

А. Г. Смирнов, А. А. Бурсиан, Б. В. Еникеев

ТРАНСАБДОМИНАЛЬНАЯ ЭКГ ПЛОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЕГО СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Трансабдоминальная регистрация биоэлектрической активности позволяет выявить смесь различных сигналов, существенно отличающихся по источнику своего возникновения [1, 2]. Учитывая, что характер распределения и структура кардиоэлектрических сигналов плода, зарегистрированных на абдоминальной поверхности матери, является диагностическим признаком состояния его сердечно-сосудистой системы [3, 4], то неудивительно, что разработки методов неинвазивной регистрации фетальной ЭКГ проводились давно [5, 6]. Однако сопутствующие данной регистрации различные биоэлектрические и механические помехи существенно затрудняют выделение отчетливых кардиокомплексов ЭКГ плода [1, 7, 8]. В этом плане более успешными были методы регистрации его магнитокардиограммы [9], но в силу своей сложности и высокой стоимости, эти методы в широкой медицинской практике мало используются.

В наших исследованиях применялся принципиально другой подход к анализу фетальной ЭКГ, что позволило добиться отчетливой картины кардиокомплексов и дало возможность провести сравнительное исследование ЭКГ плода у женщин с различным функциональным состоянием как при нормально протекающей беременности, так и при наличии некоторых ее осложненных форм.

Методика исследования

Методика регистрации ЭКГ плода достаточно подробно изложена в описании патента №2284748 от 10.10.2006 г. В качестве принципиальных моментов необходимо отметить следующее:

- отчетливая регистрация ЭКГ плода может зависеть от способа размещения регистрирующих электродов (рис. 1), поэтому в данном исследовании использовали два способа в зависимости от четкости картины ЭКГ плода. На первом этапе исследования 6 активных электродов, которые соответствовали в кардиографе грудным отведениям, располагали по продольной боковой оси плода. С этой целью по результатам обследования УЗИ определяли расположение плода в животе беременной и электроды размещали начиная с головы ребенка (C1–C6). Этим способом было обследовано 27 женщин. Если же ЭКГ плода была неотчетливой, то электроды переставляли и использовали второй способ. При втором способе регистрации все 6 активных электродов ставили в нижний сегмент живота беременной, стараясь полностью охватить верхнюю часть тазовища ребенка. Этим способом было обследовано 20 женщин;
- унифицируя исходные условия и учитывая важность внутриутробного положения плода для интерпретации и сравнения результатов исследования, на обследование мы брали беременных женщин, у которых было головное предлежание, а положение плода

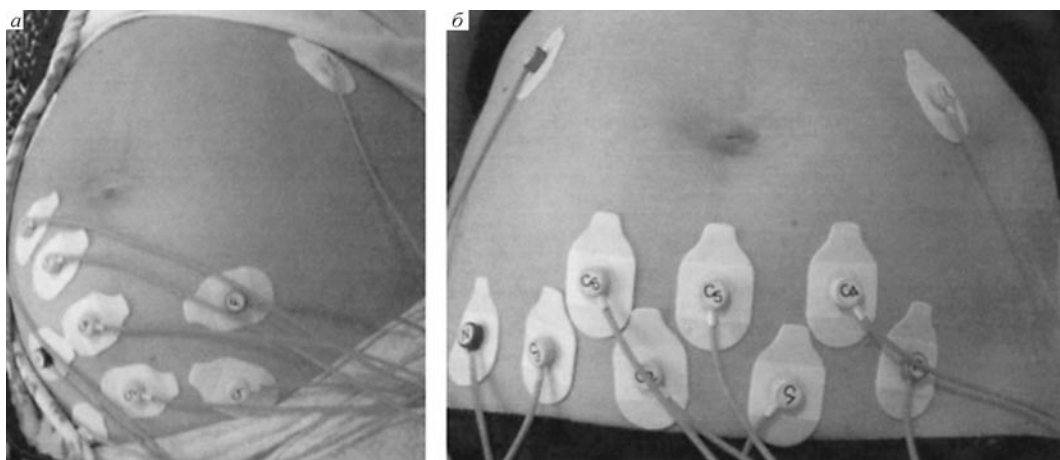


Рис. 1. Расположение электродов при первом (а) и втором (б) способах регистрации ЭКГ плода

было боковым и по левой стороне брюшной полости женщины. Другими словами, плод лежал преимущественно левым боком к абдоминальной поверхности и головой в нижней части живота;

- для выделения кардиокомплексов из общей записи использовали метод усреднения (более подробно см. описание патента) аналогичный таковому, используемому для выделения вызванных потенциалов. В дальнейшем анализировали амплитуду и длительность R-зубца, а также амплитуду и длительность S-зубца. Кроме того, учитывая важность для оценки функционального состояния плода его ЧСС (частота сердечных сокращений) [1, 10, 11, 12], мы анализировали и этот показатель. Достоверность различий определялась по непараметрическим критериям (T -критерий Вилкоксона и критерий Фишера).

На данном этапе исследований была поставлена задача — получить принципиальную возможность оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы плода по параметрам его ЭКГ. Исследования проводили в утренние часы (10–11 ч) при спокойном состоянии беременной женщины и вне периода двигательной активности плода. Всего было обследовано 47 первобеременных женщин в возрасте от 17 до 38 лет. У 25 из них беременность протекала в пределах физиологической нормы, а у 22 — при наличии диагноза «угроза преждевременных родов» до момента проведения обследования, т. е. в момент обследования угрозы прерывания беременности ни у одной из обследуемых женщин не существовало. Сроки беременности во время регистрации электрофизиологических показателей у подавляющего большинства женщин колебались от 35–36 до 39–40 недель (37 человек).

В реальных условиях трудно осуществить такое функциональное воздействие на состояние организма беременной женщины, чтобы отметить существенное изменение состояния плода без вреда его здоровью. Одним из немногих таких воздействий является гипервентиляционная нагрузка, которую осуществляет беременная женщина. Достоинством этой нагрузки является то, что она физиологична и адекватна, так как легко контролируется самой беременной женщиной и рефлекторно стимулирует дыхательные центры, что и дает положительный эффект. С другой стороны, она вызывает незначительный функциональный алкалоз крови [11, 13]. Это, в свою очередь, может изменять

состояние сердечно-сосудистой системы плода, что мы и планировали оценить. Гипервентиляцию проводили в течение трех минут при дыхании открытым ртом с частотой 16–20 дыхательных циклов в минуту. При проведении нагрузки визуально оценивали глубину и частоту дыхания. С целью контроля степени влияния гипервентиляционной нагрузки на функциональное состояние головного мозга беременной женщины [14], у каждой из них в процессе исследования регистрировали ЭЭГ в отведениях F3, F4, O1 и O2 монополярно.

Исследования были проведены на базе родильного дома больницы № 38 им. Н. А. Семашко, г. Пушкин.

Результаты исследования

Как показал анализ ЭКГ-комплексов плода, зарегистрированных двумя различными способами, расположение 2-го электрода в обоих случаях практически совпадает, и он располагается в области верхней части грудной клетки плода (см. рис. 1) при его однотипном внутриутробном положении. Это позволило использовать для анализа ЭКГ-комплекса плода преимущественно запись, полученную с данного отведения, что дало возможность стандартизировать условия регистрации, за исключением тех случаев, когда в указанном отведении ЭКГ плода не прописывалась. Учитывая, что для определения точных базовых значений длительности сегментов и величины амплитуды зубцов, важно было провести сравнительный анализ на однородной группе нормы. С этой целью выделили группу женщин на 39–40-й неделе беременности, у которых не отмечалось никаких существенных осложнений или функциональных нарушений в процессе гестации до момента проведения исследования. Таких беременных оказалось семь.

Для статистического анализа ЭКГ-комплексов плода осуществляли выделение из длительной записи ЭКГ плода отрезков с выраженными и отчетливыми сегментами и зубцами. Затем в электронной таблице программы Exell проводили совмещение начала смещения зубца R вверх у всех выбранных отрезков и затем осуществляли усреднение, как в правую, так и в обратную сторону от избранной точки. В результате таких усреднений был получен комплекс зубцов, напоминающий комплекс QRS в ЭКГ в грудном отведении у взрослого человека, за исключением небольшого скачка потенциала на нисходящей ветви RS-сегмента (рис. 2), который, как мы полагаем, обусловлен наличием овального окна в сердце плода.

Как показывают результаты усреднения временных параметров QRS-комплекса плода, зарегистрированных у 7 беременных женщин (таблица), для каждой конкретной обследуемой сохраняется хорошая повторяемость измерений временных параметров ЭКГ-комплексов плода. Отмечается схожесть конфигурации регистрируемого комплекса у разных обследуемых, что может служить базой для определения нормативных параметров ЭКГ плода при нормальном его развитии. Однако временные и амплитудные показатели у разных обследуемых варьируют в значительной степени. Естественно, что для получения диапазона такого варьирования в норме, необходимы дальнейшие исследования и формирование базы данных.

Использование гипервентиляционной нагрузки, хотя и выявило фазную реактивность ЧСС плода на ее воздействие, но отчетливой картины изменений как в структуре кардиолкомплексов ЭКГ плода, так и в динамике сердечного ритма не показало. После начала гипервентиляции в 80% случаях отмечалось первоначальное замедление сер-

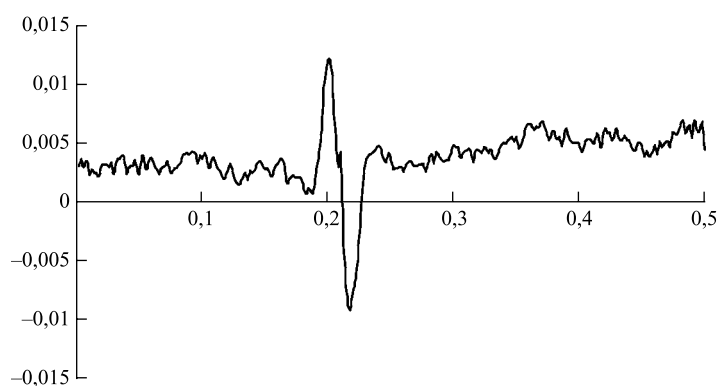


Рис. 2. Структура усредненного комплекса ЭКГ плода у беременной О. Г.

По вертикали — амплитуда в МкВ, по горизонтали — время в с (то же для рис. 3).

Результаты измерения временных и амплитудных параметров ЭКГ-комплекса плода у здоровых беременных на 39–40-й неделе гестации

Оцениваемые временные показатели ЭКГ-комплекса плода	Обследуемые						
	О. Г.	Е. В.	Ю. В.	А. И.	Н. В.	Е. М.	Е. Б.
Количество анализируемых комплексов (n)	20	21	20	27	23	31	18
Длительность ЭКГ-комплекса от начала зубца Р до выхода зубца S на изолинию (мс)	34 ± 4,63	64 ± 9,68	58 ± 6,44	70 ± 14,69	42 ± 5,21	46 ± 6,01	70 ± 12,58
Длительность сегмента от начала зубца Р до пика зубца Q (мс)	6 ± 0,98	18 ± 2,73	24 ± 4,25	16 ± 3,54	4 ± 1,02	18 ± 4,21	20 ± 4,18
Длительность комплекса QRS от пика зубца Q до выхода зубца S на изолинию (мс)	28 ± 3,12	46 ± 7,69	34 ± 6,54	54 ± 8,95	38 ± 6,65	28 ± 3,58	50 ± 7,85
Длительность комплекса QRS от пика зубца Q до пика зубца S (мс)	20 ± 1,58	30 ± 2,33	28 ± 2,01	48 ± 3,02	30 ± 2,95	22 ± 2,56	34 ± 3,44
Длительность сегмента от пика зубца Q до начала «зазубрины» (мс)	12 ± 0,98	20 ± 1,02	16 ± 1,99	32 ± 2,49	18 ± 1,85	12 ± 0,94	22 ± 1,23
Длительность «зазубрины» (мс)	2	2	2	2	2	2	2
Амплитуда, измеренная от пика зубца Q до пика зубца R (в МкВ)	24 ± 3,21	11,39 ± 1,25	28,91 ± 3,58	9,54 ± 1,09	31 ± 4,52	39,72 ± 5,61	30,06 ± 5,01
Амплитуда, измеренная от пика зубца R до пика зубца S (в МкВ)	21,5 ± 4,11	21,19 ± 3,98	27,33 ± 4,25	16,54 ± 2,58	29 ± 3,97	37,6 ± 5,98	47,84 ± 8,54

дечного ритма плода, затем его возвращение к исходному уровню. К концу нагрузки возникало вторичное замедление сердечного ритма плода, но оно было незначительным, не всегда регистрируемым и носило характер тенденции. Следует отметить, что на второй минуте нагрузки при нормально протекающей беременности наблюдалось существенное увеличение двигательной активности плода, что приводило к сильному смещению изолинии при регистрации его ЭКГ и, как результат, к потере отчетливой картины ЭКГ-комплекса плода.

Статистический анализ также не выявил отчетливых и достоверных различий между различными амплитудно-временными показателями в ЭКГ плода между двумя группами беременных женщин. Эти группы различались тем, что у представительниц первой группы на протяжении беременности была диагностирована угроза преждевременного прерывания беременности, а у представительниц второй – подобной угрозы не было. Возможно, это было связано с тем, что практически у всех беременных с угрозой преждевременных родов такой диагноз ставился в первом и в начале второго триместров, а регистрацию ЭКГ плода мы проводили в конце третьего триместра.

Иную картину мы наблюдаем в ЭКГ плода у тех женщин, у которых в течение беременности диагностировалась анемия, независимо от наличия или отсутствия угрозы прерывания беременности. Таких женщин было 17. Характерными особенностями ЭКГ плода у беременных женщин с анемией в сравнении с ЭКГ плода у женщин, у которых анемия отсутствовала, было то, что зубец R имел расширенное основание (разница между группами равна $7,56 \pm 0,081$ мс, $p < 0,05$) и был существенно меньше по амплитуде ($17,36 \pm 2,34$ МкВ с анемией против $28,75 \pm 7,34$ МкВ без анемии, $p < 0,05$). Так как зубец S во многих случаях практически отсутствовал, а местоположение Т-зубца было трудно определяемым (рис. 3), то данные по их измерениям статистически проанализировать было затруднительно. Таким образом, амплитудно-временные параметры QRS-комплекса ЭКГ плода у женщин с анемией во время беременности, судя по результатам наших исследований, отличаются от таковых у женщин без анемии.

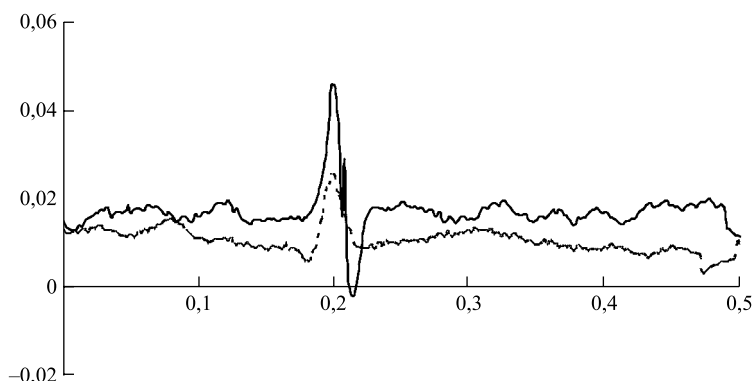


Рис. 3. Усредненная ЭКГ плода у беременной М. К. (сплошная линия) и у С. А. (штриховая линия)

Беременная М. К. ЭКГ зарегистрирована на 36-й неделе беременности. Диагноза угрозы не ставили. Анемии и других дисфункций, связанных с беременностью не отмечалось. Беременная С. А. ЭКГ зарегистрирована на 36-й неделе беременности. Диагноз угроза был поставлен с 14-й по 16-ю недели. Диагноз анемия беременных ставился с 9-й по 26-ю неделю.

Обсуждение результатов исследования

Функциональное состояние женщины во время беременности неизбежно должно сказываться на функциональном состоянии плода и, прежде всего на состоянии его сердечно-сосудистой системы. Однако такое влияние проявляется в первую очередь на сердечном ритме, особенно, если такие влияния носят временный характер, как например, гипервентиляционная нагрузка. Показано, что она вызывает развитие преходящей гипоксии, которая и провоцирует появление патологической реакции нервной системы и миокарда [6, 13]. Но постоянное насыщение крови кислородом сглаживает эффект гипоксии, а наличие плацентарного барьера препятствует развитию алкалоза в кровеносной системе плода. В связи с этим, как показали наши исследования, изменения функционального состояния беременной женщины, связанные с гипервентиляционной нагрузкой практически не сказываются на структуре зубцов ЭКГ плода и незначительно влияют на сердечный ритм. Наблюдаемые же незначительные изменения могут быть обусловлены и психоэмоциональной реакцией женщины на нагрузку.

Иной механизм воздействия на сердечно-сосудистую систему плода проявляется при наличии у женщины хронической анемии, хотя результаты этих исследований следует рассматривать только как предварительные. Вне зависимости от причин развития анемии при беременности, в результате ее воздействия на плод возникает недостаточность потребления кислорода плодом [11, 15, 16], что может привести к нарушениям развития его миокарда, который очень чувствителен к уровню кислорода в крови беременной. При прочих равных условиях в ЭКГ плода у женщин с анемией может развиваться нестабильность зубцов его электрокардиограммы, что при усреднении приводит к уменьшению амплитудных и увеличению временных показателей фетальной ЭКГ. И хотя такие изменения могут носить функциональный характер, но при длительном воздействии кислородной недостаточности, они становятся необратимыми, что может привести к аномалиям развития плода. Регистрация трансабдоминальной ЭКГ позволяет своевременно выявить такие отклонения, что дает возможность провести эффективное лечение.

Выводы

1. Предложенный метод трансабдоминальной регистрации ЭКГ плода выявил стабильную картину QRS-комплекса с характерной фетальной ЭКГ зазубриной на его нисходящей ветви.
2. ЭКГ плода, регистрируемая с поверхности живота беременных с анемией, характеризовалась изменением амплитудно-временных показателей QRS-комплекса.

Литература

1. Роцевский М. П., Коломеец Н. Л., Кузиванова А. С., Лебедева О. Н. и др. Возможности оценки состояния плода методом изучения электрической активности сердца // Мед. акад. журн. 2009. Т. 9, № 1. С. 81–86.
2. Shepova'nikov R. A., Nemirko A. P. and Kalinichenko A. N. Algorithm for Detection of the QRS Complexes in the Fetal ECG in the Course of Delivery // Pattern Recognition and Image Analysis. 2008. Vol. 18, N 1. P. 121–131.
3. Трусов Ю. В. Функциональные состояния плода. М: МЕДпресс-информ, 2003. 120 с.

4. Lee S. T., Hon E. H. The fetal electrocardiogram. V. Unusual variations in the QRS complex during labor // *Am. J. Obstetr. Gynecol.* 1965. Vol. 92. P. 1140–1146.
5. Roche J. B., Hon E. H. The fetal electrocardiogram. V. Comparison of lead systems // *Am. J. Obstetr. and Gynecol.* 1965. Vol. 92. P. 1149–1161.
6. Tejani N., Mann J., Bhakthavathsalan A., Weiss R. R. Prolonged fetal bradycardia with recovery its significance and outcome // *Am. J. Obstetr. and Gynecol.* 1975. Vol. 122. P. 975–992.
7. Khamene A., Negahdaripour S. A new method for the extraction of fetal ECG from the composite abdominal signal // *IEEE Trans Biomed Eng.* 2001. Vol. 47. P. 507–516.
8. Sadovsky E., Evron S., Weinstein D. Daily fetal movement recording in normal pregnancy // *Rev. Obstetr and Gynecol. Practica Med. Perinatal.* 1979. Vol. 59. P. 395–412.
9. Ter Brake H. J. M., Rijpmma A. P., Stinstra J. G., Borgman J. et al. Fetal magnetocardiography: clinical relevance and feasibility // *Physica C.* 2002. Vol. 368. P. 10–17.
10. Gilstrap L. C., Hauth J. C., Hankins G. D. V., Beck A. W. Second-stage fetal heart rate abnormalities and type of neonatal acidemia // *Obstetr. and Gynecol.* 1987. Vol. 70. P. 191–199.
11. Smith J. H., Anand K. J., Cotes P. M., Dawes G. D. et al. Antenatal fetal heart rate variation in relation to the respiratory and metabolic status of the compromised human fetus // *Br. J. Obstetr. and Gynecol.* 1988. Vol. 95. P. 980–997.
12. Snijders R. J., Ribbert L. S., Visser G. H., Mulder E. J. Numeric analysis of heart rate variation in intrauterine growth-retarded fetuses: A longitudinal study // *Am. J. Obstetr. and Gynecol.* 1992. Vol. 166. P. 22–31.
13. Achenbach-Ng J., Siao T. C. P., Mavroudakos N. et al. Effects of routine hyperventilation on PCO₂ and PO₂ in normal subjects: implications for EEG interpretations // *J. Clin. Neurophysiol.* 1994. Vol. 11, N 2. P. 220–225.
14. Van der Worp H. B., Kraaier V., Wieneke G.H., Van Huffelen A. C. Quantitative EEG during progressive hypocarbia and hypoxia. Hyperventilation-induced EEG changes reconsidered // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1991. Vol. 79, N 5. P. 335–341.
15. Димитров Д. Я. Анемии беременных. София: Медицина и физкультура. 1977. 160 с.
16. Low J. A., Galbraith R. S., Muir D. W., Kitten H. L. et al. Factors associated with motor and cognitive deficits in children after intrapartum fetal hypoxia // *Am. J. Obstetr. and Gynecol.* 1984. Vol. 148. P. 533–541.

Статья поступила в редакцию 14 октября 2010 г.