

Статья поступила в редакцию 4.10.2022 г.

Репина Е.С., Костелей Я.В., Буреєв А.Ш., Жданов Д.С., Юрьев С.Ю.
Сибирский государственный медицинский университет,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
ООО «Диагностика +»,
Томский государственный университет,
г. Томск, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПЛОДА

Снижение перинатальной заболеваемости и смертности – задача современного акушерства. Однако методы наблюдения за состоянием плода, активно применяемые в акушерстве, могут говорить о внутриутробном состоянии в момент проведения исследования и не обладают прогностической ценностью, следовательно, начальные признаки внутриутробной гипоксии могут быть пропущены. Инструмент, который вероятно позволит решить данную задачу – это дистанционное мониторирование состояния плода, т.е. наблюдение за плодом вне лечебного учреждения и без непосредственного участия медицинских специалистов. Помимо снижения затрат на стационарное лечение, амбулаторное наблюдение, снижения нагрузки на медицинский персонал, данная технология позволит беременной женщине проводить наблюдение за состоянием плода в любом месте и в любое время. А применение телемедицинских технологий должно позволить женщине в режиме реального времени получить помощь медицинского или технического специалиста. Дистанционный мониторинг состояния плода – актуальное направление развития медицины. Разрабатываемые в настоящее время методы различны в вопросах безопасности, эффективности и стоимости. В данной статье представлен обзор методов, разрабатываемых в мире в настоящее время для дистанционного наблюдения за состоянием плода.

Ключевые слова: перинатальная смертность; фонокардиография; кардиотокография; дистанционное мониторирование состояния плода

Repina E.S., Kosteley Y.V., Bureev A.Sh., Zhdanov D.S., Yuriev S.Yu.
Siberian State Medical University,
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
Diagnostika +, LLC,
Tomsk State University, Tomsk, Russia

MODERN POSSIBILITIES OF REMOTE MONITORING OF FETAL CONDITION

Decreasing perinatal morbidity and mortality is modern obstetrics concern. However, the methods of monitoring fetus condition established in obstetrics can provide data about prenatal condition at the time of testing and do not have prognostic value. Therefore, early signs of prenatal hypoxia may be missed. The instrument which might resolve this issue is distant monitoring of fetus condition, meaning monitoring fetus outside the hospital and without medical specialists' direct involvement. Apart from decreasing costs of hospital stay and decreasing medical personnel workload, this technology will let a pregnant woman monitor fetus condition anywhere and anytime. Moreover, using telehealth technologies is supposed to help a woman to get medical or technical help in real-time mode. Distant monitoring of fetus condition is an up-to-date sector of medical research. The methods currently being developed vary in terms of safety, effectiveness and cost. The present article reviews the methods of distant fetus condition monitoring currently being developed in the world.

Key words: perinatal mortality; phonocardiography; cardiotocography; remote monitoring of fetal condition

В последние два десятилетия во многих областях медицины активно развивается направление стационарзамещающих технологий (дневной стационар, мониторинг состояния пациентов в домашних условиях). Дистанционное мониторирование позволяет успешно контролировать состояние здоровья пациентов с хроническими заболеваниями, своевременно выявлять критические состояния, оценивать эффективность лечения, персонифицировать и опти-

мизировать наблюдение, снизить нагрузку на стационары, одновременно сократив финансовые затраты.

Наиболее активно подобные разработки ведутся в кардиологии. Широко применяются такие приборы, как аппарат для суточного мониторирования электрокардиограммы (ЭКГ) «Валента», кардиологический контроль на платформе Comarch Healthcare, сервис «КардиоОблако», комплекс для

Информация для цитирования:



10.24412/2686-7338-2022-4-12-17



WATSXG

Репина Е.С., Костелей Я.В., Буреєв А.Ш., Жданов Д.С., Юрьев С.Ю. СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПЛОДА //Мать и Дитя в Кузбассе. 2022. №4(91). С. 12-17.



автоматизированной интегральной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы КФС-01.001 «Кардиометр-МТ», система «Doctor Spider» для контроля вариабельности сердечного ритма и частоты дыхания, сеть Carelink для оптимизации ведения пациентов, страдающих сердечной недостаточностью.

В НИИ Кардиологии г. Томска в последние годы с успехом применяются устройства «Spider Bluetooth» и «Нормокард», способные регистрировать ЭКГ до 15 суток [1].

Дистанционное наблюдение в акушерской практике менее развито как в России, так и в мире, хотя является перспективным направлением перинатальной медицины. Возможно, причиной медленного внедрения удаленного мониторинга состояния плода было несовершенство правового поля телемедицинских технологий. Необходимо также учитывать сложившийся в российском здравоохранении стереотип госпитализации в стационар в качестве единственного алгоритма решения любых проблем, возникших в ходе наблюдения за течением беременности, и парадоксы финансирования в системе обязательного медицинского страхования (ОМС), где для учреждения родовспоможения стационарная помощь выгоднее развития амбулаторных технологий.

С медико-экономических позиций динамический удаленный мониторинг состояния плода во время беременности оптимален. Необходимо найти золотую середину между вопросами безопасности, эффективности и стоимости медицинской услуги и сформировать соответствующую группу наблюдения. Риск-ориентированный подход для наблюдения в группе высокого риска неблагоприятия в ближайшей перспективе с целью определения показаний для проведения дополнительных исследований и, при необходимости, соответствующих вмешательств является обязательным условием для снижения перинатальной смертности и заболеваемости. Это доказано для рутинных исследований кардиотокографии (КТГ) и доплерографии. Так, исследование кровотока в пупочной артерии у женщин с высокой степенью риска может уменьшить количество антенатальных потерь [2], но при этом ни КТГ, ни доплерография пуповинного кровотока в группах низкого риска не обладают достаточной прогностической ценностью в плане снижения числа мертворождений [3-5].

Тот факт, что значительная доля случаев антенатальной гибели происходит у повторнородящих женщин без зарегистрированных осложнений предыдущих и текущих беременностей, делает ответ на вопрос «кому, когда и как часто определять сердечный ритм плода?» крайне неоднозначным.

Согласно клиническому протоколу «Нормальная беременность», утвержденному Минздравом РФ в 2020 г. у женщин с неосложненной беременностью, в Российской Федерации в объём наблюдения за состоянием плода входит: опрос женщины относительно шевелений плода, введение гравидограммы

и выслушивание частоты сердечных сокращений (ЧСС) плода при каждом визите после 20 недель, а также КТГ с 33 недель беременности с кратностью 1 раз в 2 недели. При отклонении данных гравидограммы (высота стояния дна матки менее 10 или более 90 процентиля), при фиксировании тахи- или брадикардии, при изменении характера шевелений плода требуется проведение дополнительных ультразвуковых исследований и КТГ [6].

Однако крайне важным является не само по себе выполненное КТГ, а способ интерпретации полученных данных.

Объём диагностических мероприятий при выявлении нарушений кровотока в артерии пуповины, маловодия, задержки роста плода определяется клиническим протоколом «Недостаточный рост плода, требующий предоставления медицинской помощи» (Клинический протокол общероссийской общественной организации «Российское общество акушеров-гинекологов» «Недостаточный рост плода, требующий предоставления медицинской помощи матери (задержка роста плода)», утвержденный Минздравом РФ в 2022 году). Наиболее значимыми маркерами нарушения антенатального состояния плода названы нарушение двигательной активности плода и патологические изменения КТГ [7]. В соответствии с данными рекомендациями, при выявлении выраженной задержки роста плода (предполагаемая масса плода менее 3-го процентиля), при отсутствии инверсий доплерографических показателей и маловодия родоразрешение показано в сроке 36-38 недель беременности. Наблюдение должно проводиться амбулаторно (КТГ 1-2 раза в неделю, УЗИ 1 раз в 2 недели).

Показанием для досрочной госпитализации в стационар являются инверсия доплерографических показателей, маловодие или нарушение состояния плода, зафиксированное с помощью КТГ. Однако, проведение КТГ 1-2 раза в неделю может оказаться чрезмерной нагрузкой на лечебное учреждение (использование дорогостоящего оборудования, обученный медицинский персонал), а в периоды эпидемий и пандемий может быть невыполнимой.

Среди способов улучшения алгоритмов наблюдения за плодом можно отметить математическую обработку данных кардиоинтервалографии, что повышает прогностическую ценность метода. Так, сравнение традиционной КТГ с отсутствием КТГ не выявило значимой разницы в снижении перинатальной смертности. Однако, компьютеризированная КТГ в сравнении с традиционной КТГ может значительно снизить перинатальную смертность (0,9 % против 4,2 %) [8].

Следующим шагом является сокращение интервалов между исследованиями, поиск подходов либо к частому, либо к длительному (круглосуточному) мониторингу. Несмотря на то, что негативное влияние рутинных акушерских исследований, основанных на эффекте Доплера (доплерометрия, КТГ, ультразвук (УЗИ)), на внутриутробное состояние плода не доказано, отсутствие доказательств нали-

чия воздействия не означает отсутствие воздействия [9]. Существует слабая статистически достоверная связь между воздействием на плод УЗИ и вероятностью рождения не-правши, преимущественно для плодов мужского пола [10]. Основные эпидемиологические исследования по воздействию УЗИ на плод проводились 20-25 лет назад со сканерами старых типов, в то время как у современных УЗИ-сканеров, применяемых в акушерстве, мощность акустического излучения гораздо выше (при средней мощности 180 мВт\см²). При использовании доплеровского режима сканирования уровень ISPTA (верхний нормативный предел для усредненной по времени мощности ультразвука) значительно превышает установленные пределы, что может привести к негативному воздействию на ткани. При этом наибольшая интенсивность акустической энергии имеет место при проведении импульсной доплерографии по сравнению с таковой при цветовом доплеровском картировании (ЦДК). Использование импульсного доплера является несканирующим методом, при котором ультразвуковой луч не перемещается и непрерывно воздействует на исследуемый объект в течение всей экспозиции ультразвука (преимущественно в пробном объеме).

Ограничение методов исследования для длительного мониторинга состояния плода введено именно из-за соображений безопасности. В мировой медицинской практике используется принцип ALARA («As Low As Reasonably Achievable»): исследование необходимо проводить только по медицинским показаниям для обеспечения минимального воздействия за минимальный промежуток времени для получения адекватного результата [11].

Таким образом, в настоящий момент актуален поиск методов длительного удаленного наблюдения за состоянием плода. Внедрение в практическую медицину телемедицинских технологий способно решить данную проблему. Дистанционный мониторинг состояния плода с задержкой роста или у женщин группы высокого риска перинатальных осложнений, начиная с 32 недель беременности, может стать эффективным методом наблюдения, позволяющим минимизировать вероятность внутриутробной гибели и тяжелого страдания плода.

ОБЗОР МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ПЛОДА

Широко распространённой системы дистанционного наблюдения за состоянием плода в практических лечебных учреждениях нет ни в одной стране мира, но в связи с запросом современного акушерства исследования в данном направлении ведутся в нескольких научных центрах, и оборудование представлено на рынке.

Для дистанционного мониторинга в акушерской практике на сегодня разработаны: фетальная электрокардиография, фетальная фонокардиография, кардиотокография, акселерометрия и фетальная векторкардиография. Фетальные мониторы

имеют различную форму, способы обработки полученного сигнала и стоимость. Эффективность выявления внутриутробного страдания плода данными методами требует дальнейшего детального изучения. Не доказано преимущество одного метода над другими, так как не разработано единого показателя оценки их эффективности.

Дистанционная кардиотокография

Дистанционная кардиотокография представлена несколькими приборами. Компьютеризированная кардиотокографическая система Sonicaid Team FetalCare (Huntleigh Healthcare) позволяет мониторировать внутриутробное состояние плода у беременных из группы риска перинатальной патологии на дому или в условиях локальной клинической сети путем записи КТГ, ее автоматического анализа и интерпретации [12]. На российском рынке дистанционная кардиотокография представлена программно-аппаратным комплексом под торговой маркой «Сономед-250» (Спектрмед). Аппаратная часть представлена двумя датчиками, которые крепятся к передней брюшной стенке матери и соединены проводной связью с передающим блоком, что позволяет сохранить относительную мобильность женщины во время проведения исследования. Результат математического анализа КТГ сохраняется в базе данных.

Оборудование не получило широкого распространения в лечебных учреждениях России вследствие высокой стоимости, сложности в техническом обслуживании и недоказанной безопасности для плода. Полноценных исследований длительного применения устройств, основанных на эффекте Доплера, не проведено, следовательно, количество и продолжительность исследований за определенный промежуток времени должно быть ограничено.

Дистанционная фетальная электрокардиография

Вторым по частоте вариантом дистанционного мониторинга состояния плода стала регистрация, математическая обработка ЭКГ плода, снимаемой с электродов на передней брюшной стенке матери. В мире создано несколько дистанционных фетальных мониторов на основе ЭКГ. Наиболее известен прибор Monica 24, вошедший позднее в состав комплекса Corometrix (GE Healthcare). Принимающий блок подключен к пяти электродам. В режиме online проводится математический анализ полученного сигнала и получение заключения о функциональном состоянии плода на основании критериев Dawes/Redman. Применение прибора возможно с 20 недель беременности и до родов. Учитывая безопасность, можно установить, что возможен непрерывный, круглосуточный мониторинг. Индекс массы тела не оказывает влияния на качество исследования, что важно для пациенток с ожирением [13]. В то же время, физическая активность снижает качество полученного сигнала. В исследовании у женщин, проводивших исследование амбулаторно, полезный сигнал составил 86,8 % в ночное

время и 40,2 % — в дневное время, у женщин, находящихся в стационарных условиях, полезный сигнал составил 71,1 % в ночное время, в дневное время 43,3 % [14]. Эффект «электрического шума», препятствующий адекватному анализу сигнала миокарда плода, возникает вследствие активности скелетной, висцеральной мускулатуры матери. Широкому применению данного монитора препятствует стоимость устройства, дистанционных модулей и одноразовых расходных материалов (электродов).

Пятиканальная неинвазивная фетальная компьютерная электрокардиографическая система Cardiolab Babycard Харьковских разработчиков рассматривает повышенное отношение T/QRS как достоверный маркер внутриутробного страдания плода [15]. Данный программно-аппаратный комплекс широко в клиническую практику не введен.

Telefetalcare оперирует восемью электродами из токопроводящих текстильных волокон и 1 электродом сравнения. С помощью стандартных кабелей ЭКГ электроды соединены с блоком, в котором происходит предварительная обработка сигнала, выделение материнского ЭКГ, затем происходит извлечение фетального ЭКГ через программируемую вентиляющую матрицу (FPGA). На отечественном рынке данное оборудование не представлено [16, 17].

Фетальная векторокардиография и акселометрия

Альтернативным методом анализа электрических импульсов сердца является векторокардиография — метод обнаружения движений плода, основанный на вариациях амплитуды комплекса QRS. Метод строится на том, что кривая ЭКГ плода, регистрируемая электродами, расположенными на животе матери, изменяется в результате смещения кардиального вектора относительно измерительных электродов. Высота и форма комплекса QRS может использоваться для регистрации движения грудной клетки и дает представление о движении плода. По данным M.J. Rooijackers [18], чувствительность и специфичность метода составляет 56 % и 68 %, соответственно.

Идея регистрации двигательной активности плода реализована в акселометрах — устройствах для автоматического распознавания движений плода с использованием датчиков микроускорений и эффективных алгоритмов обработки сигнала. Имеются данные оценки эффективности выявления шевелений разными приборами и алгоритмами до 96,9 % [19, 20].

В России в настоящее время разрабатывается метод регистрации движений плода с абдоминальным расположением акселометрических регистраторов MPU6000 (с добавлением 1 датчика в подключенной области для возможности удаления компонент сигнала, связанных с движением матери). Датчики объединены в единую систему микропроцессорным устройством, которое собирает

информацию с датчиков и передает по беспроводному каналу на базовую станцию. В результате исследования в интерфейсе мобильных устройств врача и пациентки отображается график зависимости амплитуды движений от времени их возникновения, общее количество движений, общее время регистрации сигнала двигательной активности, диаграмма динамики эпизодов активности. Результаты использования данного устройства показали чувствительность выявления эпизодов шевелений плода по сигналу акселерометра 87,5 % (спокойное состояние) и 79,16 % (активное состояние), средняя точность — 87,5 % (спокойное состояние) и 71,2 % (активное состояние) [21, 22].

Фетальная фонокардиография

Фонокардиография, возвращающаяся в акушерство после длительного забвения, может занять лидирующее место в дистанционном мониторинге благодаря полной безопасности и прорывным инженерным решениям. Первые фонограммы были представлены медицинскому сообществу E. Pestalozza в 1891 году на конгрессе в Берлине. Первый акушерский фонокардиограф в России был создан в пятидесятых годах 20-го века в НИИ акушерства и гинекологии АМН СССР под руководством профессора Н.Л. Гармашевой. Развитие метода затормозилось из-за отсутствия методов компьютерной обработки данных. Выделение акустического сигнала сердечной деятельности плода без компьютерных алгоритмов — практически нерешаемая проблема из-за большого количества сторонних шумов, создаваемых движением плода и матери, деятельностью пищеварительной и сердечно-сосудистой систем матери, разнообразных сторонних звуков.

В настоящее время оборудование и методология для дистанционного мониторинга сердечного ритма плода на основе фонокардиографии разрабатываются несколькими научно-производственными группами. На рынке присутствует разработка венгерских ученых «Fetaphon». Система состоит из двух воспринимающих и передающих датчиков, расположенных на животе матери, данные автоматически через сотовую сеть направляются в центр поддержки для оценки полученного исследования врачом, после чего женщина получает заключение о состоянии плода [23]. Практически все разработанные устройства на основе фонокардиографии используются в научных целях и в систему практического здравоохранения не внедрены.

Готовится к выводу на рынок программно-аппаратный комплекс для дистанционного наблюдения за состоянием плода FetalCare® — разработка томской компании ООО «Диагностика+». Программное обеспечение FetalCare® позволяет трансформировать аудиограмму в кардиоинтервалограмму. За счет специальных алгоритмов усиления аудиосигнала и сегментации потенциальных тонов достигается точность построения кардиоинтервалограммы. Внешние алгоритмы сопровождения за счет элементов искусственного интеллекта могут распознавать потерю

сигнала, громкий шум, сигнализируют о критических и неудовлетворительных параметрах сердечного ритма у плода, могут запрашивать и использовать дополнительную информацию. Отчет о результате тестирования, первичные аудиозаписи, результаты обработки и анализа данных доступны лечащему врачу непосредственно по окончании записи [24-27].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Телемедицинские технологии активно развиваются в последние годы, поскольку появились новые технические возможности, сформировалось правовое поле и накопился позитивный опыт применения телемедицины как у врачей, так и у пациентов. Пандемия новой коронавирусной инфекции ярко продемонстрировала ситуацию, когда перегруженная система здравоохранения, бросив все силы на COVID, по вполне объективным причинам не могла обеспечить должное наблюдение пациентов в диспансерных группах. Дистанционное наблюдение в

подобных ситуациях может, как минимум, обеспечить своевременное реагирование в случае возникновения критических ситуаций, сократить время до начала оказания экстренной медицинской помощи при возникновении угрозы жизни плода. При дальнейшем развитии дистанционный пролонгированный мониторинг состояния плода может стать рутинной акушерской технологией, дополняющей сегодняшние клинические протоколы.

Использование фонокардиографии для дистанционного продленного мониторинга может быть перспективным и в плане возможности получения дополнительной информации с помощью анализа больших данных при обработке аудиосигналов.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Archakov EA, Batalov RE, Usenkov SYu, Popov SV. Experience in the use of non-invasive long-term monitoring of the electrocardiogram in patients with various cardiac arrhythmias. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2021; 36(3): 166-172. Russian (Арчаков Е.А., Баталов Р.Е., Усенков С.Ю., Попов С.В. Опыт применения неинвазивного длительного мониторинга электрокардиограммы у пациентов с различными нарушениями ритма сердца // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2021. Т. 36, № 3. С. 166-172.) DOI: 10.29001/2073-8552-2021-36-3-166-172
2. Alfirevic Z, Stampalija T, Dowsell T. Fetal and umbilical Doppler ultrasound in high-risk pregnancies. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017; 6(6): CD007529. DOI: 10.1002/14651858.CD007529.pub4
3. Grivell RM, Alfirevic Z, Gyte GM, Devane D. Antenatal cardiotocography for fetal assessment. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015; 2015(9): CD007863. DOI: 10.1002/14651858. CD007863.pub4
4. Bricker L, Medley N, Pratt JJ. Routine ultrasound in late pregnancy (after 24 weeks' gestation). *Cochrane Database Syst Rev*. 2008; (4): CD001451. DOI: 10.1002/14651858. CD001451.pub3
5. Alfirevic Z, Stampalija T, Medley N. Fetal and umbilical Doppler ultrasound in normal pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015; (4): CD001450. DOI: 10.1002/14651858. CD001450.pub4
6. Clinical guidelines «Normal pregnancy». Moscow: TSENTRMAG, 2020. Russian (Клинические рекомендации «Нормальная беременность». М: ЦЕНТРМАГ, 2020.)
7. Clinical guidelines «Insufficient growth of the fetus, requiring the provision of medical care to the mother (fetal growth retardation)». Moscow: TSENTRMAG, 2022. Russian (Клинические рекомендации «Недостаточный рост плода, требующий предоставления медицинской помощи матери (задержка роста плода)». М: ЦЕНТРМАГ, 2022).
8. Grivell RM, Alfirevic Z, Gyte GM, Devane D. Antenatal cardiotocography for fetal assessment. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015; 2015(9): CD007863. DOI: 10.1002/14651858.CD007863.pub4
9. The safe use of ultrasound in medical diagnosis. Edited by Gail ter Haar, United Kingdom: The British Institute of Radiology. 2012: 125-131.
10. Salvesen KA, Vatten LJ, Eik-Nes SH, Hugdahl K, Bakketeig LS. Routine ultrasonography in utero and subsequent handedness and neurological development. *BMJ*. 1993; 307(6897): 159-64. doi: 10.1136/bmj.307.6897.159
11. Trufanov GE, Ivanova DO, Ryazanov VV. Practical ultrasound diagnostics: a guide for physicians in 5 volumes. M: GEOTAR-Media; 2017 (In Russian (Труфанов Г.Е., Иванова Д.О., Рязанов В.В. Практическая ультразвуковая диагностика: руководство для врачей в 5 томах. Том 4. М: ГЭОТАР-Медиа; 2017.)
12. Sonicaid Team. Instructions for use. Huntleigh Healthcare Ltd; 2013.
13. Graatsma E.M., Miller J., Mulder E.J. at el. Maternal body mass index does not affect performance of fetal electrocardiography. *Am J Perinatol*. 2010; 27(7): 573-577. DOI: 10.1055 / s-0030-1248945
14. Huhn EA, Müller MI, Meyer AH, Manegold-Brauer G, Holzgreve W, Hoesli I, Wilhelm FH. Quality Predictors of Abdominal Fetal Electrocardiography Recording in Antenatal Ambulatory and Bedside Settings. *Fetal Diagn Ther*. 2017; 41(4): 283-292. DOI: 10.1159/000448946
15. Lakhno I. Fetal Non-invasive Electrocardiography Contributes to Better Diagnostics of Fetal Distress: A Cross-sectional Study Among Patients with Pre-eclampsia. *Ann Acad Med Singap*. 2015; 44(11): 519-523. DOI: 10.47102/annals-acad-medsg.V44N11p519

16. Fanelli A, Signorini MG, Ferrario M, Perego P, Piccini L, Andreoni G, Magenes G. Telefetalcare: a first prototype of a wearable fetal electrocardiograph. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2011; 2011: 6899-902. DOI: 10.1109/EMBS.2011.6091737
17. Signorini MG, Lanzola G, Torti E, Fanelli A, Magenes G. Antepartum Fetal Monitoring through a Wearable System and a Mobile Application. *Technologies.* 2018; 6(2): 44. DOI: 10.3390/technologies6020044
18. Rooijackers MJ, de Lau H, Rabotti C, Oei SG, Bergmans JWM, Mischi M. Fetal movement detection based on QRS amplitude variations in abdominal ECG recordings. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2014; 2014: 1452-1455. DOI: 10.1109/EMBC.2014.6943874
19. Tamber KK, Hayes DJL, Carey SJ, Wijekoon JHB, Heazell AEP. A systematic scoping review to identify the design and assess the performance of devices for antenatal continuous fetal monitoring. *PLoS One.* 2020; 15(12): e0242983. DOI: 10.1371/journal.pone.0242983
20. Liang S, Peng J, Xu Y, Ye H. Passive Fetal Movement Recognition Approaches Using Hyperparameter Tuned LightGBM Model and Bayesian Optimization. *Comput Intell Neurosci.* 2021; 2021: 6252362. DOI: 10.1155/2021/6252362
21. Filipenko KV, Kapranova ON, Bobrova YO. The Algorithm for Fetal Activity Signal Processing. *2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus).* 2021 January 26-29; St. Petersburg, Moscow, Russia, IEEE; 2021 April 09. 1739-1743. DOI: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396601
22. Bobrova YO, Kapranova ON, Filipenko KV. Mathematical Methods of Fetal Activity Signal Processing. *2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus).* 2020 January 27-30; St. Petersburg and Moscow, Russia, IEEE; 2021 March 19. 1491-1494. DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039061
23. Fetaphon Home Monitoring System (Electronic resource). URL: <https://pentavox.hu/en/product/fetaphon-home-monitoring-system/> (дата обращения: 20.08.2022).
24. Kosteley YaV, Zhdanov DS, Borovskoy IG. Adaptation of the Nonlocal Averaging Filter to Amplify Heart Sounds in Human and Fetal Phonocardiogram. *Bulletin of SibGUTI.* 2021; 3: 77-91. Russian (Костелей Я.В., Жданов Д.С., Боровской И.Г. Адаптация фильтра нелокального усреднения для усиления звуков тонов сердца на фонокардиограммах человека и плода //Вестник СибГУТИ. 2021; 3: 77-91.)
25. Zhdanov DS, Bureev AS, Kosteley YV, Khokhlova LA, Dikman EYu. A Mobile Device for Assessing Fetal Status Based on Monitoring Cardiovascular System Parameters. *Biomed Eng.* 2018; 52(2): 87-91. DOI: 10.1007/s10527-018-9789-9
26. Kosteley YaV. Algorithm for determining the pulse on a human and fetal phonocardiogram without classification of heart tones. *Modeling, optimization and information technology.* 2022; 1(36). Russian (Костелей Я.В. Алгоритм определения пульса на фонокардиограмме человека и плода без классификации тонов сердца //Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2022; 1(36).) DOI: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.018
27. Zhdanov DS, Zemlyakov IY, Kosteley YV, Bureev AS. Choice of Wavelet Filtering Parameters for Processing Fetal Phonocardiograms with High Noise Level. *Biomed Eng.* 2021; 55: 194-198. DOI: 10.1007/s10527-021-10100-3

КОРРЕСПОНДЕНЦИЮ АДРЕСОВАТЬ:

РЕПИНА Екатерина Сергеевна,

634050, г. Томск, Московский тракт, д. 2, ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России.

E-mail: repinaekaterina.ssmu@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**INFORMATION ABOUT AUTHORS**

РЕПИНА Екатерина Сергеевна, ассистент, кафедра акушерства и гинекологии, ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, г. Томск, Россия. E-mail: repinaekaterina.ssmu@gmail.com ORCID iD 0000-0003-2881-6135	REPINA Ekaterina Sergeevna, assistant, department of obstetrics and gynecology, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia. E-mail: repinaekaterina.ssmu@gmail.com ORCID iD 0000-0003-2881-6135
КОСТЕЛЕЙ Яна Валерьевна, ст. преподаватель, кафедра экономической математики, информатики и статистики, ФГБОУ ВО ТУСУР; инженер-программист, ООО «Диагностика +», г. Томск, Россия. ORCID iD 0000-0003-0775-350X	KOSTELEI Yana Valerievna, senior lecturer, department of economic mathematics, informatics and statistics, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics; software engineer, Diagnostics + LLC, Tomsk, Russia. ORCID ID 0000-0003-0775-350X
БУРЕЕВ Артем Шамильевич, директор, ООО «Диагностика +», г. Томск, Россия. ORCID iD 0000-0001-8062-956X	BOREEV Artem Shamilevich, director, Diagnostics + LLC, Tomsk, Russia. ORCID ID 0000-0001-8062-956X
ЖДАНОВ Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, отдел медицинских робототехнических технологий, ФГАУ ВО НИТГУ; ведущий программист, ООО «Диагностика +», г. Томск, Россия. ORCID iD 0000-0002-8639-0681	ZHDANOV Dmitry Sergeevich, candidate of technical sciences, senior researcher, department of medical robotic technologies, Tomsk State University; lead programmer, Diagnostics + LLC, Tomsk, Russia. ORCID ID 0000-0002-8639-0681
ЮРЬЕВ Сергей Юрьевич, доктор мед. наук, профессор кафедры акушерства и гинекологии, ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, г. Томск, Россия. ORCID iD 0000-0002-1343-5471	YURYEV Sergey Yuryevich, doctor of medical sciences, professor of the department of obstetrics and gynecology, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia. ORCID ID 0000-0002-1343-5471