

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРЯМОГО МОНИТОРИНГА САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ДЫХАНИЯ ПАЦИЕНТА

Н.Н. Коваленко, А.А. Куцяк

Национальный технический университет Украины «КПИ»

Предложена информационная система прямого мониторинга самостоятельного дыхания пациента с целью получения информации про функцию дыхания через параметры вентиляционной функции легких. Показана необходимость и рассмотрены случаи применения прямого мониторинга самостоятельного дыхания пациента. Описаны ветви информационной системы прямого мониторинга. Предложен алгоритм, комплексно описывающий информационную систему и учитывающий методические и технические аспекты прямого мониторинга самостоятельного дыхания. Приведены результаты прямого мониторинга, примененного к двум группам пациентов. Выведены характерные параметры вентиляционной функции легких при прямом мониторинге самостоятельного дыхания.

Запропоновано інформаційну систему прямого моніторингу самостійного дихання пацієнта з метою отримання інформації про функцію дихання через параметри вентиляційної функції легень. Показано необхідність та розглянуто випадки застосування прямого моніторингу самостійного дихання пацієнта. Описано ланки системи прямого моніторингу самостійного дихання і зазначено їх призначення. Запропонований алгоритм, що комплексно описує інформаційну систему і враховує методичні та технічні аспекти прямого моніторингу самостійного дихання. Приведено результати прямого моніторингу, застосованого на двох групах пацієнтів. Виведено характерні параметри вентиляційної функції легень при прямому моніторингу самостійного дихання.

Введение

Мониторинг дыхания является методом длительного наблюдения за изменениями во времени параметров, которые отвечают за функциональность дыхательной системы человека. Перечень параметров и их диагностическая ценность зависят от вида мониторинга дыхания. В то же время мониторинг — это контроль функций и процессов, обнаружение отклонений, предупреждение опасности и осложнений [1]. Его значение особенно важно для своевременной диагностики нарушений и профилактики тяжелых осложнений, правильной тактики интенсивной терапии и эффективности лечения, а также в случае угрозы остановки дыхания [3].

Необходимость и актуальность мониторинга самостоятельного дыхания вызвана тем, что тяжелобольным пациентам на самостоятельном дыхании невозможно проделать спирометрию для получения информации о функции дыхания [4]. Это случаи декомпенсированной дыхательной недостаточности при пневмонии, астме, эмфиземе, а также у пациентов, которых необходимо переводить на искусственную вентиляцию легких (ИВЛ) [2, 3]. Длительный мониторинг самостоятельного дыхания позволяет провести коррекцию медикаментозного лечения или перевод на ИВЛ.

На практике при реализации мониторинга дыхания используются мониторы дыхания — аппараты с широким функциональным профилем для наблюдения состояния больных разных возрастных групп. В большинстве случаев эти аппараты являются мультифункциональными устройствами, которые включают в себя несколько функциональных блоков (не только наблюдения за параметрами дыхания, но и за показателями, которые отвечают за жизнеобеспечение пациента). Также эти мониторы могут быть в комплексе с аппаратами ИВЛ. Они отличаются между собой как принципом регистрации и обработки сигнала, так и набором контролируемых параметров. Подавляющее большинство систем мониторинга контролирует дыхательную систему не прямо, а в обход дыхательного контура (непрямая регистрация).

Известно немало систем мониторинга как зарубежных, так и отечественных фирм. К известным мониторным комплексам относятся следующие: *ЮМ-500-7* — Utas, Украина, параметры: ЧСС, ЭКГ, SpO₂, ЧД, артериальное давление, температура, etCO₂; *Storm 5800* — Dixon, Россия, параметры: ЭКГ, капнометрия, SpO₂, температура, пульс, неинвазивное давление; *BM5* — Bionet Ltd, Корея, параметры: ЭКГ, капнометрия, SpO₂, температура, пульс, артериальное давление, неинвазивное давление; *Guardian BPM-700* — Bionics Co. Ltd. (Biosys), Корея, параметры: ЭКГ, пульс, дыхание (импедансный метод), апноэ, температура, SpO₂, инвазивное давление); *Star8000C* — Comen Medical, Китай, параметры: ЭКГ, анализ аритмии, апноэ, SpO₂, неинвазивное давление, пульс, ЧСС, температура; *8100E nGenuity* — Criticare System, Inc., США, параметры: etCO₂, ЧСС, ЧД, неинвазивное давление, SpO₂, температура; *Argus Pro LifeCare* — Schiller AG, Швейцария, параметры: ЭКГ, неинвазивное и инвазивное давление, SpO₂, температура, etCO₂.

Как видно, основными параметрами систем мониторинга являются: ЭКГ (электрокардиограмма), ЧСС (частота сердечных сокращений), SpO₂ (сатурация — насыщение крови кислородом), P_{O₂} и P_{CO₂} (концентрация кислорода и углекислого газа в крови соответственно), частота пульса, температура, давление, частота дыхания (ЧД), FiO₂ (концентрация вдыхаемого кислорода) и etCO₂ (содержание CO₂ в конце выдоха).

В последнее время все настойчивее высказывается мысль о необходимости мониторинга именно вентиляционной функции легких (через прямую регистрацию, т.е. через дыхательный контур человека). В первую очередь к ним относятся показатели паттерна дыхания: частота дыхания (ЧД, мин⁻¹), дыхальный объем (ДО, л), длительность вдоха (T_i, сек) и выдоха (T_e, сек) отдельного цикла дыхания, минутный объем дыхания (МОД, л/сек) [5]. До недавнего времени этим показателям, их критическим изменениям как источнику важной информации достаточного внимания не уделялось.

Среди зарубежных мониторов, которые производят прямую регистрацию дыхательных маневров и обеспечивают информацией о некоторых параметрах вентиляционной функции дыхания, выделяется VentCheck — Novametric, США, параметры: 4Д, T_e (время выдоха), T_i (время вдоха),

максимальный поток, МОД (минутный объем дыхания), сопротивление дыхательных путей.

Цель и задачи

Поскольку существующие системы мониторинга состояния пациента акцентируют свое внимание на параметрах, которые косвенно характеризуют дыхательную систему (сатурация, концентрация вдыхаемого кислорода, концентрация кислорода и углекислого газа в крови и т.д.), информацию о функции дыхания на их основе практически невозможно получить, а существующий метод спирографии не может быть применен у тяжелых больных.

Исходя из вышесказанного целью этой работы является разработка информационной системы мониторинга самостоятельного дыхания пациента с приоритетом контроля параметров вентиляционной функции легких.

Акцент в работе делается на получении информации о функции дыхания.

Поставлены следующие задачи: установить характерные параметры вентиляционной функции легких при прямом мониторинге дыхания, составить алгоритм работы информационной системы прямого мониторинга дыхания.

Материалы и методы

В работе для проведения исследований впервые использовался аппарат прямого мониторинга дыхания «Монитор дыхания пациента» («Монитор», ООО «Сенсорные Системы», Институт Физиологии НАН Украины), который предназначен для контроля состояния функции дыхания больного. Применены способ получения и преобразования сигнала потока воздуха, как источника информации о состоянии дыхания пациента, и способ прямого мониторинга самостоятельного дыхания пациента [6].

Исследованы 60 человек, из них 30 — здоровые, 30 — больные хроническим бронхитом (ХБ). В том числе были выделены две возрастные группы — младшие (19–29 лет) и старшие (49–69 лет): по 15 человек в каждой группе. Предметом анализа является сигнал объемной скорости потока воздуха во времени. Также были использованы методы математической статистики.

Результаты и их обсуждение

Предлагаемая система в техническом и информационном плане реализует мониторинг прямых параметров дыхательной системы пациента и является инструментом, с помощью которого врач-специалист (реаниматолог, врач функциональной диагностики) контролирует состояние системы легочной вентиляции пациента и принимает решения. На основании графико-цифровой информации, получаемой врачом, принимаются решения о больном, который пребывает в тяжелом состоянии или у него другие пульмонологические проблемы, — так или иначе необходимо скорректировать тактику лечения.

Устройство прямого мониторинга дыхания [4, 7] преобразует величину потока вдыхаемого и выдыхаемого пациентом воздуха, формирует сигнал, функционально связанный с потоком дыхания, оцифровывает его и через USB-интерфейс передает на компьютер. Программное обеспечение, написанное в информационной среде Delphi 7, проводит опрос устройства

мониторинга, сбор, линейризацию и обработку информации, формирование базы данных о пациентах, в которой записывается графическая информация в цифровом виде.

В программном обеспечении реализованы следующие режимы работы:

- 1) окно базы данных,
- 2) мониторинг дыхания (рис. 1),
- 3) работа с базой данных (рис. 2).

На рис. 1 показан пользовательский интерфейс базы данных, в которой создаются цифровые формы для каждого пациента в виде электронных карточек.

Пользовательский интерфейс мониторинга дыхания реализован в виде экранной формы, которая разделена на две области: график изменения кривой объема дыхания во времени и значения параметров дыхания, обновляемые каждые 20 сек. (рис. 1). Кривая объема дыхания — это графическое представление проинтегрированного оцифрованного сигнала объемной скорости потока дыхания, дыхательные циклы вдох-выдох. На экране отображается только кривая сигнала объема дыхания. Кривая сигнала объемной скорости потока дыхания не отображается на экране, но на основе сигнала вычисляются временные показатели вентиляционной функции легких.



Рис. 1. Информационное окно процесса мониторинга дыхания

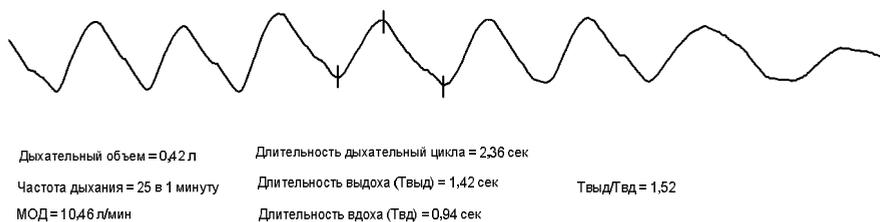


Рис. 2. Работа с базой данных. Установка маркеров и вычисление значений параметров дыхания

При остановке процесса мониторинга дыхания результаты записываются в базу данных. К базе данных оператор (врач) может обратиться для просмотра дыхательных маневров и значений параметров дыхания на выбранных участках цифровой кривой объема дыхания. Т.е. информация в

информационной системе прямого мониторинга самостоятельного дыхания может быть получена как в процессе мониторинга, так и после него. При работе с кривой объема дыхания оператор выставляет на кривой «маркеры» (в трех позициях: начало (вдох) — центр — конец (выдох) для обозначения выбранного дыхательного цикла (рис. 2). Программа вычисляет значения параметров.

Основные бизнес-процессы, которые происходят в системе, можно описать следующим образом (рис. 3). Врач наблюдает за параметрами дыхания пациента. Зная диагноз и наблюдая за пациентом, через некоторое время можно сделать вывод о текущем его состоянии на основании параметров дыхания, отклонения значения дыхательного объема от наперед заданного минимального значения или остановки дыхания (апноэ). Так или иначе врач проводит коррекцию тактики лечения и принимает решение (медикаментозное лечение или перевод из режима самостоятельного дыхания на искусственную вентиляцию легких или наоборот).

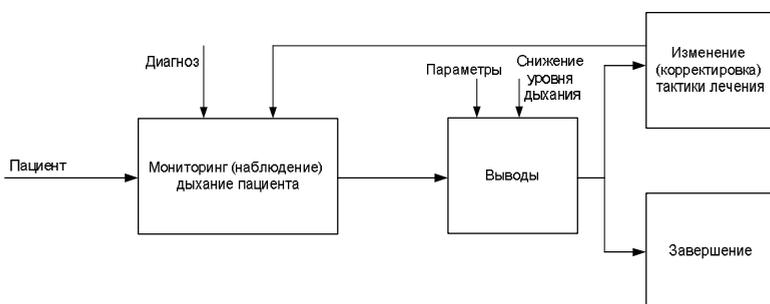


Рис. 3. Основные документопотоки в системе

В целом информационная система прямого мониторинга самостоятельного дыхания пациента приведена на рис. 4. На схеме показаны все основные цепочки системы. Врач является управляющим и одновременно звеном обратной связи.

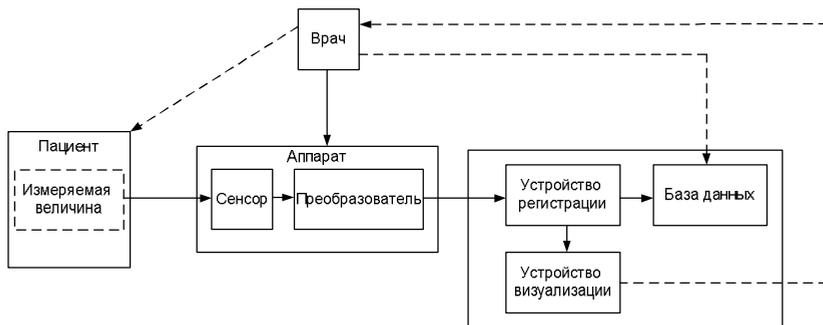


Рис. 4. Информационная система прямого мониторинга самостоятельного дыхания пациента

Алгоритм работы системы, который обеспечивает информацию о состоянии функции внешнего дыхания пациента, представлен на рис. 5 и связывает между собой методические, технические и информационные аспекты прямого мониторинга самостоятельного дыхания пациента. В начале в структуре базы данных создается цифровая форма на каждого пациента в

виде электронной карточки. Далее запускается система мониторинга. В реальном режиме времени происходит обработка сигнала потока дыхания, его дискретизация, передача на компьютер, интерпретация параметров оцифрованного сигнала и вывод результатов (графической и цифровой информации) на дисплей. Врач, как звено управления и обратной связи, контролирует процесс, прерывает его при необходимости (прерывания «Стоп» на рис. 5), просматривает результаты, принимает решение на основе полученной информации.

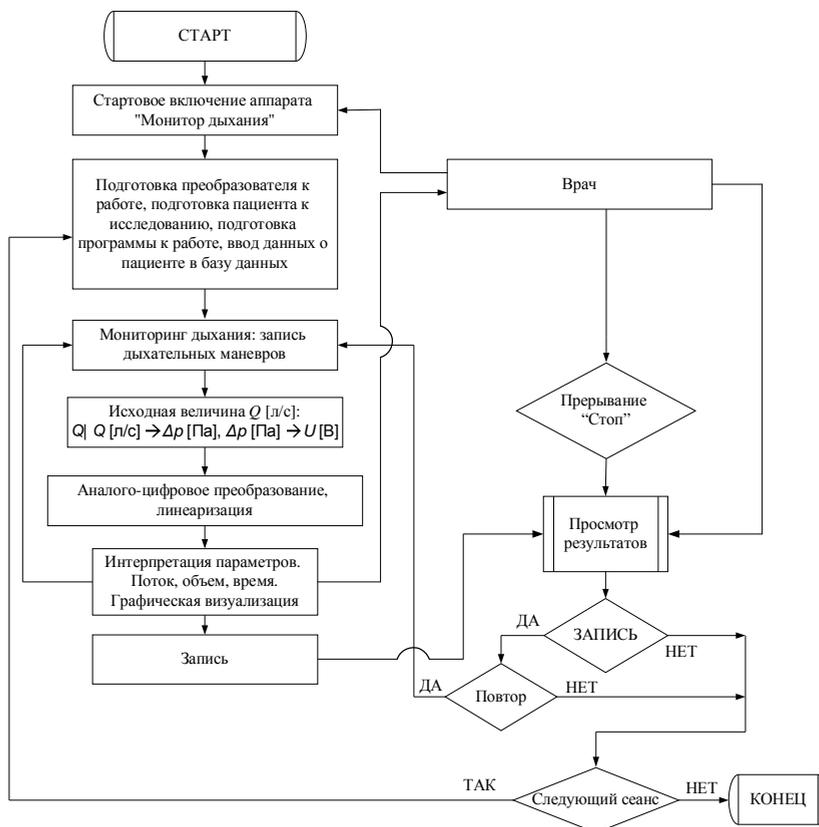


Рис. 5. Алгоритм работы информационной системы прямого мониторинга дыхания

В ходе выполненных исследований с помощью аппарата прямого мониторинга дыхания были вычислены границы измерения величин параметров вентиляционной функции легких при прямом мониторинге самостоятельного дыхания методами математической статистики. Результаты были обработаны с помощью программного пакета Matlab 6.5. Поскольку на практике важны параметры при выдохе, то в качестве «центральных» (или характерных) были взяты параметры ДОВыд (дыхательный объем на выдохе) и Те (время выдоха). Соответственно они устанавливаются для здоровых лиц младшего возраста $ДО = 0,14...0,57$ л, $Т_e = 0,56...3,01$ сек.; для здоровых лиц старшего возраста, $ДО = 0,12...0,55$ л, $Т_e = 0,75...2,64$ сек.; для больных младшего возраста, $ДО = 0,05...0,64$ л, $Т_e = 0,78...2,83$ сек.; для больных старшего возраста $ДО = 0,05...0,58$ л, $Т_e = 0,60...3,12$ сек.

С помощью информационной системы прямого мониторинга

самостоятельного дыхания пациента были получены результаты, которые показали необходимость медикаментозной коррекции лечения больного в тяжелом состоянии вследствие нарушения функции дыхания (с последующим ее восстановлением) (рис. 6), а также необходимость перевода на искусственную вентиляцию легких (рис. 7) вследствие снижения функции дыхания.

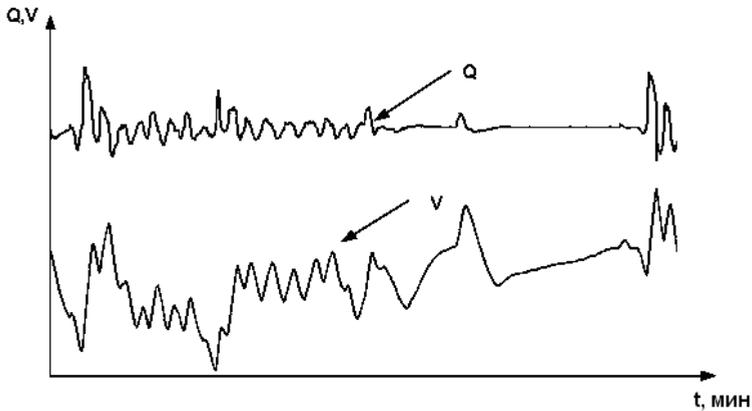


Рис. 6. Медикаментозная коррекция состояния больного вследствие нарушения функции дыхания

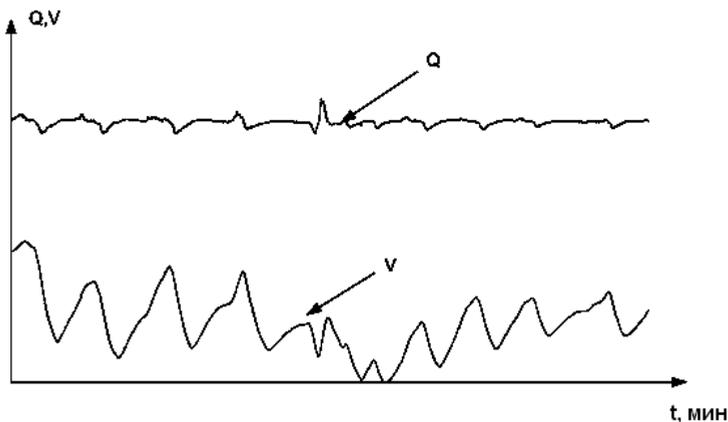


Рис. 7. Перевод больного на искусственную вентиляцию легких вследствие заниженного дыхания

Выводы

Разработанный алгоритм работы информационной системы прямого мониторинга самостоятельного дыхания обеспечивает информацией о состоянии функции дыхания пациента. Из множества параметров системы рекомендуются характерные параметры вентиляционной функции легких.

Предлагаемая информационная система рекомендуется реаниматологам, врачам функциональной диагностики для получения информации о функции дыхания. Она способствует своевременному принятию решения о коррекции лечения у тяжелых больных.

В перспективе информационная система прямого мониторинга самостоятельного дыхания пациента может быть применена для

исследования газового состава вентиляционного потока воздуха пациента, а также для помощи принятия решений в хирургии и анестезиологии.

1. Зильбер А.П. Медицина критических состояний: общие проблемы. Этюды критических состояний. Т. 1. — Петрозаводск : Издательство ПГУ, 1995 — 360 с.
Zilber A.P. *Critical care medicine: common challenges. Etudes of critical states*, vol 1. — Petrozavodsk: Izdatelstvo PGU, 1995. 360 p.
2. Можливості застосування моніторингу дихання в клінічній практиці. / М.М. Коваленко, І.М. Маньковська, В.І. Носар, М.В. Бондар, О.А. Куцяк, Р.І. Янчій // Електроніка і зв'язь. Тематический выпуск "Проблеми електроніки", ч. 2. — 2008. — №3–4. — С. 131–136.
Kovalenko M.M., Mankovska I.M., Nosar V.I., Bondar M.V., Kutsyak O.A., Yanchiy R.I. The respiratory monitoring applications in clinical practice. *Elektronika i svyaz*, 2008, no. 3–4, Special Issue "Problemy elektroniki", part 2, pp. 131–136.
3. Моніторинг спірографічних показників. / М.М. Коваленко, О.А. Куцяк, В.О. Лопата // Електроніка і зв'язь. Тематический выпуск "Електроніка і нанотехнології". — 2009. — С. 209–212.
Kovalenko M.M., Kutsyak O.A., Lopata V.O. Monitoring of spirography parameters. *Elektronika i svyaz*, Special Issue "Electronics and Nanotechnology", 2009, pp. 209–212.
4. Коваленко М.М. The system of direct monitoring of patient's spontaneous breathing. / М.М. Коваленко, О.А. Куцяк "Електроніка і нанотехнології" // Збірник праць XXXII Міжнародної науково-технічної конференції ELNANO 2012, 2012.
Kovalenko M.M., Kutsyak O.A. The system of direct monitoring of patient's spontaneous breathing. *"Electronics and Nanotechnology". Proc. of the XXXII International Scientific and Technical Conf. ELNANO 2012*, 2012.
5. Лопата В.А. Респираторный мониторинг: витязь на распутье. / В.А. Лопата // Медична техніка. — 2008. — №3 (4) — С. 14–17.
Lopata V.A. Respiratory monitoring: Knight at the Crossroads. *Medychna tekhnika*, 2008, no. 3 (4), pp. 14–17.
6. Патент України на корисну модель № 79176. Спосіб прямого моніторингу самостійного дихання пацієнта. Куцяк О.А., Коваленко М.М. 2013.
Kutsyak O.A, Kovalenko M.M. Patent of Ukraine for useful model № 79176. *The method of direct spontaneous breathing monitoring of patient*. 2013.
7. Технічні аспекти розробки монітора дихання / В.О. Лопата, О.О. Петрова, П.М. Чорний, О.А. Куцяк, М.А.-А. Ель Шебах // Електроніка і зв'язь. Тематический выпуск "Проблеми електроніки", ч. 2. — 2008. — № 3–4. — С. 137–140.
Lopata V.O., Petrova O.O., Chornyy P.M., Kutsyak O.A., El Shebakh M.A-A Technical aspects of the monitor breathing development. *Elektronika i svyaz. Special Issue "Problemy elektroniki" part 2*, 2008, no. 3–4, pp. 137–140.

Получено 17.04.2013