

УДК 618.2:612.089

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ТРЕНИНГА БЕРЕМЕННОЙ
С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОЦЕНКОЙ СОСТОЯНИЯ
МАТЕРИ И ПЛОДА**

К.В. Тимкина¹, И.В. Толмачев^{1,2}, Е.Ю. Киселева¹,
А.А. Андреева², Я.С. Пеккер^{1,2}

¹Томский политехнический университет

²Сибирский государственный медицинский университет,
г. Томск

E-mail: ivantolm@mail.ru

Тимкина Кристина Вячеславовна, магистрант кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ.

E-mail: ivantolm@mail.ru

Область научных интересов: перинатология, биологическая обратная связь.

Толмачев Иван Владиславович, канд. мед. наук, ассистент кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ; ассистент кафедры медицинской и биологической кибернетики СибГМУ, г. Томск.

E-mail: ivantolm@mail.ru

Область научных интересов: статистическая обработка медицинских данных, перинатология, биологическая обратная связь.

Киселева Екатерина Юрьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ.

E-mail: ivantolm@mail.ru

Область научных интересов: медицинская электроника, перинатология, биологическая обратная связь.

Андреева Анна Анатольевна, инженер кафедры медицинской и биологической кибернетики СибГМУ, г. Томск.

Область научных интересов: статистическая обработка медицинских данных, перинатология, биологическая обратная связь.

Пеккер Яков Семенович, канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой медицинской и биологической кибернетики СибГМУ; профессор кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ.

Область научных интересов: медицинская электроника, медицинская кибернетика, перинатология.

Длительное напряжение регуляторных систем организма матери приводит к истощению адаптационных резервов, нарушению физиологических ритмов и механизмов регуляции, что не может не сказаться на функциональном состоянии плода. В связи с этим актуальной задачей современной медицины становится разработка методик коррекции состояния беременной, основанных на обращении к естественным ресурсам человеческого организма. Целью данной работы является разработка и реализация алгоритма БОС-тренинга для применения в процессе мониторингирования функционального состояния системы мать–плод. Для регистрации на поверхности тела матери смешанного электрического сигнала от сердца матери и плода был использован трехканальный регистратор. Анализ variability сердечного ритма включал в себя измерение длительности R-R-интервалов и представление динамических рядов кардиоинтервалов в виде кардиоинтервалограммы (КИГ), далее – анализ динамических рядов кардиоинтервалов. Методика опробована на группе беременных на сроке гестации 32–35 недель. По итогам проведенных исследований разработан и реализован алгоритм БОС-тренинга для беременных в виде программного приложения BFB-Pregnansy. Выявлено влияние баланса вегетативной нервной системы матери на уровень симпатической регуляции сердечного ритма плода.

Ключевые слова:

Биологически обратная связь, вегетативная нервная система, система мать–плод, фетальный мониторинг, функциональное состояние.

В связи с прогрессированием патологии беременности проблема неинвазивных методов фетального мониторинга с возможностью коррекции состояния до сих пор является актуальной. Длительное напряжение регуляторных систем организма матери приводит к истощению адаптационных резервов, нарушению физиологических ритмов и механизмов регуляции, что не может не сказаться на функциональном состоянии плода. В связи с этим актуальной задачей современной медицины становится разработка методик коррекции состояния беременной, основанных на обращении к естественным ресурсам человеческого организма [1, 2]. Одним из таких методов является управление

с биологической обратной связью, или БОС-тренинг. В его основе лежит способность человека

к сознательному влиянию на функции организма, в обычных условиях не поддающиеся произвольному контролю. Эта методика позволяет получить ряд физиологических эффектов, способствующих более благоприятному течению беременности и облегчающих роды [3].

БОС-тренинг направлен на управление в процессе сеанса частотой сердечных сокращений (ЧСС) за счет дыхательной аритмии сердца. Механизм дыхательной аритмии заключается в колебании ЧСС в соответствии с периодом вдоха-выдоха. Эти колебания являются хорошим индикатором качества дыхания пациентки. Если пациентка добивается максимального колебания ЧСС, то такое дыхание называется диафрагмально-релаксационным.

Аппаратное исследование состояния вегетативной нервной системы является способом объективной оценки состояния здоровья. Преимущество такого подхода – его универсальность. Любые изменения функционального состояния организма неизбежно сказываются на вегетативной нервной системе. При проведении БОС-тренинга использовался анализ variability сердечного ритма, включающий в себя измерение длительности R-R-интервалов и представление динамических рядов в виде кардиоинтервалограммы (КИГ).

Проводилось сопоставление физиологических показателей в исходном фоновом состоянии и на различных этапах одной реабилитационной процедуры. Для этого применялись:

- анализ динамики регулируемого физиологического показателя (ЧСС матери), непосредственно используемого в формировании зрительных и звуковых образов БОС;
- анализ динамики неуправляемых физиологических показателей матери, характеризующих функциональное состояние различных систем организма, не участвующих в формировании БОС-образов непосредственно в процессе процедуры, до и после нее: моды (Mo), вариационного размаха (dX), амплитуды моды (AMo), индекса напряжения (ИН), ЧСС [4];
- анализ динамики физиологических показателей структуры сердечного ритма плода в процессе тренинга матери: моды (Mo), вариационного размаха (dX), амплитуды моды (AMo), индекса напряжения (ИН), ЧСС.

В настоящее время не существует единого стандарта на проведение сеанса метода БОС. Имеет место многообразие аппаратных и программных средств на рынке медицинской техники, но ни одно из них не могло быть использовано для реализации принципов управления одновременно как матери, так и плода [5]. Это явилось предпосылкой к разработке программного приложения и аппаратной части для БОС-тренинга беременных женщин [6].

Для регистрации на поверхности тела матери смешанного электрического сигнала от сердца матери и плода был использован трехканальный регистратор (рис. 1). В качестве преобразователя биоэлектрических сигналов применялись стандартные одноразовые хлорсеребряные ЭКГ-электроды из вспененного материала с твердым гелем для взрослых с кнопочным подсоединением. Потенциальные электроды накладывались на живот в виде треугольника, референтный электрод – в область левого VII межреберья, а выравнивающий электрод располагается на 5–10 см выше лонного сочленения в зависимости от анатомических особенностей женщины. Такое расположение электродов позволяет зафиксировать сердечную деятельность плода только при одноплодной беременности.

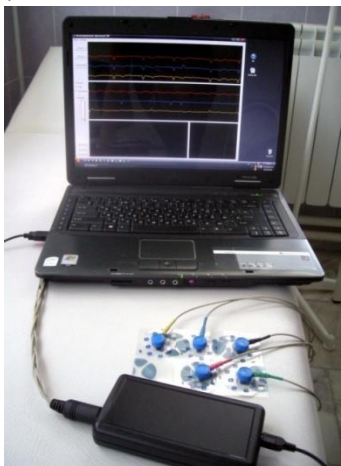


Рис. 1. Внешний вид стационарного варианта прибора для БОС-тренинга

Методика проведения сеанса БОС-тренинга, основная цель которой состояла в обучении беременных женщин навыкам саморегуляции, включала следующие блоки (рис. 2):

- запись состояния матери и плода до тренинга;
- проверка возможностей организма на изменение величины дыхательной аритмии (этап 1);
- отдых 1;
- направлен на увеличение ЧСС матери (этап 2);
- отдых 2;
- направлен на уменьшение ЧСС матери (этап 3);
- отдых 3;
- направлен на увеличение дыхательной аритмии матери и выработку навыков диафрагмально-релаксационного типа дыхания (этап 4);
- запись состояния матери и плода после сеанса.

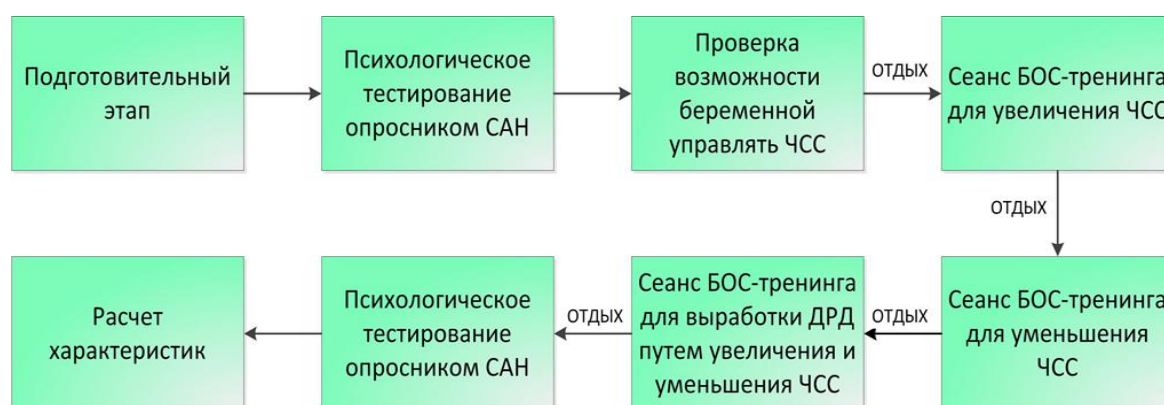


Рис. 2. Структура сценария БОС-тренинга

Методика реализована в программном комплексе BFB-Pregnancy (рис.3), с помощью которого осуществлялись фильтрация, запись смешанного сигнала электрокардиограммы матери и плода и разделение сигнала на материнскую и плодную составляющую. BFB-Pregnancy состоит из двух частей:

- Программа БОС-тренинга для регистрации, накопления и обработки сигналов, полученных с абдоминальных электродов (программное приложение BFB-Pregnancy).
- База данных (БД) для хранения информации о пациентках. Структура БД соответствует стандартной истории беременности и включает общие данные, анамнез, диагноз и исследования (программное приложение PregnancyDB).

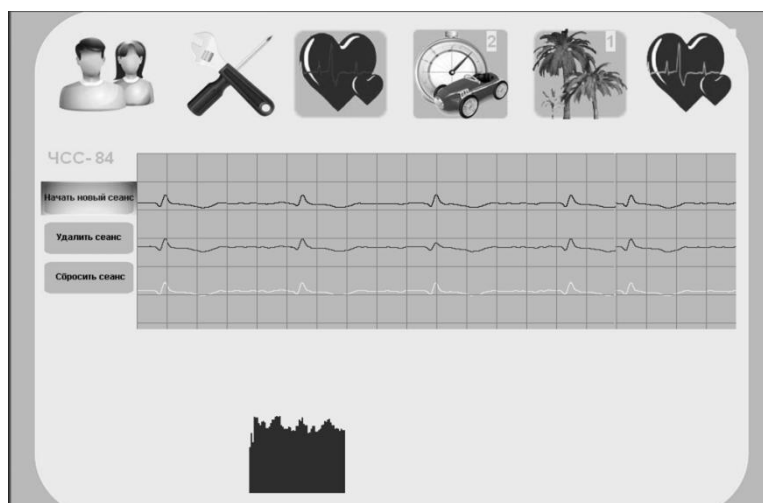


Рис. 3. Главное окно программы для БОС-тренинга

С помощью программно-аппаратного комплекса BFB-Pregnancy на базе НИИ акушерства, гинекологии и перинатологии Сибирского отделения Российской академии медицинских наук и родильного дома № 4 была обследована группа беременных женщин (10 человек). Обследование проводилось при комфортных условиях: нормальное освещение и температура в помещении, спокойная обстановка, отсутствие отвлекающих и раздражающих факторов (разговор, шум, присутствие посторонних) в течение 18 минут.

Критерии включения в группу:

- срок гестации 32–36 недель;
- относительно здоровые женщины;
- без патологии плода.

Критерии исключения из группы:

- Абсолютные противопоказания:
 - тяжелые психические заболевания матери;
 - заболевания сердца – как матери, так и плода (аритмии, стенокардия, ишемическая болезнь);
 - эпилепсия.
- Относительные противопоказания:
 - заболевания кожи, препятствующие наложению электродов.

Полученные записи электрической активности сердца матери и плода были представлены в виде кардиоинтервалограмм.

Для обработки сигналов был предложен следующий алгоритм:

- расчет характеристик кардиоинтервалограммы после каждого этапа тренинга, представление их в графическом и табличном виде на отдельной форме;
- отслеживание динамики параметров во время тренинга: применялся непараметрический критерий для зависимых данных Фридмана, который считали статистически значимым при $p < 0,05$;
- для оценки межсистемных взаимодействий проводился корреляционный анализ характеристик сердечного ритма матери и плода. Использовался коэффициент ранговой корреляции R-Спирмена, который считали статистически значимым при $p < 0,05$.

Статистическую обработку полученных в ходе исследования результатов осуществляли при помощи пакета Statistica 6.0 for Windows.

Каждому этапу БОС-тренинга, включая отдых, соответствует пять количественных признаков: мода сердечного ритма, амплитуда моды сердечного ритма, вариационный размах длительности кардиоинтервалов, индекс напряжения, частота сердечного ритма.

Во время проведения сеансов БОС-тренинга выявлено:

1. Статистически достоверные различия в показателях сердечного ритма как матери (ЧСС, dX) так и плода (dX, АМо, ИН) на разных этапах, что свидетельствует о наличии эффекта БОС-тренинга. На рис. 4, а представлена динамика изменения ЧСС матери на разных этапах тренинга. На рис. 4, б – динамика параметра АМо плода.
2. Положительная корреляция средней силы ($R=0,60$) между индексом напряжения регуляторных систем матери и индексом напряжения регуляторных систем плода. Это свидетельствует о том, что баланс вегетативной нервной системы матери влияет на уровень симпатической регуляции сердечного ритма плода. При любом колебании состояния матери как в сторону повышения, так и в сторону понижения плод реагирует повышением тонуса симпатической системы.
3. Положительная корреляция слабой силы ($R=0,40$) между ЧСС матери и ИН, АМо плода. Таким образом, чем больше напряжение регуляторных систем матери, тем выше становится тонус симпатической нервной системы плода.
4. Значимая отрицательная корреляция слабой силы ($R=-0,38$) между Мо матери и ИН, АМо плода. Увеличение влияния гуморального канала матери снижает тонус симпатической нервной системы плода.

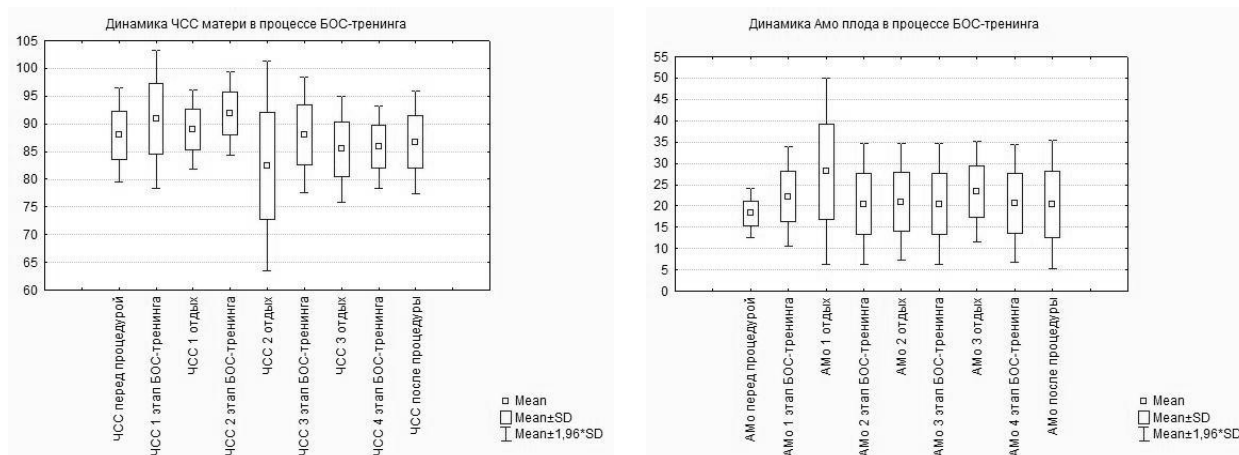


Рис. 4. Динамика изменения показателей БОС-тренинга: *а* – ЧСС матери; *б* – АМо плода

Различия в ЧСС матери на разных этапах тренинга можно объяснить тем, что женщины успешно справлялись с поставленной задачей. На начальном этапе тренинга регистрировалась относительно высокая ЧСС, что может быть связано с состоянием стресса женщин в неизвестной обстановке. Наблюдалось повышение тонуса симпатической нервной системы. Контроль ЧСС возможен благодаря дыхательной аритмии сердечного ритма, сопровождающейся изменением тонуса парасимпатической нервной системы на фазах вдох-выдох.

В процессе тренинга женщины выполняли упражнения, что являлось для них незначительной нагрузкой, плод в процессе выполнения сеанса реагировал изменением тонуса вегетативной нервной системы, о чем свидетельствует изменение показателя индекса напряжения. Такие изменения характерны при увеличении тонуса симпатической части вегетативной нервной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федотчев А.И. Особенности течения сеансов биоуправления с обратной связью по ЭЭГ при нормальном и отягощенном протекании беременности // Журнал высшей нервной деятельности. – 2009. – Т. 59, № 4. – С. 421–428.
2. Пиви Б.С. Танец матери и ребенка: Тренинг БОС для беременности, схваток и изгнания // Биологическая обратная связь. – 1999. – № 4. – С. 17–21.
3. Сметенкин А.А., Ледина В.Ю. Способ подготовки беременной к родам. – Патент РФ № 2134542. МПК8 98121424/14. Опубл. 20.08.1999.
4. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 295 с.
5. Ким Е.В. Адаптивное биоуправление с обратной связью и возможности его использования в период беременности и при подготовке к родам // Российский вестник акушера-гинеколога. – 2004. – № 2. – С. 31–34.
6. Пат. на ПМ 79768 РФ. МПК8 А61В 5/04. Устройство для регистрации сердечного ритма плода с абдоминальных электродов // Я.С. Пеккер, К.С. Бразовский, И.В. Толмачев, Е.Ю. Киселева, Л.А. Агаркова, Н.А. Габитова. – Опубл. 20.01.2009, бюл. № 2.

Поступила 20. 11. 2013 г.