариабельность сначала несколько увеличивается (так как в условиях кислородного голодания активируется кора надпочечников, давление несколько повышается и развивается ответная реакция на сигналы барорецепторов), далее при нарастании гипоксемии и присоединении ацидемии вариабельность снижается в связи с подавлением функции ЦНС. STV реагирует на гипоксию раньше, чем LTV. Считается, что снижение STV является лучшим предиктором гипоксемии плода, ацидемии и мертворождений при беременностях, в особенности осложненных задержкой развития плода [20].

В разных источниках фигурируют различные пороговые значения STV. Значение STV менее 4 мс считается низким, менее 3 мс – аномальным и менее 2 мс – крайне аномальным. В исследовании TRUFFLE в качестве критерия для вмешательства использовался показатель STV менее 3,5 мс, но стоит отметить, что исследовался срок беременности 26–32 недели [21]. Авторами другого исследования было показано, что если критерии Доуса-Редмана не соблюдены и STV не превышает 8 мс, необходимо более тщательное наблюдение за состоянием плода, так как риск внутриутробной гибели выше, нежели у плодов, у которых STV более 8 мс и критерии соблюдены [13].

В принятых в России клинических рекомендациях по наблюдению за состоянием плода с ЗРП, родоразрешение необходимо провести при STV менее 3,5 мс в сроке 32–33,6 недель, при STV менее 4,5 мс – в сроке более 34 недель с учетом комплексной оценки состояния плода,

включающей в себя КТГ, данные фетометрии, доплерометрии и оценку количества околоплодных вод. Этот же клинический протокол, определяет норму STV в пределах 4–10 мс¹.

На основании полученных данных можно заключить, что критическое снижение показателей КИГ (STV и LTV), в том числе полученных с помощью ФКГ, может служить предиктором внутриутробной гибели плода в ближайшие 3 дня.

Заключение

Проведенное исследование показывает высокую специфичность фонокардиографии во всех сроках беременности (95,8–100 % (при расчете по STV)). Чувствительность метода варьирует от 40 до 100 % в зависимости от срока. Метод может быть использован в клинической практике и сравним по точности с кардиотокографией – КТГ обладает высокой чувствительностью (95–97 %), но имеет относительно низкую специфичность (54–65 %). Чувствительность и специфичность фонокардиографии с новыми алгоритмами математического анализа аудиограмм возрастает с увеличением срока беременности. Метод недостаточно чувствителен до 32 недель и не может применяться без дополнительных данных доплерографии, оценки клинической картины. Принятие показателя 4,5 мс в качестве критического значения STV в сроке более 32 недель позволяет при фонокардиографической детекции

¹ Минздрав РФ. Недостаточный рост плода, требующий предоставления медицинской помощи матери (задержка роста плода): клинические рекомендации. М., 2022. Ссылка активна на 12.08.2025. <https://legalacts.ru/doc/klinicheskie-rekomendatsii-nedostatatochnyi-rost-ploda-trebuiushchii-predostavleniya-meditsinskoi-pomoshchi/>

сердечного ритма провести своевременную диагностику нарушения внутриутробного состояния плода. Оптимальные показатели специфичности

и чувствительности получены при критическом значении LTV менее 30 мс.

Вклад авторов

Е.С. Репина: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и анализ данных, подготовка текста рукописи; полная ответственность за содержание.

С.Ю. Юрьев: разработка идеи исследования, критический просмотр рукописи с внесением ценного интеллектуального содержания.

Я.В. Костелей: обработка данных результатов исследования.

Н.Д. Зими́на: помощь в обработке данных.

Все авторы утвердили окончательную версию статьи.

Author contributions

Ekaterina S. Repina: conceived and designed the study; collected the data; performed the data analysis; wrote the manuscript.

Sergey Yu. Yuriev: conceived and designed the study; wrote the manuscript.

Yana V. Kosteley: performed the data analysis.

Natalia D. Zimina: performed the data analysis.

All authors approved the final version of the article.

Литература:

1. Kapaya H., Jacques R., Rahaim N., Anumba D. «Does short-term variation in fetal heart rate predict fetal acidemia?» A systematic review and meta-analysis. *J. Matern. Fetal Neonatal Med.* 2016;29(24):4070–4077. <https://doi.org/10.3109/14767058.2016.1156670>
2. Serra V., Moulden M., Bellver J., Redman C.W. The value of the short-term fetal heart rate variation for timing the delivery of growth-retarded fetuses. *BJOG.* 2008;115(9):1101–1107. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2008.01774.x>
3. Georgieva A., Abry P., Nunes I., Frasch M.G. Editorial: Fetal-maternal monitoring in the age of artificial intelligence and computer-aided decision support: A multidisciplinary perspective. *Front. Pediatr.* 2022;10:1007799. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.1007799>
4. Pini N., Lucchini M., Esposito G., Tagliaferri S., Campanile M., Magenes G., et al. A Machine Learning Approach to Monitor the Emergence of Late Intrauterine Growth Restriction. *Front. Artif. Intell.* 2021;4:622616. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.622616>
5. Kovács F., Horváth C., Balogh A.T., Hosszú G. Fetal phonocardiography—past and future possibilities. *Comput. Methods Programs Biomed.* 2011;104(1):19–25. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2010.10.006>
6. Репина Е.С., Костелей Я.В., Буреев А.Ш., Юрьев С.Ю., Петров И.А., Тихоновская О.А. и др. Мониторирование внутриутробного состояния плода. История вопроса. Новые возможности фонокардиографии. *Бюллетень сибирской медицины.* 2023;22(3):141–149. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2023-3-141-149>
7. Костелей Я.В., Жданов Д.С., Боровской И.Г. Алгоритм определения пульса на фонокардиограмме человека и плода без классификации тонов сердца. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2022;10(1(36)). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.36.1.018>
8. Kouskouti C., Jonas H., Levidou G., Regner K., Kainer F. Alterations of the Short-Term Variation of the Fetal Heart Rate after Antenatal Maternal Betamethasone Administration: Validation with Two Different Computational Algorithms. *Z. Geburtshilfe Neonatol.* 2020;224(1):26–30. <https://doi.org/10.1055/a-0873-2058>
9. Жданов Д.С., Буреев А. Ш., Костелей Я.В., Хохлова Л.А., Дикман Е.Ю. Мобильное устройство для оценки состояния плода на основе контроля параметров сердечно-сосудистой системы. *Медицинская техника.* 2018;2(308):13–14.
10. Dawes G.S., Moulden M., Redman C.W. Short-term fetal heart rate variation, decelerations, and umbilical flow velocity waveforms before labor. *Obstet. Gynecol.* 1992;80(4):673–678.
11. Ozorhan M.O., Toroslu İ.H., Şehitoğlu O.T. Short-term trend prediction in financial time series data. *Knowledge and Information Systems.* 2019;61:397–429. <https://doi.org/10.1007/s10115-018-1303-x>
12. Lovers A.A.K., Ugwumadu A., Georgieva A. Cardiotocography and Clinical Risk Factors in Early Term Labor: A Retrospective Cohort Study Using Computerized Analysis With Oxford System. *Front. Pediatr.* 2022;10:784439. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.784439>
13. Bhide A., Meroni A., Frick A., Thilaganathan B. The significance of meeting Dawes-Redman criteria in computerised antenatal fetal heart rate assessment. *BJOG: an international journal of obstetrics and gynaecology.* 2024;131(2):207–212. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.17464>
14. Bruin C.M., Lobmaier S.M., Ganzevoort W., Müller A., Wolf H. Comparison of phase rectified signal averaging and short term variation in predicting perinatal outcome in early onset fetal growth restriction. *J. Perinat. Med.* 2022;51(5):634–640. <https://doi.org/10.1515/jpm-2022-0409>
15. Lobmaier S.M., Mensing van Charante N., Ferrazzi E., Giussani D.A., Shaw C.J., Müller A., et al. Phase-rectified signal averaging method to predict perinatal outcome in infants with very preterm fetal growth restriction—a secondary analysis of TRUFFLE-trial. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2016;215(5):630.e1–630.e7. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2016.06.024>
16. Baier F., Weinhold L., Stumpfe F.M., Kehl S., Pretscher J., Bayer C.M., et al. Longitudinal Course of Short-Term Variation and Doppler Parameters in Early Onset Growth Restricted Fetuses. *Ultraschall Med.* 2020;41(6):23–32. <https://doi.org/10.1055/a-0858-2290>
17. Дубровина О.В., Воскресенский С.Л., Кириленко В.П., Зеленко Е.Н. Эволюция подходов к кардиотокографической оценке состояния плода. *Медицинская панорама.* 2003;9:12–17.
18. Ribbert L.S., Snijders R.J., Nicolaides K.H., Visser G.H. Relation of fetal blood gases and data from computer-assisted analysis of fetal heart rate patterns in small for gestation fetuses. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* 1991;98(8):820–823. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.1991.tb13489.x>
19. Grivell R.M., Alfirevic Z., Gyte G.M., Devane D. Antenatal cardiotocography for fetal assessment. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2015;2015(9):CD007863. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007863.pub4>
20. Stampalija T., Bhide A., Heazell A.E.P., Sharp A., Lees C. Computerized cardiotocography and Dawes-Redman criteria: how should we interpret criteria not met? *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2023;61(6):661–666. <https://doi.org/10.1002/uog.26198>
21. Lees C.C., Marlow N., van Wassenae-Leemhuis A., Arabin B., Bilaro C.M., Brezinka C., et al. 2 year neurodevelopmental and intermediate perinatal outcomes in infants with very preterm fetal growth restriction (TRUFFLE): a randomised trial. *Lancet (London, England).* 2015;385(9983):2162–2172. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60505-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60505-0)

References:

1. Kapaya H., Jacques R., Rahaim N., Anumba D. «Does short-term variation in fetal heart rate predict fetal acidemia?» A systematic review and meta-analysis. *J. Matern Fetal Neonatal Med.* 2016;29(24):4070–4077. <https://doi.org/10.3109/14767058.2016.1156670>
2. Serra V., Moulden M., Bellver J., Redman CW. The value of the short-term fetal heart rate variation for timing the delivery of growth-retarded fetuses. *BJOG.* 2008;115(9):1101–1107. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2008.01774.x>

3. Georgieva A, Abry P, Nunes I, Frasch MG. Editorial: Fetal-maternal monitoring in the age of artificial intelligence and computer-aided decision support: A multidisciplinary perspective. *Front Pediatr*. 2022;10:1007799. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.1007799>
4. Pini N, Lucchini M, Esposito G, Tagliaferri S, Campanile M, Magenes G, et al. A Machine Learning Approach to Monitor the Emergence of Late Intrauterine Growth Restriction. *Front Artif Intell*. 2021;4:622616. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.622616>
5. Kovács F, Horváth C, Balogh AT, Hosszú G. Fetal phonocardiography--past and future possibilities. *Comput Methods Programs Biomed*. 2011;104(1):19–25. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2010.10.006>
6. Repina ES, Kosteley YV, Bureev AS, Yuriev SYu, Petrov IA, Tikhonovskaya OA, et al. Monitoring of the intrauterine state of the fetus. Question history. New possibilities of phonocardiography. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2023;22(3):141–149. (In Russ). <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2023-3-141-149>
7. Kosteley YV, Zhdanov DS, Borovskoy IG. The algorithm for pulse measurement using a human's and fetus's phonocardiogram without classifying heart sounds. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(1(36)). (In Russ). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.36.1.018>
8. Kouskouti C, Jonas H, Levidou G, Regner K, Kainer F. Alterations of the Short-Term Variation of the Fetal Heart Rate after Antenatal Maternal Betamethasone Administration: Validation with Two Different Computational Algorithms. *Z Geburtshilfe Neonatol*. 2020;224(1):26–30. <https://doi.org/10.1055/a-0873-2058>
9. Zhdanov DS, Bureev AS, Kosteley YV, Khokhlova LA, Dikman EY. A mobile device for assessing fetal status based on monitoring cardiovascular system parameters. *Medical equipment*. 2018;2(308):13–14. (In Russ).
10. Dawes GS, Moulden M, Redman CW. Short-term fetal heart rate variation, decelerations, and umbilical flow velocity waveforms before labor. *Obstet Gynecol*. 1992;80(4):673–678.
11. Ozorhan MO, Toroslu İH, Şehitoğlu OT. Short-term trend prediction in financial time series data. *Knowledge and Information Systems*. 2019;61:397–429. <https://doi.org/10.1007/s10115-018-1303-x>
12. Lovers AAK, Ugwumadu A, Georgieva A. Cardiotocography and Clinical Risk Factors in Early Term Labor: A Retrospective Cohort Study Using Computerized Analysis With Oxford System. *Front Pediatr*. 2022;10:784439. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.784439>
13. Bhide A, Meroni A, Frick A, Thilaganathan B. The significance of meeting Dawes-Redman criteria in computerised antenatal fetal heart rate assessment. *BJOG: an international journal of obstetrics and gynaecology*. 2024;131(2):207–212. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.17464>
14. Bruin CM, Lobmaier SM, Ganzevoort W, Müller A, Wolf H. Comparison of phase rectified signal averaging and short term variation in predicting perinatal outcome in early onset fetal growth restriction. *J Perinat Med*. 2022;51(5):634–640. <https://doi.org/10.1515/jpm-2022-0409>
15. Lobmaier SM, Mensing van Charante N, Ferrazzi E, Giussani DA, Shaw CJ, Müller A, et al. Phase-rectified signal averaging method to predict perinatal outcome in infants with very preterm fetal growth restriction- a secondary analysis of TRUFFLE-trial. *Am J Obstet Gynecol*. 2016;215(5):630.e1–630.e7. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2016.06.024>
16. Baier F, Weinhold L, Stumpfe FM, Kehl S, Pretschner J, Bayer CM, et al. Longitudinal Course of Short-Term Variation and Doppler Parameters in Early Onset Growth Restricted Fetuses. *Ultraschall Med*. 2020;41(6):23–32. <https://doi.org/10.1055/a-0858-2290>
17. Dubrovina OV, Voskresenskij SL, Kirilenko VP, Zelenko EN. Jevoľucija podhodov k kardiokograficheskoj ocenke sostojanija ploda. *Medicinskaja panorama*. 2003;9:12–17. (In Russ).
18. Ribbert LS, Snijders RJ, Nicolaides KH, Visser GH. Relation of fetal blood gases and data from computer-assisted analysis of fetal heart rate patterns in small for gestation fetuses. *Br J Obstet Gynaecol*. 1991;98(8):820–823. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.1991.tb13489.x>
19. Grivell RM, Alfirevic Z, Gyte GM, Devane D. Antenatal cardiotocography for fetal assessment. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(9) CD007863. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007863.pub4>
20. Stampalija T, Bhide A, Heazell AEP, Sharp A, Lees C. Computerized cardiotocography and Dawes-Redman criteria: how should we interpret criteria not met? *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2023;61(6):661–666. <https://doi.org/10.1002/uog.26198>
21. Lees CC, Marlow N, van Wassenae-Leemhuis A, Arabin B, Bilardo CM, Brezinka C, et al. 2 year neurodevelopmental and intermediate perinatal outcomes in infants with very preterm fetal growth restriction (TRUFFLE): a randomised trial. *Lancet* (London, England). 2015;385(9983):2162–2172. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60505-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60505-0)

Сведения об авторах

Репина Екатерина Сергеевна ✉, ассистент кафедры акушерства и гинекологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.
ORCID: 0000-0003-2881-6135

Юрьев Сергей Юрьевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры акушерства и гинекологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, директор ООО «Центр перинатального здоровья».
ORCID: 0000-0002-1343-5471

Костелей Яна Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры экономической математики, информатики и статистики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» Министерства науки и высшего образования, инженер-программист ООО «Диагностика +».
ORCID: 0000-0003-0775-350X

Зимина Наталья Даниловна, ассистент мультипрофильного аккредитационно-симуляционного центра федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.
ORCID: 0009-0005-9576-666X

Authors

Dr. Ekaterina S. Repina ✉, MD, Assistant Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, Siberian State Medical University.
ORCID: 0000-0003-2881-6135

Prof. Sergey Yu. Yuriev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, Siberian State Medical University; Chief Executive Officer, «Center for Perinatal Health» LLC.
ORCID: 0000-0002-1343-5471

Dr. Yana V. Kosteley, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Department of Economic Mathematics, Computer Science and Statistics, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics; Software Engineer at Diagnostics + LLC.
ORCID: 0000-0003-0775-350X

Ms. Natalia D. Zimina, MD, Technical Assistant, the Multidisciplinary Accreditation and Simulation Center, Siberian State Medical University.
ORCID: 0009-0005-9576-666X