

УДК 618.29–073.97:612.172.2.062:612.8

**ТРАНСАБДОМИНАЛЬНАЯ  
ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ  
В ДИАГНОСТИКЕ КРИТИЧЕСКИХ  
СОСТОЯНИЙ ПЛОДА  
ПРИ ПЛАЦЕНТАРНОЙ  
НЕДОСТАТОЧНОСТИ**

Гудков Георгий Владимирович – д.м.н., профессор  
ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2»;  
ГБОУ ВПО «Кубанский государственный  
медицинский университет», Краснодар, Россия

Пенжоян Григорий Артёмович – д.м.н., профессор  
ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2»;  
ГБОУ ВПО «Кубанский государственный  
медицинский университет», Краснодар, Россия

Филиппов Евгений Фёдорович – д.м.н.  
Министерство здравоохранения Краснодарского  
края

Дурлештер Марина Владимировна  
ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2»,  
Краснодар, Россия

Недостаточной безопасностью инвазивного ЭКГ-мониторинга в родах обусловлены задачи внедрения неинвазивных методик регистрации, в том числе и во время беременности. Трансабдоминальная электрокардиография (ЭКГ) плода с применением STAN-технологии является перспективным направлением повышения специфичности антенатальной кардиотокографии (КТГ). Совместный анализ различных вариантов ST-событий (STAN) и типов КТГ, реализованный в автоматизированном программно-аппаратном комплексе, обеспечил высокую специфичность диагностики и прогнозирования декомпенсации хронической гипоксии плода для выбора оптимальной тактики ведения, времени и способа родоразрешения беременных с плацентарной недостаточностью (ПН).

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ ПЛОДА, ЭКГ ПЛОДА, ПЛАЦЕНТАРНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ, ST-АНАЛИЗ, STAN, КАРДИОТОКОГРАФИЯ

UDC 618.29–073.97:612.172.2.062:612.8

**TRANSABDOMINAL  
ELECTROCARDIOGRAPHY IN DIAGNOSTICS  
OF FETAL CRITICAL CONDITIONS IN  
PLACENTAL INSUFFICIENCY**

Gudkov Georgii Vladimirovich – MD, professor  
SBIHC «Krai clinic hospital Nr 2»;  
SBEA HPE «Kuban state medical university»,  
Krasnodar, Russia

Penjoyan Grigorii Artemovich – MD, professor  
SBIHC «Krai clinic hospital Nr 2»;  
SBEA HPE «Kuban state medical university»,  
Krasnodar, Russia

Philippov Evgenii Fedorovich – MD  
Ministry of health care of Krasnodar krai

Durleshter Marina Vladimirovna  
SBIHC «Krai clinic hospital Nr 2», Krasnodar, Russia

Non-invasive registration techniques should be used in pregnancy and labor control because of invasive ECG-monitoring has insufficient safety. Transabdominal electrocardiography (ECG) of the fetus with STAN technology application is the perspective trend of increasing the specificity of antenatal cardiotocography (CTG). Combined analysis of different variants ST-events (STAN) and CTG types in computer aided complex provides the high specificity of diagnostics and prediction chronic fetal hypoxia decompensation. It allows choosing the optimal tactics of delivery method for pregnant with placental insufficiency (PI).

Key words: FETAL ELECTROCARDIOGRAPHY, PLACENTAL INSUFFICIENCY, ST-ANALYSIS, STAN, CARDIOTOCOGRAPHY

На протяжении последних лет отмечается позитивная динамика уменьшения перинатальных потерь, которая, преимущественно, достигается за счет снижения ранней неонатальной смертности. В то же время тенденция снижения мертворождаемости выражена недостаточно, а в ее структуре доля антенатальных потерь даже возрастает [1]. Одной из главных причин мертворождаемости является гипоксия плода, развивающаяся вследствие декомпенсации плацентарной недостаточности (ПН) [2]. Она сопровождает практически все осложнения беременности, реализуясь на молекулярном, клеточном, тканевом и органном уровнях [3, 4].

Декомпенсированная стадия ПН с трагическим завершением беременности, зачастую, обусловлена несовершенством имеющихся диагностических методов и, прежде всего, антенатальной кардиотокографии (КТГ) [5]. Данный метод при относительно высокой чувствительности (более 80 %) все чаще подвергается конструктивной критике, главным образом, обусловленной низкой специфичностью (25–50 %) [6].

С одной стороны, это стало основной причиной необоснованных интервенций (увеличение доли оперативных родоразрешений без пользы для плода), а с другой – при регистрации патологической КТГ почти половина детей рождаются с оценкой по Апгар более 7 баллов (низкая специфичность). Это не позволяет акушерам в полной мере доверять КТГ, требуя разработки и внедрения новых подходов к антенатальной диагностике функционального состояния плода [7].

Одним из решений данной проблемы стало совершенствование методики инвазивной ЭКГ в родах, регистрируемой при помощи скальп-электродов [8]. Инвазивная ЭКГ в родах, помимо анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР), в ответ на сокращения матки включает морфологический анализ зубцов, сегментов и интервалов сердечного

цикла. Прежде всего, это ST-анализ, который в англоязычной литературе известен как STAN [9].

Опыт его применения позволил минимизировать число оперативных вмешательств, особенно при патологических типах КТГ, тем самым значительно повысив специфичность исследования. В развитых странах использование фетальных мониторов со STAN-технологией в родах (например, "Stan S31") позволило в значительной степени сократить число необоснованных оперативных родоразрешений, снизить уровень перинатальной смертности и число заболеваний, вызванных интранатальной гипоксией плода [10].

Однако в связи с тем, что данный метод является инвазивной манипуляцией, в литературе отражена неблагоприятная статистика осложнений как со стороны плода – до 2 % (кровоотечения, скальп-абсцессы, некрозы, сепсисы и т.п.), так и со стороны матери – до 6 % [10, 11]. Это сдерживает широкое распространение инвазивного ЭКГ-мониторинга в родах и обуславливает необходимость внедрения неинвазивных методов.

Среди них известен способ обследования сердца плода во время беременности по регистрации его магнитокардиограммы. Однако данная процедура весьма сложная и дорогостоящая. В последнее десятилетие активное развитие получили технологии трансабдоминальной регистрации ЭКГ плода, начиная с ранних сроков гестации [11, 12]. В литературе имеются данные о том, что в ответ на острую или хроническую гипоксию у плода нарушаются функции проводимости и сократимости сердечной мышцы, которые эффективно выявляются по результатам морфологического анализа элементов ЭКГ плода [13, 14, 15].

Аntenатальная ЭКГ плода с применением STAN-технологии является перспективным направлением повышения специфичности

диагностики нарушений состояния плода во время беременности, что обосновывает актуальность настоящего исследования.

**Цель работы:** повышение эффективности антенатальной диагностики гипоксии плода на основе трансабдоминальной ЭКГ и КТГ для выбора оптимальной тактики ведения и родоразрешения беременных с ПН.

### **Материал и методы**

При составлении дизайна исследования формирование клинических групп проводилось таким образом, чтобы обосновать высокую специфичность параметров антенатальной ЭКГ плода, которая в комплексе с традиционной КТГ позволяет своевременно корректировать тактику ведения и родоразрешения беременных с ПН.

С этой целью в ходе ретроспективного исследования нами было обследовано 140 женщин с одноплодной беременностью в сроках гестации 33–36 недель. Среди них выделяли контрольную группу (1-я группа) и две группы беременных с ПН (2-я и 3-я группы): 2-я группа – с компенсированной хронической гипоксией плода и возможностью пролонгирования беременности до доношенного срока; 3-я группа – с декомпенсированной формой ПН и критическим состоянием плода, требующим экстренного родоразрешения в первые несколько дней после госпитализации.

Из исследования исключали беременных, у которых ПН сочеталась с выраженной задержкой роста плода (II–III степень), гемолитической болезнью плода (отечная форма), с тяжелой декомпенсированной экстрагенитальной патологией, причиной прерывания беременности у которых была угроза жизни или здоровью матери, с маркерами наследственной или хромосомной аномалии у плода, а также в случае несоответствия адекватно выбранной тактики ведения, времени и способа родоразрешения в интересах плода при ретроспективной экспертной

оценке состояния новорожденного.

1-я группа включала 30 женщин с физиологическим течением беременности, проходящих антенатальный скрининг в III триместре. Эти женщины имели неосложненный акушерский и гинекологический анамнез, их соматический статус характеризовался отсутствием значимой экстрагенитальной патологии, а настоящая беременность завершилась срочными неосложненными родами. При рождении состояние доношенного плода оценивалось как нормоксическое, с оценкой по шкале Апгар не менее 8–10 баллов и массой тела  $3242,5 \pm 96,2$  г, у новорожденных отмечалось благоприятное течение периода ранней адаптации.

2-я группа – 45 женщины с ПН и компенсированной хронической гипоксией плода, что позволило пролонгировать беременность более чем на три недели. В дальнейшем, в доношенном сроке декомпенсация хронической гипоксии плода требовала экстренного родоразрешения путем кесарева сечения с рождением детей в состоянии средней степени тяжести. У всех новорожденных оценка по шкале Апгар на 5-й минуте колебалась от 4 до 7 баллов ( $5,13 \pm 1,05$  баллов), масса тела – от 2353 до 4060 г ( $3486 \pm 719$  г).

3-я группа – 35 женщин с ПН и декомпенсированной хронической гипоксией плода, которая требовала экстренного досрочного родоразрешения путем кесарева сечения и родивших детей в тяжелом состоянии либо они погибли антенатально (у 1-й беременной), либо в первые 7 суток жизни (3 новорожденных). У всех новорожденных оценка по шкале Апгар на 5-й минуте колебалась от 1 до 6 баллов ( $4,83 \pm 1,48$  баллов), масса тела – от 879 до 2930 г ( $2134 \pm 613$  г).

Средний возраст всех обследованных женщин составил  $24,3 \pm 4,58$  лет, средняя масса тела –  $78,4 \pm 4,21$  кг, доля повторнобеременных была

45,3 %, а первородящих – 33,2 %. Антропометрические и социальные характеристики у беременных 2-й и 3-й групп достоверно не различались.

В течение настоящей беременности среди акушерских осложнений наиболее часто встречались: гестоз разной степени тяжести, причем у половины из них (52,5 %) с манифестацией до среднетяжелых форм, угроза прерывания беременности (57,5 %), патология плаценты и/или пуповины (31,3 %). В группах с ПН почти у каждой второй роженицы в околоплодных водах была примесь мекония, а у каждой третьей – признаки остро развившейся гипоксии плода вследствие обвития пуповины. Показания к кесареву сечению в интересах плода определяли, исходя из данных биофизического профиля плода, с учетом наличия примеси мекония в околоплодных водах, обвития пуповины, регистрации патологической или претерминальной КТГ, критического состояния кровотока в артерии пуповины.

Экстрагенитальные осложнения, требующие активного лечения в течение настоящей беременности, были представлены урогенитальной инфекцией (30,0 %), анемией II–III степени (20,0 %), заболеваниями сердечно-сосудистой системы (16,3 %), эндокринной патологией (15,0 %), тромбофилией (13,7 %), пиелонефритом (11,3 %).

Все необходимые обследования беременных проводили в первой половине дня. Ультразвуковое исследование (биофизический профиль плода и доплерометрия) выполняли при помощи ультразвукового сканера ACUSON SEQUOIA 512 (Англия) с использованием конвексного датчика 3,5 МГц. Газовый состав, кислотно-щелочное состояние (КЩС) (рН, рСО<sub>2</sub>, рО<sub>2</sub>, ВЕ) и содержание лактата в пуповинной крови определяли спектрофотометрически на газоанализаторе "Radiometer ABL 800 FLEX" (Дания). Антенатальную КТГ проводили при помощи фетального монитора "Sonicard Oxford 8002" (Англия) в условиях нестрессового теста и продолжительности записи в течение не менее 40 минут. Для оценки

КТГ использовали критерии Dawes-Redman, модифицированную балльную шкалу W. Fisher, а также Международную классификацию типов КТГ (FIGO, 1987) (табл. 1).

Таблица 1 – Международная классификация типов кардиотокограмм (критерии FIGO, 1987)

Тип КТГ	Базальная частота сердечных сокращений	Вариабельность, уд./мин	Децелерации
Нормальная	110–115 уд./мин	5–25 уд./мин Наличие акцелераций	Ранние или неосложненные переменные децелерации (глубина <60 уд./мин, длительность <60 с)
Тревожная (промежуточная)	100–110 уд./мин 150–170 уд./мин Эпизоды брадикардии <100 уд./мин <3 мин	>25 уд./мин Сальтаторный ритм <5 уд./мин >40 мин и отсутствие акцелераций	Неосложненные переменные децелерации длительностью <60 с и глубиной >60 уд./мин
Патологическая	150–170 уд./мин >170 уд./мин Длительная брадикардия (<100 уд./мин и >3 мин)	<5 уд./мин >40 мин Синусоидальный ритм	Осложненные переменные децелерации длительностью >60 с. Повторяющиеся поздние децелерации
Претерминальная	Тотальное снижение вариабельности (<2 уд./мин) и реактивности с (или без) децелераций или брадикардии		

Регистрацию ЭКГ плода выполняли трансабдоминально при помощи фетального ЭКГ-монитора "Monica AN24" ("Monica Healthcare Ltd", Великобритания) и исследовательского программного комплекса "Monica DK" для анализа и хранения "сырых" электрофизиологических данных. Морфологический анализ элементов сердечного цикла плода и оценка ВСР проводились с применением специализированного программного обеспечения MATLAB® Release 7.0 (MathWorks®, США). Для статистической обработки результатов исследования использовали пакет прикладных программ STATISTICA® for Windows Release 8.0 (Stat Soft®)

Inc., США). Средние значения сравнивали с помощью *t*-критерия Стьюдента. Нулевую гипотезу отвергали при  $p > 0,05$ .

Технология получения ЭГК плода основана на ее выделении из общего трансабдоминального сигнала, в котором доминирует электрическая активность от сердца матери. Для подавления случайных помех в слабом сигнале ЭКГ плода анализировали не каждый отдельный цикл PQRS, а усредненный (по 100–500 кардиоциклам). В общих чертах процедура усреднения начиналась с поиска типичного кардиоцикла. Типичным кардиоциклом считался отрезок ЭКГ, начинающийся на 0,08 с, до первой найденной опорной точки (вершина зубца R), и заканчивающийся через 0,32 с после неё. Координаты опорной точки передавались из алгоритма поиска QRS-комплексов. Далее алгоритм исключал те кардиоциклы (нетипичные), степень корреляции которых с типичным кардиоциклом была ниже определенного порога. После накопления и совмещения в опорной точке заданного числа типичных кардиоциклов они усреднялись.

## **Результаты**

В ходе обследования беременных с ПН (2-я и 3-я группы) у подавляющего большинства из них была выявлена гормональная реакция по типу неустойчивой или истощения [16]. Биофизический профиль плода по балльной шкале A. Vintzileos характеризовался угнетением всех проявлений жизнедеятельности и жизнеобеспечения плода с оценкой  $7,82 \pm 0,16$  и  $6,72 \pm 0,37$  баллов, соответственно, против  $11,2 \pm 0,13$  баллов в контроле. В ходе доплерометрии маточно-плацентарно-плодового кровообращения в маточной артерии, артерии пуповины и средней мозговой артерии практически у всех беременных с ПН регистрировали нарушения разной степени выраженности со снижением церебрумбиликального индекса до  $1,16 \pm 0,12$  усл. ед. во 2-й группе и  $1,13 \pm 0,14$



усл. ед. в 3-й группе (против  $1,84 \pm 0,18$  усл. ед. в контроле). Это свидетельствовало о централизации плодового кровообращения с гиперперфузией интракраниальных структур.

Степень тяжести гипоксии плода у беременных с ПН при рождении (кесарево сечение) подтверждали результатами определения газового состава и КЩС пуповинной крови. В этих группах отмечали достоверно низкие значения рН ( $7,21 \pm 0,12$  и  $7,13 \pm 0,17$ , соответственно против  $7,33 \pm 0,02$  в контроле),  $pO_2$  ( $15,0 \pm 1,02$  и  $13,2 \pm 1,16$  мм рт. ст., соответственно, против  $7,33 \pm 0,02$  мм рт. ст. в контроле) и ВЕ ( $-4,65 \pm 0,72$  и  $-5,88 \pm 1,06$  ммоль/л, соответственно, против  $-2,44 \pm 0,32$  ммоль/л в контроле), а уровень лактата превышал норму более чем в два раза ( $6,45 \pm 1,14$  и  $7,88 \pm 2,16$  ммоль/л, соответственно, против  $2,21 \pm 1,33$  ммоль/л в контроле).

По данным КТГ-мониторинга, у плода регистрировали снижение двигательной активности, ареактивность нестрессового теста, монотонность и/или нестационарность ритма. При классификации типов КТГ по Международной шкале (FIGO) у подавляющего большинства плодов записи сердечного ритма были охарактеризованы как тревожные, патологические и претерминальные (рис. 1).

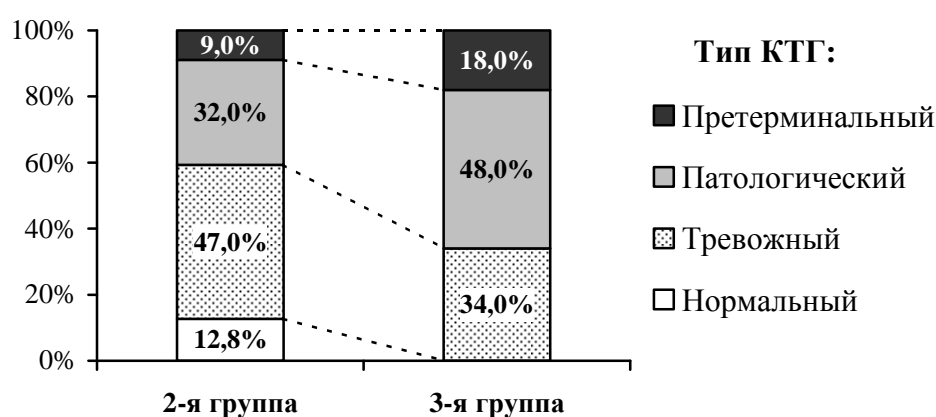


Рисунок 1. Структура типов КТГ по Международной шкале (FIGO,1987) у беременных с плацентарной недостаточностью

Разнообразие типов КТГ в обеих группах с ПН и высокая доля тревожных ритмов (47 % и 34 %, соответственно), не имеющих однозначной интерпретации, требовали динамической оценки КТГ в ходе повторных исследований, а также проведения дополнительных методов обследования для верификации состояния плода. Закономерным следствием ограниченных возможностей традиционной КТГ стало отсутствие достоверных различий между наиболее информативными параметрами статистического анализа КТГ: амплитудой мгновенных осцилляций ( $10,4 \pm 4,52$  и  $8,64 \pm 5,13$  уд./мин, соответственно, против  $12,2 \pm 3,14$  уд./мин в контроле) и вариабельности "от удара к удару" – STV ("short term variation") ( $7,64 \pm 2,31$  и  $5,14 \pm 3,24$ , соответственно, против  $8,82 \pm 2,47$  в контроле).

Оценка диагностической точности традиционной КТГ была выполнена ретроспективно по исходам беременности. Анализу подвергали записи КТГ, полученные в первые сутки госпитализации женщин с ПН. Решающими факторами при классификации были исходы беременности (компенсированная хроническая гипоксия плода с возможностью пролонгирования беременности и декомпенсированная – требующая экстренного родоразрешения), а объектами обучающей выборки – типы КТГ. При этом нормальные и тревожные типы КТГ относили ко 2-й группе (продолжение беременности), а патологические и претерминальные – к 3-й группе (экстренное родоразрешение). Результаты классификации показали следующее: чувствительность в данных группах составила 75 % и 84 %, соответственно, (при объединении групп – 81,5 %), а специфичность – 65 % и 58 % (при объединении групп – 56 %). Таким образом, основываясь только на данных КТГ, низкая специфичность, особенно во 2-й группе, могла бы стать основанием для необоснованных интервенций. Кроме того, взаимосвязь патологических и претерминальных типов КТГ с метаболическим ацидозом характеризовалась

коэффициентами корреляции средней силы ( $r = 0,58$  и  $r = 0,67$ , соответственно).

Для повышения специфичности КТГ параллельно всем беременным проводили трансабдоминальную ЭКГ плода с морфологическим анализом всех ее элементов. У беременных с декомпенсированной гипоксией плода (3-я группа) наблюдали достоверные изменения, относительно контроля ( $p < 0,05$ ) длительности элементов ЭКГ, за исключением PQ-интервала (табл. 2). При визуальном анализе R-зубец часто имел расщепление на верхушке, а продолжительность QRS-комплекса и T-зубца увеличивалась.

Таблица 2 – Длительность элементов сердечного цикла на ЭКГ плода в клинических группах ( $M \pm m$ )

Элементы ЭКГ плода	1-я группа	2-я группа	3-я группа	Достоверность,	
	$n = 35$	$n = 45$	$n = 35$	$p$	
PQ-интервал, мс	98,1 $\pm 1,58$	99,6 $\pm 1,77$	101,4 $\pm 2,16$	1:2>0,05 1:3>0,05	2:3>0,05
QRS-комплекс, мс	48,7 $\pm 1,26$	51,3 $\pm 2,37$	60,1 $\pm 3,52$	1:2>0,05 <b>1:3&lt;0,05</b>	<b>2:3&lt;0,05</b>
T-зубец, мс	136,3 $\pm 1,49$	138,5 $\pm 1,57$	143,9 $\pm 1,84$	1:2>0,05 <b>1:3&lt;0,05</b>	<b>2:3&lt;0,05</b>
ST-сегмент, мс	173,1 $\pm 4,16$	186,9 $\pm 5,12$	202,8 $\pm 6,14$	1:2<0,05 <b>1:3&lt;0,05</b>	<b>2:3&lt;0,05</b>
T/QRS- отношение в ST-эпизодах	0,112 $\pm 0,013$	0,148 $\pm 0,011$	0,064 $\pm 0,012$	1:2>0,05 <b>1:3&lt;0,05</b>	<b>2:3&lt;0,05</b>

Динамику зубца T нецелесообразно рассматривать изолированно. При повышении его необходимо оценивать в связи с желудочковым QRS-комплексом, в частности, с T/QRS-отношением (отношение амплитуды зубца T к амплитуде комплекса QRS), а при понижении – с соседним ST-сегментом. В последнем случае отрицательная динамика сегмента ST и зубца T может проявляться в виде характерного двухфазного комплекса.

В двухфазном комплексе различали три степени снижения сегмента ST: I тип – весь сегмент располагается выше изолинии (рис. 2 а); II тип –

компоненты сегмента ST пересекают изолинию (рис. 2 б); III тип – весь сегмент ST располагается ниже изолинии (рис. 2 в).

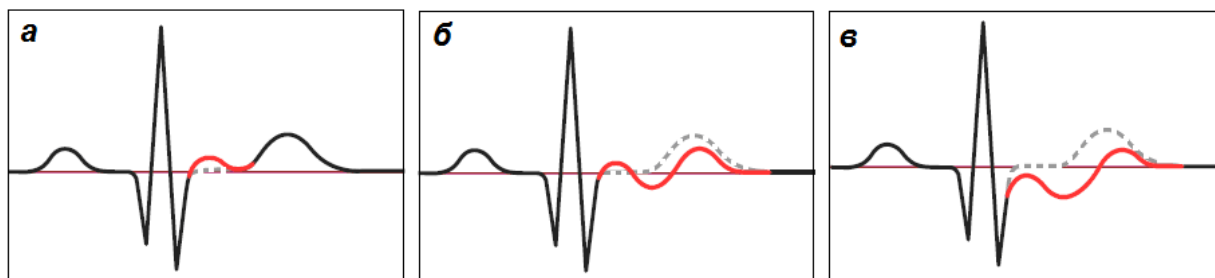


Рисунок 2. Степени негативной депрессии сегмента ST в бифазном комплексе: I тип – выше изолинии (а), II тип – на уровне изолинии (б) и III тип – ниже изолинии (в)

Значимые изменения зубца T и сегмента ST интерпретировали в контексте так называемых ST-событий. Различали три вида ST-событий: эпизодическое и продолжительное повышение T/QRS-отношения, а также двухфазный ST-комплекс.

Эпизодическое повышение T/QRS-отношения характеризуется увеличением значения отношения свыше 0,1 в течение не более 10 минут на фоне регистрации патологической КТГ. Пролонгированное повышение T/QRS, подобно эпизодическому, за исключением того, что его продолжительность превышает 10 минут. Бифазный ST-комплекс имеет три вышеуказанные степени снижения сегмента ST, которые последовательно отражают нарастание степени тяжести гипоксии плода.

У плодов контрольной группы сегмент ST во всех наблюдениях располагался на изолинии или немного выше нее (но не более 0,1 мВ), а T/QRS-отношение составило  $0,123 \pm 0,013$ . При гипоксии плода эпизоды повышения сегмента ST с одновременным ростом T/QRS-отношения были выявлены у подавляющего числа беременных с ПН. Однако если у плодов 2-й группы значение T/QRS-отношения, усредненное по всем ST-эпизодам, имело тенденцию к росту ( $0,148 \pm 0,011$ ), то при декомпенсированной

хронической гипоксией (3-я группа) оно достоверно снижалось –  $0,064 \pm 0,012$  ( $p < 0,05$ ).

Эпизоды понижения (депрессии) сегмента ST у плодов с гипоксией встречались значительно реже, чем повышения, но по своему значению они представляли собой более опасный, угрожающий признак состояния плода. Резкое и продолжительное снижение сегмента ST и зубца T почти всегда было симптомом декомпенсированной гипоксии и проявлялось окрашиванием меконием околоплодных вод или наблюдалось в связи с тугим обвитием пуповины. При этом различали горизонтальное и косое восходящее смещение сегмента ST (рис. 3).

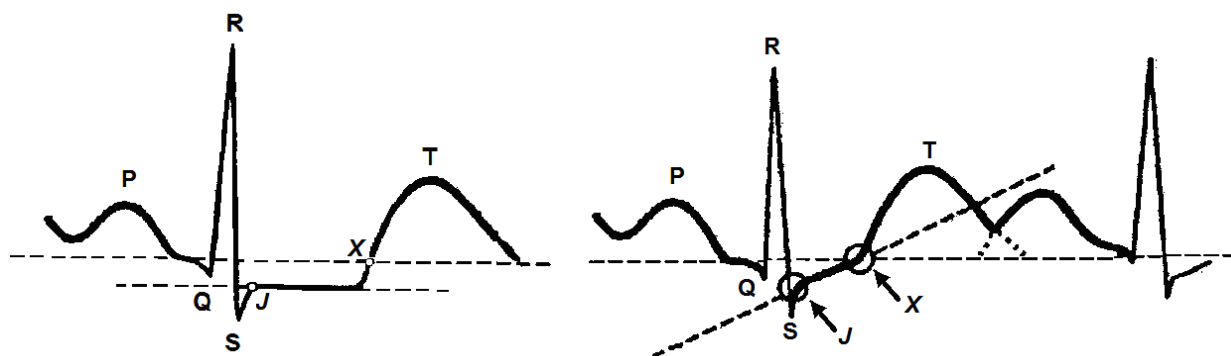


Рисунок 3. Горизонтальное (слева) и косое восходящее (справа) понижение сегмента ST на ЭКГ плода. *J* – точка, граничащая между зубцом S и сегментом ST. *X* – точка пересечения изоэлектрической линии с зубцом T

Характерные изменения сегмента ST и зубца T в виде двухфазных комплексов II и III типов, сочетающихся с выраженным снижением T/QRS-отношения, регистрировали главным образом у плодов с декомпенсацией хронической гипоксии (3-я группа). Доля двухфазных комплексов из общего числа всех зарегистрированных ST-событий достигала 91,4 % (из них 60 % III типа). При компенсированной хронической гипоксии (2-я группа) двухфазные комплексы встречались в единичных наблюдениях и только II типа.

В качестве примера на рисунке 4 представлен фрагмент программного окна с записью сердечного ритма на КТГ (рис. 4 а),

одновременно регистрируемой динамикой значений T/QRS-отношения (рис. 4 б), с указанием их критических значений (ST-событий), а также соответствующая им морфология усредненного сердечного цикла (рис. 4 в).

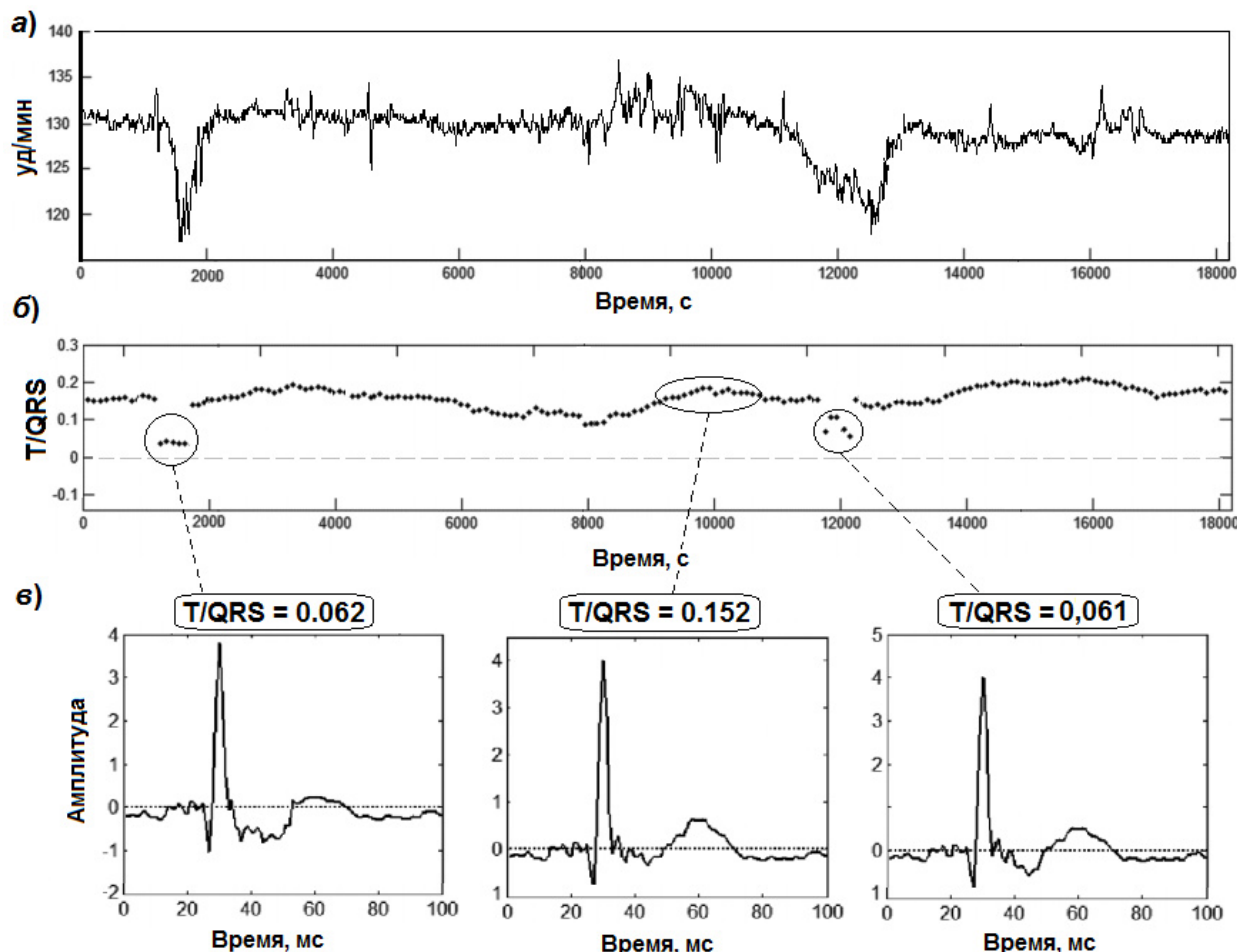


Рисунок 4. Регистрация сердечного ритма на КТГ с одновременной обработкой ЭКГ плода по методике STAN

Сочетание различных типов КТГ с вариантами ST-событий на ЭКГ плода позволило разработать матрицу угрожающих состояний плода, включающую четыре "цветные" зоны: "зеленую" (норма), "желтую" (зона риска), "розовую" (патология) и "красную" (критическая) (табл. 2).

Таблица 2 – Матрица угрожающих состояний плода с акушерской тактикой, учитывающая типы КТГ и варианты ST-событий на ЭКГ плода (STAN)

Зоны	Тип КТГ	Вид ST-события на ЭКГ плода	Тактика
"Зеленая" (норма)	Нормальная	ST-события отсутствуют	Норма
"Желтая" (зона риска)	Нормальная или тревожная	Эпизодическое или продолжительное увеличение T/QRS	Выжидательная, динамическое наблюдение, дополнительное обследование
		Депрессия сегмента ST не >2 мин	
		Не более одного эпизода бифазного ST-комплекса II или III типа	
"Розовая" (патология)	Патологическая	Эпизодическое или продолжительное увеличение T/QRS	Выжидательная, непрерывное наблюдение, дополнительное обследование
		Депрессия сегмента ST не >5 мин	
		Не более 1 эпизода бифазного ST-комплекса II или III типа	
"Красная" (критическая)	Патологическая	2 и более эпизодов бифазного ST-комплекса II или III типа	Экстренное родоразрешение
	Претерминальная	Любой вид ST-события	

"Зеленая" зона (норма) означает, что параметры КТГ и ЭКГ плода не выходят за пределы, соответствующие нормальным. В случае отсутствия других медицинских показаний, акушерские вмешательства не рекомендуются. Состояние "желтой" зоны (зона риска) обозначает, что на фоне нормальной или тревожной КТГ параметры ЭКГ плода изменены и характеризуются появлением единичных ST-событий. В этих случаях рекомендуется выжидательная тактика с динамическим наблюдением. Состояние "розовой" зоны (патология) свидетельствует о том, что регистрируются патологические типы КТГ, но на ЭКГ плода наблюдаются лишь единичные ST-события. Несмотря на выжидательную тактику, рекомендуются непрерывный мониторинг и дополнительное обследование с целью своевременного принятия решения об экстренном

родоразрешении в интересах плода. В "красной" зоне (критической) параметры ЭКГ плода значительно отличаются от нормальных, регистрируются частые ST-события на фоне патологических или претерминальных типов КТГ. Жизнь плода находится под угрозой, поэтому рекомендуется пересмотр тактики ведения в пользу экстренного родоразрешения.

Важным дополнением при использовании ЭКГ плода было исключение ложноотрицательного (ареактивного) результата нестрессового теста, когда в ходе проведения КТГ у нормально развивающегося плода во время фазы сна регистрировали монотонный ритм по типу тревожного или даже патологического ("немой"). В эти периоды ЭКГ плода не выявляла нарушений временных и амплитудных параметров сердечного цикла, что подтверждало нормоксическое состояние плода, несмотря на "патологический" характер записи КТГ.

На завершающем этапе исследования, по аналогии с определением диагностической точности КТГ, нами была выполнена подобная оценка для сочетания методов КТГ и ЭКГ плода (STAN). Решающими факторами также были исходы беременности, а объектами обучающей выборки – зоны риска по разработанной матрице угрожающих состояний плода. Результат классификации объединенной выборки беременных 2-й и 3-й групп показал чувствительность на уровне 89 %, а специфичность – 81 %. Взаимосвязь "розовой" и "красной" зон риска с метаболическим ацидозом характеризовалась коэффициентами корреляции высокой силы ( $r = 0,77$  и  $r = 0,86$ , соответственно).

### **Обсуждение**

Быстрая и своевременная диагностика состояния плода не потеряла своей актуальности до настоящего времени, поскольку от этого зависит исход родов для плода и новорожденного. В рандомизированных



контролируемых исследованиях показано, что использование КТГ-мониторинга в родах способствовало существенному увеличению доли оперативных родоразрешений. При этом приводятся незначительные доказательства в пользу того, что это способствует улучшению прогноза для плода и новорожденного, поскольку специфичность данного метода немногим превышает 50 %. Кроме того, данные, приведенные в литературе, и собственные исследования показывают, что корреляция патологических типов КТГ с метаболическим ацидозом недостаточно значима ( $r < 0,70$  для всех типов КТГ).

Возможности диагностики существенно расширились с появлением новых методов исследования, связанных с разработкой простых и безопасных способов регистрации электрической активности сердца плода – неинвазивной ЭКГ. Об этом свидетельствуют результаты настоящего исследования, согласно которым при сочетании КТГ с ЭКГ плода специфичность диагностики декомпенсированной хронической гипоксии плода возросла с 56 % (только КТГ) до 81 % (КТГ плюс ЭКГ). Кроме того, совместная интерпретация типов КТГ с результатами анализа ЭКГ (STAN), реализованная в виде матрицы угрожающих состояний плода, обеспечила высоко значимый уровень корреляции ( $r > 0,70$ ) с метаболическим ацидозом в пуповинной крови.

Патогенетической основой эффективного сочетания КТГ с ЭКГ в диагностике декомпенсации гипоксии плода является тот факт, что мозг и сердце плода одинаково кислородочувствительны. Поэтому электрофизиологическая функция миокарда косвенно характеризует степень оксигенации мозга. Кроме того, неоспоримым преимуществом ЭКГ является возможность непосредственной регистрации QRS-комплексов, что позволяет наиболее точно определять длительность кардиоцикла (экспертный класс КТГ), а также выполнять спектральный анализ ВСР в диапазоне высоких частот для выявления чрезмерной

дыхательной активности у плода (прогнозирование аспирационного синдрома у новорожденного) [17].

При обследовании здоровых беременных ЭКГ плода характеризовалась особенностями в виде значительной глубины S-зубца и выраженности QRS-комплекса. Кроме того, на нисходящей фазе R-зубца часто регистрировали дополнительный зубец, связанный с функционированием овального окна.

Ключевым диагностическим критерием при морфологическом анализе ЭКГ плода по методике STAN являлся интервал ST, включающий ST-сегмент и T-зубец. Он составляет конечную часть желудочкового комплекса и отражает обратное развитие возбуждения в желудочках. Сегмент ST является индикатором кровоснабжения миокарда плода и в норме характеризует положительный энергетический баланс, то есть преобладание процессов аэробного метаболизма. Повышение сегмента ST и зубца T является классической реакцией плода на гипоксию и указывают на наличие у него хороших компенсаторных возможностей.

При эпизодическом повышении T/QRS-отношения можно говорить о кратковременной острой гипоксии, например, в ответ на преходящее обвитие пуповины. Продолжительное увеличение T/QRS-отношения отмечалось нами на протяжении более одного часа при тугом обвитии пуповины в сочетании с примесью мекония в околоплодных водах. На фоне патологической КТГ такое повышение T/QRS указывало на наличие постоянного стресса у плода с низкой вероятностью восстановления.

Понижение сегмента ST и зубца T, особенно в виде двухфазного комплекса, высоко значимо коррелировало с уровнем снижения рН пуповинной крови. Этот вид ST-событий практически без исключения был связан с декомпенсацией хронической гипоксии плода, проявлением которой были ваготония и гиперкалиемия. Основу этих эффектов создает стимуляция  $\beta$ -адренорецепторов миокарда, которая приводит к

накоплению ц-АМФ и активации фосфорилазы. Последняя расщепляет запасы гликогена в миокарде, приводя к их истощению. При этом активный гликогенолиз сопровождается высвобождением ионов калия. Преобладание анаэробного метаболизма способствует накоплению лактата и развитию метаболического ацидоза. В ответ на ваготонию, гиперкалиемию и ацидоз развивается спазм коронарных сосудов с несоответствием между питанием сердца и его деятельностью. Следствием этого является появление двухфазных комплексов на ЭКГ плода, что свидетельствует о неспособности миокарда отвечать на гипоксию, об истощении запасов гликогена в миокарде, низком уровне катехоламинов и недостаточном ответе симпатoadреналовой системы.

В завершение необходимо отметить, что, наряду с очевидными преимуществами метода трансабдоминальной регистрации ЭКГ плода, имеют место несколько еще нерешенных технологических недостатков. Во-первых, это сыровидная смазка, которая в интервале 28–33 недель экранирует ЭКГ-сигнал плода, что затрудняет его регистрацию. Во-вторых, в трансабдоминальном сигнале доминирует электрическая активность от сердца матери, которая затрудняет автоматическое выделение низкоамплитудной ЭКГ плода. Вышеназванные недостатки не ограничивают преимущества метода, поскольку они проявляются в единичных случаях и могут быть преодолены за счет длительного мониторинга в режиме холтера с последующим отбором фрагментов качественной записи.

Таким образом, совместный анализ различных вариантов ST-событий (STAN) и типов КТГ, который реализован в автоматизированном программно-аппаратном комплексе с наглядной визуализацией в виде "цветных" зон риска, обеспечивает высокую специфичность диагностики и прогнозирования декомпенсации хронической гипоксии плода при выборе оптимальной тактики ведения и родоразрешения беременных с ПН.

### Список литературы

1. *Какурина В.С.* Возможности прогнозирования репродуктивных потерь во II триместре беременности: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Ростов-на-Дону, 2010. – 23 с.
2. *Филиппов О.С., Карнаухова Е.В., Казанцева А.А.* Плацентарная недостаточность: современный взгляд на проблему. – М.: МЕДпрессинформ, 2009. – 160 с.
3. *Радзинский В.Е., Галина Т.В. и др.* Зависимость перинатальных исходов от акушерской тактики при преждевременных родах и задержке роста плода // Вестник РУДН. – 2007. – № 5. – С. 11–20.
4. *Серов В.Н., Сухих Г.Т. и др.* Неотложные состояния в акушерстве: руководство для врачей. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.
5. *Демидов В.Н., Огай О.Ю., Сигизбаева И.Н.* Оценка информативности автоматизированной антенатальной кардиотокографии // Акуш. и гин. – 2008. – № 6. – С. 33–39.
6. *Орлов В.И., Боташева Т.Л. и др.* Кардиотокография и доплерометрия в современном акушерстве. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2007. – 300 с.
7. *Graatsma E.M., Jacod B.C., van Egmont L.A.J. et al.* Fetal electrocardiography: feasibility of long-term fetal heart recordings // Br. J. Obstet. Gynaec. – 2009; 116: 2: 334–338.
8. *Котлукова Н.П., Хузина О.М., Немировский В.Б., Матюнина Е.А.* Фетальные и неонатальные нарушения сердечного ритма и проводимости // Педиатрия. – 2007. – № 2, Т.86. – С. 80–86.
9. *Westerhuis M.E., Visser G.H., Moons K.G., Zuithoff N., Mol B.W., Kwee A.* Cardiotocography plus ST analysis of fetal electrocardiogram compared with cardiotocography only for intrapartum monitoring: a randomized controlled trial // Obstet. Gynecol. – 2011; 117(2 Pt 1): 406–7.
10. *Neilson J.P.* Fetal electrocardiogram (ECG) for fetal monitoring during labor // Cochrane Database Syst. Rev. – 2006; 3: CD000116.
11. *Noren H., Amer-Wahlin I., Hagberg H., Herbst A., Kjellmer I., Marsal K., et al.* Fetal electrocardiography in labor and neonatal outcome: data from the Swedish randomized controlled trial on intrapartum fetal monitoring // Am. J. Obstet. Gynecol. – 2003; 188(1): 183–220.
12. *Rosen K.G., Amer-Wahlin I., Luzietti R., Noren H.* Fetal ECG waveform analysis // Best. Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol. – 2004; 18:485–514.
13. *Бауммакова Н.В., Цывьян П.Б. и др.* Опыт неинвазивной регистрации электрокардиограммы плода с суправентрикулярной тахикардией (клиническое наблюдение) // Российский вестник акушера-гинеколога. – 2010. – № 5. – С. 40–42.
14. *Yli B.M., Kallen K., Khoury J., Stray-Pedersen B., Amer-Wahlin I.* Intrapartum cardiotocography (CTG) and ST-analysis of labor in diabetic patients // J. Perinat. Med. – 2011; 39(4): 457–65.
15. *Velayo C., Sato N., Ito T. et al.* Understanding congenital heart defects through abdominal fetal electrocardiography: case reports and clinical implications // J. Obstet. Gynaecol. Res. – 2011; 37(5):428–35.
16. *Ларичева И.П., Витушко С.А.* Гормональная диагностика нарушений адаптации плода у беременных с экстрагенитальной и акушерской патологией и принципы их коррекции // Акуш. и гин. – 1990. – № 12. – С. 22–25.
17. *Sato N., Hoshiai T., Ito T., Owada K., Chisaka H., Aoyagi A., Sugawara J., Yaegashi N., Okamura K., Kimura Y.* Successful Detection of the Fetal Electrocardiogram Waveform Changes during Various States of Singletons // Tohoku J. Exp. Med. – 2011; 225: 89–94.