



Опыт разработки и применения медицинских систем дистанционного мониторинга и диагностики в ВГМУ им. Н.Н. Бурденко

*Проректор по цифровой трансформации
Воронежского государственного медицинского
университета им. Н.Н. Бурденко
Олег Николаевич Чопоров*



Разработки ВГМУ им. Н.Н. Бурденко (2020-2022 гг.)

1. Программно-аппаратный комплекс дистанционного мониторинга и анализа кашля.

Авторы: Будневский А.В., Авдеев С.Н., Чопоров О.Н., Овсянников Е.С., Максимов А.В., Шкатова Я.С.

2. Система персонифицированного дистанционного мониторинга и диагностики кардиологических нарушений (включая подсистему прогнозирования развития гипертонической болезни). Авторы: Данилов А.В., Белозерова Е.В., Усов Ю.И., Маркова Е.В., Бессарабова Ю.В., Родионов Д.Н.

3. Мобильные приложения для дистанционного контроля, оценки и прогнозирования состояния беременных:

- контроль беременности, прогнозирование и предупреждение риска преждевременных родов;
- оценка и прогнозирование течения аномальных маточных кровотечений;
- прогнозирование риска развития гестационного сахарного диабета и оценка состояния здоровья пациентки.

Авторы: Енькова Е.В., Киселёва Е.В., Енькова В.В., Хопёрская О.В., Обернихин К.И.

4. Веб-приложения для прогнозирования развития заболеваний по медико-социальным факторам риска (онкологические заболевания (Сыч Г.В. и др.), сахарный диабет (Алексеев В.И. и др.), алкогольная зависимость (Манакин И.И. и др.), туберкулез органов дыхания (Николаев В.А. и др.)).



Программно-аппаратный комплекс для дистанционного мониторинга и анализа кашля

ВУЗЫ

1. Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»

2. Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова

3. Воронежский государственный университет



АВТОРЫ

Будневский Андрей Валериевич –
Заслуженный изобретатель РФ,
д.м.н., профессор

Авдеев Сергей Николаевич –
член-корреспондент РАН,
д.м.н., профессор

Чопоров Олег Николаевич –
д.т.н., профессор

Овсянников Евгений Сергеевич –
д.м.н., профессор

Максимов Алексей Владимирович –
ведущий программист

Шкатова Янина Сергеевна –
ассистент



Структура программно-аппаратного комплекса

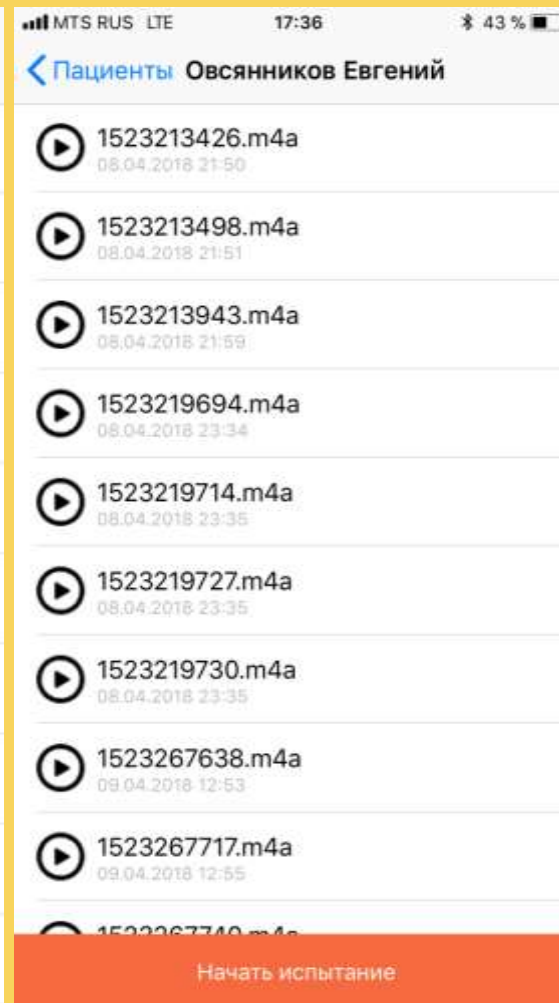
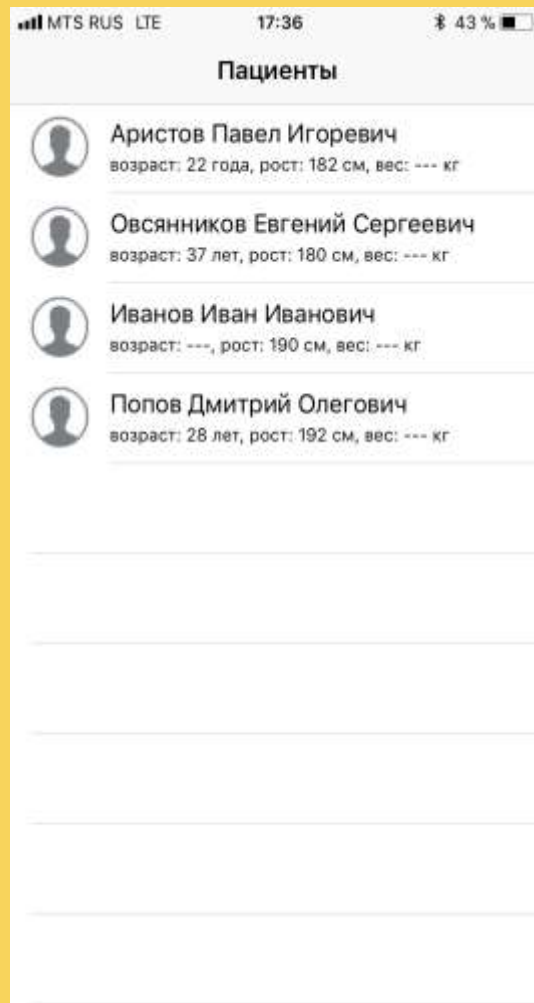




Мобильное приложение

Смартфон на базе
Android
Программное
обеспечение смартфона
- «Cough_client-2.0»

1. **Регистрация** пациентов
2. **Настройка** чувствительности датчиков
3. **Визуализация** работы датчиков в режиме online
4. **Запись** кашлевых толчков
5. **Отправка** записей кашля на удаленный сервер по сети **Internet**





Серверная часть программного обеспечения

**Program monitoring cough
for Server-2.0**

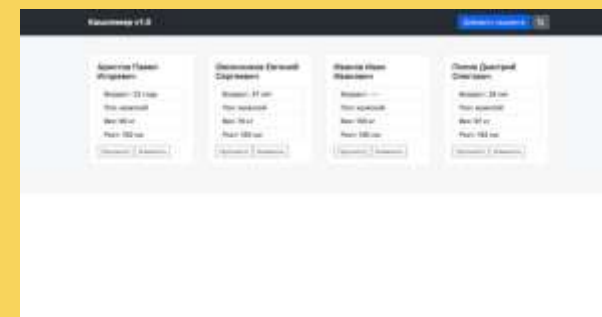


**хранение
и визуализация данных**

**фильтрация полученных
аудиозаписей кашлей с целью
удаления фоновых шумов**

**построение спектральных диаграмм
частотных составляющих каждого
кашлевого эпизода**

**построение диаграмм распределения
кашлевых толчков по времени**





Варианты анализа кашля

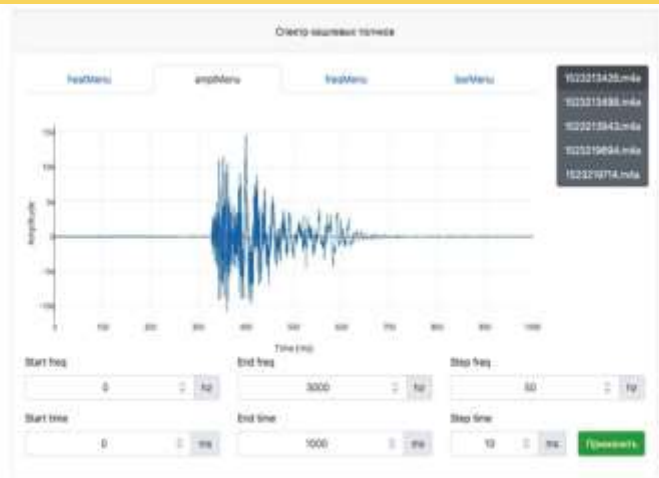
Диаграмма аудиозаписи кашля – амплитуда звука (в условных нормализованных единицах) по времени

Диаграмма распределения энергии звука по диапазонам частот (алгоритм быстрого преобразования Фурье) с возможностью плавной настройки частотного и временного диапазона и шага частот (Гц) и времени

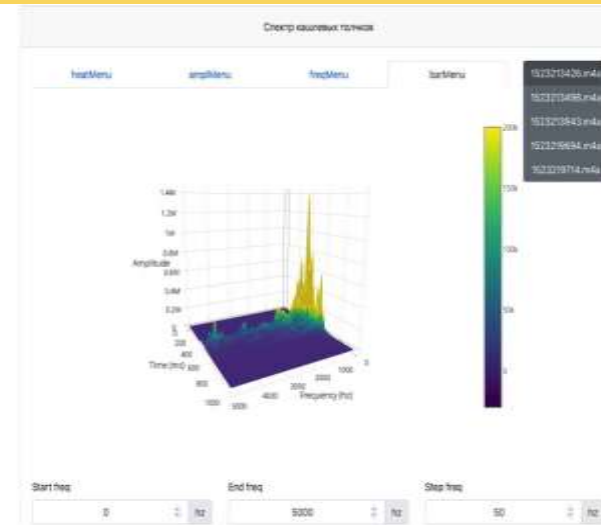
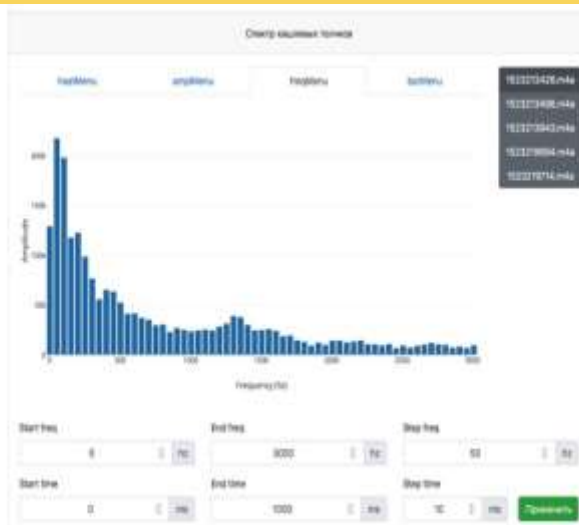


Цветная сонограмма звука кашля (темно синим – низкая энергия, красным частоты пика энергии звука)

Трехмерная спектрограмма распределения энергии звука кашля по диапазонам частот во времени



Заключение





Применение

В телемедицине

В рутинной практике
врачей-терапевтов и
пульмонологов

- оценка наличия кашля;
- оценка количества кашлевых толчков в определенный момент времени (час, сутки);
- получение информации о характере кашля (сухой или влажный) ;
- отслеживание динамики течения заболевания;
- определение тактики лечения;
- отслеживание реакции на проводимое лечение;
- выявление паттернов кашля, свойственных для конкретных заболеваний;
- формирование базы данных для разработки системы поддержки принятия решений при диагностике и лечении заболеваний респираторной системы.





Диагностика новой коронавирусной инфекции COVID-19 по параметрам спектрального анализа звука кашля

Основная группа: 218 человек с диагностированной новой коронавирусной инфекцией Covid-19 по данным ПЦР, средний возраст – 40,2 лет

Группа сравнения – здоровые люди, 60 человек, средний возраст – 41,7 лет

Каждый кашлевой акт был разделен на **три фазы** по следующему принципу (рис 1):

- Переход между **1 и 2** фазой характеризуется снижением амплитуды звуковой волны на 50% и более в пределах 20 мс.
- Переход между **2 и 3** фазой характеризуется повышением амплитуды звуковой волны на 50% и более в пределах 20 мс.

После проводился спектральный анализ звуков кашля с использованием **алгоритма быстрого преобразования Фурье**. Оценивались следующие временно-частотные параметры:

- продолжительность кашля (**T**) и каждой фазы по отдельности (**T1, T2, T3**), мс;
- отношение энергии низких и средних частот (60-600 Гц) к энергии высоких частот (600-6000 Гц) кашлевого акта полностью (**Q**) и каждой фазы в отдельности (**Q1, Q2, Q3**).
- частота максимальной энергии звука кашлевого акта полностью (**Fmax**) и каждой фазы по отдельности (**Fmax1, Fmax2, Fmax3**), Гц



$$Y = \frac{e^{reg}}{1 + e^{reg}}$$

$$\begin{aligned} \text{где } reg = & -88,7576 - 0,519581 * T + 2,53078 * T1 + 0,730702 * T2 + 184,136 * Q + 20,9326 * Q1 - 91,6469 * Q2 + \\ & 0,141838 * Fmax - 0,0363499 * Fmax1 + 0,00409225 * Fmax2 - 0,0000720845 * T^2 + 0,00159507 * T * T1 + \\ & 0,00194451 * T * T2 + 0,85427 * T * Q - 0,474393 * T * Q1 - 0,597649 * T * Q2 - 0,000322988 * T * Fmax + \\ & 0,000271569 * T * Fmax1 - 0,0000125667 * T * Fmax2 - 0,00227204 * T1^2 - 0,00467295 * T1 * T2 - 5,53114 * T1 * Q + \\ & 1,90685 * T1 * Q1 + 1,89723 * T1 * Q2 - 0,000221993 * T1 * Fmax - 0,000472206 * T1 * Fmax1 - 0,000266677 * T1 * Fmax2 - \\ & 0,00187947 * T2^2 - 1,39386 * T2 * Q + 0,317866 * T2 * Q1 + 0,894015 * T2 * Q2 - 0,0000675111 * T2 * Fmax - \\ & 0,000165248 * T2 * Fmax1 - 0,0000421008 * T2 * Fmax2 - 59,636 * Q^2 + 240,242 * Q * Q1 + 59,7047 * Q * Q2 - \\ & 0,135556 * Q * Fmax + 0,0577676 * Q * Fmax1 + 0,00293814 * Q * Fmax2 - 28,8388 * Q1^2 - 257,268 * Q1 * Q2 + \\ & 0,00585586 * Q1 * Fmax - 0,03006 * Q1 * Fmax1 + 0,00977002 * Q1 * Fmax2 + 80,345 * Q2^2 + 0,186628 * Q2 * Fmax - \\ & 0,036913 * Q2 * Fmax1 - 0,0184737 * Q2 * Fmax2 + 0,0000320108 * Fmax^2 - 0,0000551759 * Fmax * Fmax1 + \\ & 0,0000213366 * Fmax * Fmax2 + 0,000011152 * Fmax1^2 + 0,00000588814 * Fmax1 * Fmax2 + \\ & 0,00000324033 * Fmax2^2 \end{aligned}$$



Система персонифицированного дистанционного мониторинга и диагностики кардиологических нарушений

Организации

1. Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»
2. Территориальный фонд обязательного медицинского страхования Воронежской области
3. Воронежская городская клиническая поликлиника №1
4. Воронежский филиал СОГАЗ-Мед

Авторы

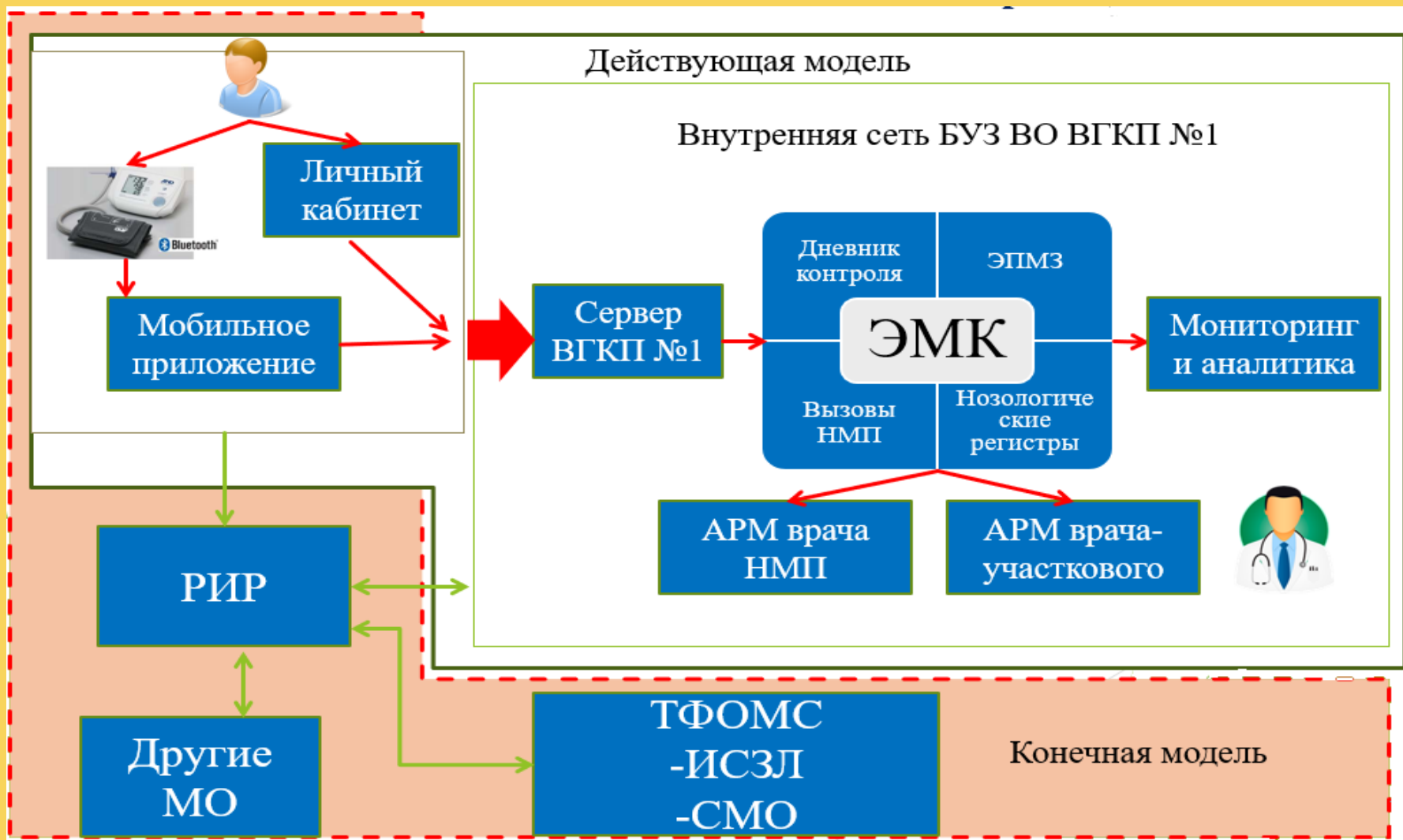
- Данилов Александр Валентинович – д.м.н., доцент
- Белозерова Елена Владимировна – к.м.н.
- Усов Юрий Иванович – к.т.н., доцент
- Маркова Екатерина Валерьевна
- Родионов Дмитрий Николаевич
- Бессарабова Юлия Вениаминовна

Основной функционал

1. Ввод данных об измерениях артериального давления через личный кабинет пациента на сайте медицинской организации
2. Анализ данных дистанционного мониторинга с рабочего места врача через МИС«КВАЗАР»
3. Передача информации в бригаду неотложной медицинской помощи с целью выезда на дом к пациентам
4. Структурирование рабочего времени врача (выделение в графике работы врача времени для приема диспансерных больных)
5. Возможность записи пациента на повторный осмотр в рамках диспансерного наблюдения с рабочего места врача
6. Организация информирования пациентов для их последующей явки в поликлинику на прием к лечащему врачу



Модель дистанционной передачи данных об артериальном давлении с использованием Bluetooth-тонометров





Прогностическая модель оценки риска развития артериальной гипертензии

$$p(X) = 1/1+e^{-z(X)},$$

где $z(X) = -8,85167269 - 5,19032246 * X1 - 0,02105641 * X2 - 0,80720138 * X3 + 0,30133361 * X4 + 0,21685119 * X5 - 0,29538322 * X6 - 0,28445933 * X7 + 0,31336595 * X8 - 0,00902821 * X9$

$X1$ – пол пациента;

$X2$ – возраст пациента (полных лет);

$X3$ – индекс массы тела (кг/м²);

$X4$ – окружность талии (см);

$X5$ – окружность бедер (см);

$X6$ – статус курения табака (1...4);

$X7$ – статус употребления алкоголя (1...4);

$X8$ – систолическое давление (мм.рт.ст.);

$X9$ – диастолическое давление (мм.рт.ст.).



Приложения для дистанционного контроля, оценки и прогнозирования состояния беременных

Программа для ЭВМ

**КОНТРОЛЬ
БЕРЕМЕННОСТИ,
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ РИСКА
ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫХ
РОДОВ**

Программа для ЭВМ

**ОЦЕНКА И
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ТЕЧЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ
МАТОЧНЫХ
КРОВОТЕЧЕНИЙ**

Программа для ЭВМ

**ГЕСТАЦИОННЫЙ
САХАРНЫЙ ДИАБЕТ:
ПРОГНОЗ РИСКОВ
РАЗВИТИЯ И ОЦЕНКА
СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТКИ**

Разработчики (Кафедра акушерства и гинекологии №2):

***Енькова Елена Владимировна - заведующая кафедрой, профессор, д.м.н.
к.м.н. Киселёва Е.В., асс. к.м.н. Енькова В.В., асс. к.м.н. Хопёрская О.В.,
председатель ОСНО Акушерства и гинекологии Обернихин К.И.***



Контроль беременности, прогнозирование и предупреждение риска преждевременных родов

Краткая характеристика

1. Программа предназначена для диагностики состояний, угрожающих преждевременными родами; ситуаций, требующих оказания медицинской амбулаторной помощи при состояниях, требующих консультации врача-терапевта. Может быть использована в качестве маршрутизатора для беременных, состоящих на учёте в женской консультации, центре амбулаторной помощи беременным.
2. Доступность интерфейса, работа в offline-режиме, позволяет использовать приложение в отдаленных районах, не входящих в зону покрытия мобильных сетей.

Функциональная характеристика

- маршрутизация патологических жизни беременных
- экспресс-диагностика состояний
- оценка показателей качества

Требования к ЭВМ

Адаптировано ко всем ЭВМ (ПК, ОС Android 7.0+, IOS 7,0+)



Внедрено в клиническую практику ЛПУ:

- Женская консультация БУЗ ВО ВГКП №1
- Центр амбулаторной помощи беременным БУЗ ВО «ВГКБСМП №10»



Оценка и прогнозирование течения аномальных маточных кровотечений

Краткая характеристика

1. Программа предназначена для оценки характера менструальной кровопотери, степени анемизации организма, а также рисков развития железодефицитного состояния у женщин репродуктивного возраста.
2. Программа может быть использована в качестве дневника менструального цикла пациентками и врачами на этапе дифференциальной диагностики анемического синдрома.

Функциональная характеристика

Внесение параметров, выполнение расчетов, получение отчетов

Требования к ЭВМ

Адаптировано ко всем ЭВМ (ПК, ОС Android 7.0+, IOS 7,0+)

Внедрено в клиническую практику ЛПУ:

- Женская консультация БУЗ ВО ВГКП №1
- ООО НМТ-Воронеж



Гестационный сахарный диабет: прогноз рисков развития и оценка состояния пациентки

Краткая характеристика

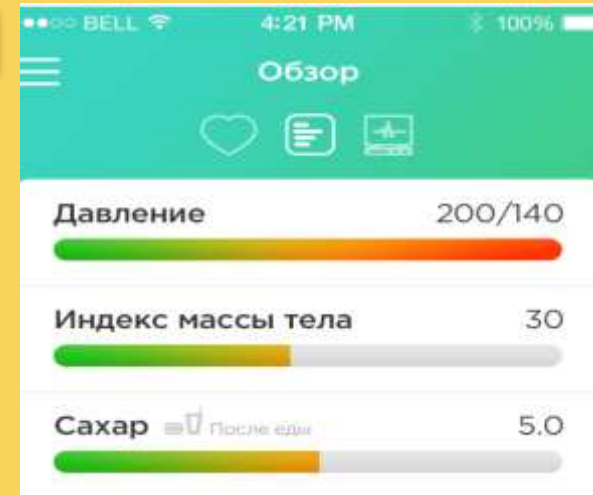
1. Программа предназначена для оценки вероятности развития гестационного сахарного диабета у беременных из групп риска, ранней профилактики и диагностики этой патологии.
2. Может быть использована в качестве инструмента самоконтроля пациентки, а также в качестве вспомогательной технологии для акушеров-гинекологов на этапах оказания медицинской помощи беременным

Функциональная характеристика

Внесение клинических параметров, расчетов коэффициентов рисков развития гестационного сахарного диабета, составление отчетов

Требования к ЭВМ

Адаптировано ко всем ЭВМ (ПК, ОС Android 7.0+, IOS 7,0+)



Внедрено в клиническую практику ЛПУ:

- Женская консультация БУЗ ВО ВГКП №1
- ООО НМТ-Воронеж



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Чопоров Олег Николаевич
E-mail: onchoporov@vrngmu.ru
Тел. 8(903)653-39-07