

УДК 621.391.833

О.М. Дацок, С.А.Красникова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ОБРАБОТКА ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЕРЕМЕННЫХ

В работе рассмотрены параметры центральной гемодинамики при беременности, осложнённой сердечно-сосудистыми заболеваниями. Распространение сердечно-сосудистых заболеваний среди беременных обуславливает создание современных методов и технических средств диагностики и мониторинга, направленных на повышение эффективности регистрации и обработки биомедицинских показателей, а также развитие способов обработки диагностических показателей. Предложен подход к оцениванию давления малого круга кровообращения с помощью регистрации основных гемодинамических показателей, который позволяет повысить возможности экспресс-диагностики сердечно-сосудистой системы беременных.

Ключевые слова: беременность, сердечно-сосудистая система, гемодинамические параметры, обработка.

Введение

Постановка проблемы. Знание влияния заболеваний сердечно-сосудистой системы на течение беременности и развитие плода, а также влияния

самой беременности на сердечно-сосудистую систему позволяют правильно вести разрешенную беременность, сохранить здоровье женщины и получить здоровое потомство.

Своевременная диагностика и профилактика функциональных нарушений в деятельности сердечно-сосудистой системы у беременных в значительной степени зависят от эффективности применяемых методов исследования. Ограниченность традиционных методических возможностей при изучении активности сердечно-сосудистой системы беременных на основе анализа доступных физиологических сигналов делают необходимым поиск более чувствительных и информативных диагностических критериев.

Анализ публикаций. Распространенность сердечно-сосудистых заболеваний среди беременных обуславливает создание современных приборов диагностики и мониторинга, направленных на повышение эффективности методов регистрации и обработки биомедицинских показателей [1 – 2].

Основная причина сердечно-сосудистых осложнений при беременности заключается в структурных и функциональных изменениях миокарда и сосудистого русла [3]. В основу прогнозирования состояния здоровья беременных с сердечно-сосудистыми заболеваниями положен анализ гемодинамических показателей, изменение которых представляет собой фактор развития сердечно-сосудистых осложнений [4]. Синхронная регистрация стандартных физиологических показателей позволяет повысить точность оценки состояния сердечно-сосудистой системы беременных и определить степень риска заболевания [5]. Применение современного программного обеспечения позволяет вычислять медико-биологические показатели и получать косвенные данные, которые максимально приближены к результатам инвазивных измерений [6 – 7]. Однако, несмотря на неопровержимые преимущества существующих диагностических методов, трудно поддается измерению довольно важный показатель – давление малого круга кровообращения. Увеличение этого параметра свидетельствует об усиленной работе правого желудочка, что сопровождается увеличением периода напряжения правого желудочка, частоты сердечных сокращений и дыхательных движений, что в результате позволяет оценить состояние беременной женщины как критическое [8].

Цель исследования. Изучение возможности косвенного определения показателей малого круга кровообращения на основе статистического анализа показателей сердечно-сосудистой системы, измененных инвазивно.

Изложение материалов исследований

Физиологические изменения сердечно-сосудистой системы беременных

Ведение беременности и родов у женщин с заболеваниями сердца – настоящее искусство, требующее совместных и скоординированных усилий

акушера-гинеколога и кардиолога, поскольку такое состояние предъявляет повышенные требования к сердечно-сосудистой системе будущей матери. Это вызвано изменениями, которые обусловлены сосуществованием двух организмов – матери и плода.

Сочетание болезней сердца и сосудов с беременностью и обусловленных ею изменений кровообращения, обмена веществ, массы тела, водно-солевого обмена требуют от сердца усиленной работы и нередко отягощают течение сердечно-сосудистого заболевания. Все эти изменения связаны с тем, что у беременной женщины появляется дополнительное кровообращение – маточно-плацентарный кровоток, и в результате изменяются нагрузки на сердце. Увеличенные нагрузки зависят от вида патологии и от того, как сердце справляется с возложенной на него задачей.

Основой правильного ведения и лечения таких беременных является точная диагностика, учитывающая причину заболевания.

Подходы к диагностике сердечно-сосудистой системы у беременных женщин

Современная медицина обладает достаточно эффективными методиками, позволяющими вычислить степень риска, связанного с беременностью и родами у женщин с заболеваниями сердца. Мониторинг состояния здоровья беременных должен быть максимально полным и включать следующие параметры: артериальное давление, частоту сердечных сокращений, параметры электрокардиограммы, минутный объем крови, общее периферическое сопротивление сосудов. Состояние сосудистой стенки артериальных сосудов отображают пульсовые колебания. Характер пульса зависит от деятельности сердца и состояния артерий. Этот показатель отображает силу сокращения сердца, прилив крови в артериальную систему, сопротивление и эластичность периферических сосудов. Одним из эффективных методов исследования динамики сердца и диагностики режима его функционирования для пациенток с подозрением на сердечно-сосудистое заболевание является метод электрокардиографии. Достоинство ЭКГ заключается в возможности анализа последовательности возникновения потенциалов, регистрируемых от волокон различных отделов сердца, что позволяет получить наиболее точные сведения о пути и скорости распространения волны возбуждения.

Реографическую кривую торакального кровотока, расчетные величины ударного объема крови, минутного объема крови, сердечного индекса и ряда других можно получить методом биоимпедансометрии, используя методики либо интегральной реографии по Тищенко, либо тетраполярной реографии по Кубичеку. Современное программное обеспече-

ние позволяет повышать информативность медико-биологических данных, полученных неинвазивными методами, приближая их к данным, полученным путем инвазивных измерений [6 – 7].

Перечисленные выше методы безвредны и помогают объективно оценить состояние полостей и клапанов, электрическую активность сердца, осуществить регистрацию колебаний пульсовой волны и оценить кровоток.

Повышение информативности методов диагностики гемодинамики беременных

Рассмотрим состояние сердечно-сосудистой системы беременной как сложную стохастическую систему, которая функционирует под действием множественных входных факторов. Наилучшие результаты многомерного статистического анализа данных медико-биологических исследований получают тогда, когда распределение входных контролируемых факторов и выходных параметров является нормальным или близким к нему.

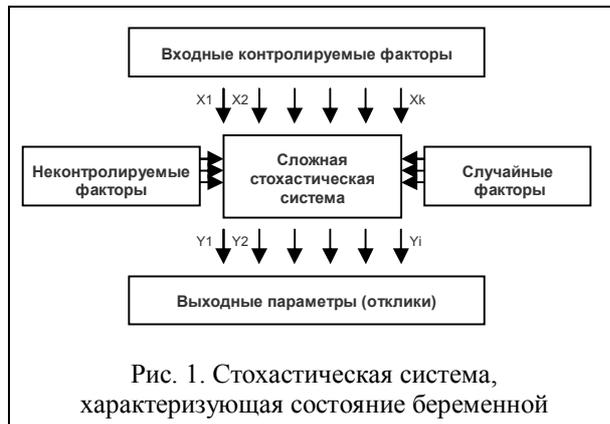


Рис. 1. Стохастическая система, характеризующая состояние беременной

Часть таких факторов X_1, X_2, X_k являются контролируемыми, измеряемыми количественно, и имеющими номинальное значение. Другая часть относится к группе неконтролируемых, случайных факторов, зачастую неизвестных, которые не поддаются измерению, но оказывают воздействие на систему, результатом которого является случайность её состояния и функционирования. Состояние системы характеризуется множеством выходных параметров Y_1, Y_2, Y_i , которые также измеряются количественно и представляют собой случайные величины, которые подчиняются нормальному, или иному закону распределения с соответствующими численными характеристиками.

Количество входных контролируемых факторов и выходных параметров, описывающих объект исследования, определяется в зависимости от цели и задачи исследования.

Для исследования связи между факторами и параметрами, характеризующими эффективность диагностики состояния сердечно-сосудистой систе-

мы беременных, в качестве входных контролируемых факторов целесообразно выбрать следующие: период напряжения, длительность сердечного цикла, частота сердечных сокращений, артериальное систолическое и диастолическое давления, ударный объём крови, минутный объём крови, сердечный индекс, объёмную скорость выброса, мощность левого желудочка, общее периферическое сосудистое сопротивление, реографический систолический индекс [3, 4, 8]. В качестве выходного параметра – давление малого круга кровообращения.

В силу того, что неконтролируемые и случайные факторы для каждого объекта наблюдения принимают различные случайные значения, выходные параметры, характеризующие состояние и функционирование сложной стохастической (вероятностной) системы, являются случайными величинами, для исследования которых следует применять методы теории вероятностей и математической статистики.

Статистический анализ приведенной системы включает: числовые характеристики переменных, определение коэффициента корреляции r_{XY} и оценку его точности и надёжности; определение коэффициентов модели $Y = a + b \cdot X$ и оценку их достоверности; дисперсионный анализ и оценку достоверности и эффективности модели, построение графика линии регрессии с указанием 95% доверительных интервалов для возможных значений и среднего ожидаемого значения параметров; прогноз давления малого круга кровообращения и оценку его точности и надёжности.

Нами были обработаны гемодинамические параметры 64 пациенток (беременных женщин) одного из родильных домов г. Харькова. Обработка выполнена с помощью ПК с использованием методов математической статистики.

Как известно, увеличение давления малого круга кровообращения (АД м.к.) свидетельствует об усиленной работе правого желудочка и сопровождается увеличением частоты сердечных сокращений. При исследовании связи между частотой сердечных сокращений, в качестве входного параметра и давлением малого круга, в качестве выходного параметра сложной стохастической системы были получены следующие результаты. Коэффициент корреляции $r_{XY} = -0,16$, что свидетельствует об обратной слабой корреляционной связи между давлением малого круга кровообращения и частотой сердечных сокращений. По t -критерию $t = -1,26 < t_{0,01} = 1,99$, корреляционную связь следует считать незначимой ($p > 0,05$). Итоги регрессии для зависимой переменной АД м.к.: коэффициент множественной корреляции $R = 0,025$, $F = 1,61$, $p < 0,209$ стандартная ошибка оценки 4,9457.

Свободный член уравнения регрессии $a = 16,16$ оказывает влияние на параметр Y .

Таким образом, модель можно представить как

$$Y = 16,16 - 0,19 \cdot X$$

Данную модель можно считать не информативной, поскольку фактор X и модель на 0,025 % объясняет дисперсию параметра Y. По критерию F = 1,61 и уровню значимости p = 0,209 модель следует признать не значимой.

График линии регрессии с указанием 95% доверительных интервалов для возможных значений и среднего ожидаемого значения параметров представлен на рис. 2.

В результате исследования связей между параметрами стохастической системы определено, что для определения выходного параметра наиболее информативная модель получена при исследовании связи между периодом напряжения правого желудочка и давлением малого круга кровообращения. В табл. 1 указаны числовые характеристики исследуемых переменных.

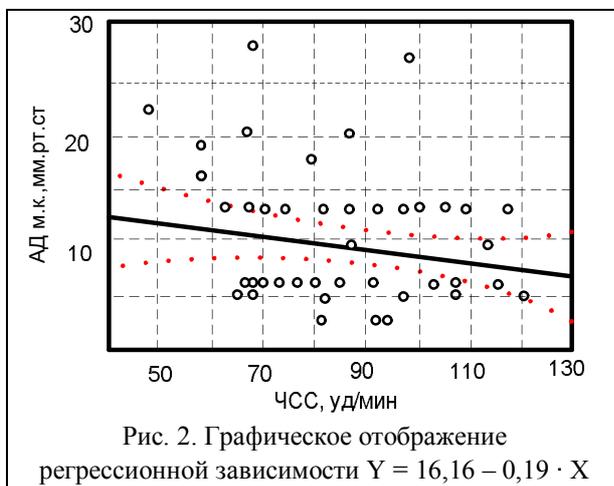


Рис. 2. Графическое отображение регрессионной зависимости $Y = 16,16 - 0,19 \cdot X$

Таблица 1

Числовые характеристики переменных периода напряжения и давления малого круга

Характеристика	Период напряжения X, мс	Давление малого круга кровообращения Y, мм.рт.ст.
Среднее	102,34	12,03
Доверит. +95%	105,39	13,27
Доверит. -95%	99,29	10,78
Медиана	100	9,0
Минимум	80	6
Максимум	140	28
Дисперсия	149,18	24,69
Стандартная ошибка среднего	1,52	0,62
Асимметрия	0,46	1,24
Экссесс	1,43	1,46

Распределения переменных Y и X следует признать близкими к нормальным распределениям, поскольку:

- имеют место примерное равенство средних значений (среднего арифметического и медианы);
- минимальные и максимальные значения симметричны относительно среднего;
- коэффициенты асимметрии и эксцесса не превышают 2 по абсолютной величине.

Для оценки линейной связи между переменными X и Y рассчитан коэффициент корреляции $r_{XY} = 0,87$, что свидетельствует о прямой сильной корреляционной связи между давлением малого круга кровообращения и периодом напряжения правого желудочка.

По t-критерию $t = 13,95 < t_{0,01} = 1,99$, корреляционную связь следует считать значимой ($p < 0,05$). Свободный член $a = -24,23$ с уровнем значимости $p = 0,000000$. Коэффициент регрессии $b = R_{Y/X} = 0,354$ с уровнем значимости $p = 0,00000$ и достоверностью $1 - p = 1$ определяет характер изменения параметра Y. Итоги регрессии для зависимой переменной АД м.к.: $R = 0,758$, $F(1,62) = 194,67$ $p < 0,0000$ стандартная ошибка оценки: 2,462. Свободный член уравнения регрессии $a = -24,23$ оказывает влияние на параметр Y.

Таким образом, модель можно представить в виде

$$Y = -24,23 + 0,354 \cdot X. \quad (1)$$

По коэффициенту детерминации $R = 75,84$ % модель можно считать в высокой степени информативной. Фактор X и модель на 75,84 % объясняет дисперсию параметра Y. По критерию $F = 194,667$ и уровню значимости $p = 0,000$ модель следует признать значимой, её достоверность близка к 1 (100%). Таким образом, число наблюдений в эксперименте оказалось вполне достаточным для построения информационно способной ($R = 0,76$) статистически значимой ($p < 0,001$) модели.

График линии регрессии с указанием 95% доверительных интервалов для возможных значений и среднего ожидаемого значения параметров АД м.к. и периода напряжения малого круга представлен на рис. 3.

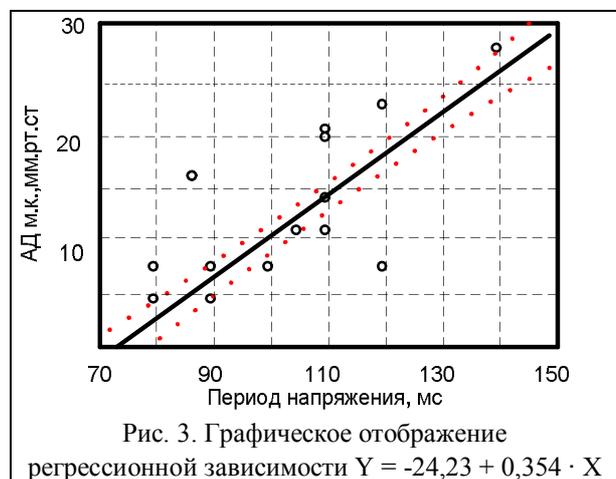


Рис. 3. Графическое отображение регрессионной зависимости $Y = -24,23 + 0,354 \cdot X$

Предложенная модель позволяет дать прогноз давления малого круга кровообращения, и оценить его точность и надёжность.

Прогнозируемое значение АД м.к. Y_k , рассчитанное согласно (1) для значения периода напряжения 100 мс при среднеквадратическом отклонении $S_0 = \sqrt{0,149} = 0,39$ и $t_{95} = 1,99$ равно

$$Y_k = 11,17 \pm 0,39 \cdot 1,99 = 10,3939 \div 11,9461.$$

Среднеожидаемое значение АД м.к. для данного значения периода напряжения при ошибке

$$m_{Y_k} = \sqrt{\frac{S_0^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,149}{64}} = 0,05$$

$$Y = 11,17 \pm 0,05 \times 1,99 = 11,0705 \div 11,2695.$$

Выводы

Предложенная методика расчета давления малого круга кровообращения позволит расширить функциональные возможности биомедицинских приборов и систем при экспресс-диагностике состояния сердечно-сосудистой системы беременных.

В результате исследований установлено, что между давлением малого круга кровообращения и периодом напряжения имеется прямая сильная корреляционная связь ($r_{XY} = 0,87$, $p < 0,001$).

Предложена модель вида $y = -24,23 + 0,354 \cdot x$, которая позволяет определить давление малого круга кровообращения (Y , мм.рт.ст.) по значению периода напряжения (X , мс).

Предложенная модель высоко информативна ($R = 0,76$) и значима ($p < 0,001$).

Установление математических закономерностей между параметрами системы гемодинамики позволит с помощью численных методов определять эффективность функционирования систем организ-

ма (определять состояния «норма» или «патология»), разрабатывать методы влияния на эти системы и режимы мониторинга.

Список литературы

1. Виноградова Т.С. Инструментальные методы исследования сердечно – сосудистой системы: [Справочник] / Т.С. Виноградова – Москва: Медицина, 1986. – 416 с.
2. Поль Д.Уайт. Ключи к диагностике и лечению болезней сердца [Текст] / Пер. с англ. В.Дмитрук. – Москва: Медицинская литература, 2002. – 190 с.
3. Силиберто К.Ф., Маркс Г.Ф. Физиологические изменения, связанные с беременностью [Текст] / Пер. с англ. А.Меликов. – Москва: Мир, 1996. – 284-315с.
4. Макаров О.В., Николаев Н.Н., Волкова Е.В. Особенности центральной гемодинамики у беременных с артериальной гипертензией. [Текст] // Акуш. и гинек. – 2003. – №4. – С. 18-22.
5. Клиническая кардиология: В 3 т. [Текст] / Под.ред. Амосова Е.Н. – Киев: «Здоровье», 2002. – Т.1-2
6. Яковлев В.Б. Диагностика и лечение нарушений ритма сердца: Пособие для врачей. [Текст] – М.:Бином. Лаборатория знаний, 2003. – 168-200с.
7. J Xu, L-G Durand A new, simple, and accurate method for non-invasive estimation of pulmonary arterial pressure [Text] / Xu J, Durand L-G // Heart. – 2002. – V.8. – P.76-80.
8. Дацок О.М., Красникова С.А. Современный подход к диагностике гемодинамики беременных с нарушениями работы сердца. [Текст] / О.М. Дацок, С.А. Красникова / Вестник НТУ ХПИ. Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков, 2010. – № 31 – 203 с.

Поступила в редколлегию 1.12.2010

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. А.И. Бых, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ОБРОБКА ГЕМОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАГІТНИХ

О.М.Дацок, С.О.Краснікова

У роботі вивчені параметри центральної гемодинаміки під час вагітності, ускладненої серцево-судинними захворюваннями. Поширення серцево-судинних захворювань серед вагітних обумовлює створення сучасних приладів діагностики та моніторингу, спрямовані на підвищення ефективності методів реєстрації та обробки біомедичних показників, а також розвиток методів і способів обробки діагностичних показників. Запропоновано підхід до оцінювання тиску малого кола кровообігу за допомогою реєстрації основних гемодинамічних показників, який дозволяє підвищити можливість експрес-діагностики серцево-судинної системи вагітних.

Ключові слова: вагітність, серцево-судинна система, гемодинамічні параметри, обробка.

PROCESSING PARAMETERS OF HEMODYNAMIC DURING PREGNANCY

O.M. Datsok, S.A. Krasnikova

We studied the central hemodynamic parameters in pregnancies complicated by cardiovascular diseases. Distribution of cardiovascular disease in pregnant women causes the creation of modern instrumentation diagnostics and monitoring, aimed at improving methods of recording and processing of biomedical indicators, as well as the development of methods and techniques for processing of diagnostic indicators. An approach to estimating the pressure of the pulmonary circulation by detecting the main hemodynamic indices, which enhances the possibility of rapid diagnosis of cardiovascular system during pregnancy.

Keywords: pregnancy, cardiovascular system, hemodynamic parameters, processing.