

ЗВУКОМОДУЛЯЦИОННАЯ СПИРОМЕТРИЯ КАК УДОБНОЕ СРЕДСТВО ИНДИВИДУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАРТФОНА

SOUND MODULATION SPIROMETRY AS CONVENIENT MEANS OF INDIVIDUAL CONTROL THE RESPIRATORY FUNCTION OF THE LUNGS BY USING SMARTPHONE

Козлов Михаил Ph.D. Директор Института интеграции и профессиональной адаптации, Нетания, Израиль. Email: 19mike19k@gmail.com tel.: +(972)527052460

Лернер Любовь Ph.D., MD. Руководитель медицинской секции Института интеграции и профессиональной адаптации, Нетания, Израиль. Email: luler@mail.ru, tel. +(972)98891061

Полинов Семен Ph.D., кафедра морских геонаук университета Хайфы. Научный сотрудник Хайфского Исследовательского Центра Морской Политики и Стратегии. Email: semion.polinov@gmail.com

Сокол Адольф Доктор медицинских наук, доктор социологии, профессор. Израильская Независимая Академия развития науки. Израиль. E-mail: sokoladolf@yahoo.com
Tel: +972-8-6655909

Файнберг Владимир Ph.D. Нетанийский филиал Израильской независимой академии развития наук. Иерусалим, Израиль. E-mail: faynbergv@yahoo.com tel.: +(972)72543027456

Kozlov Michail Ph.D. Director of the Institute of integration and professional adaptation, Netanya, Israel. E-mail: 19mike19k@gmail.com tel.: +(972)527052460

Lerner Luybov Ph.D., MD. Head of the Medical Section of Institute integration and professional adaptation, Netanya, Israel. Email: luler@mail.ru, tel. +(972)98891061

Polinov Semion Ph.D. Candidate????? the Department of Marine Geosciences University of Haifa. Research Fellow Haifa Research Center for Maritime Policy & Strategy. Email: semion.polinov@gmail.com

Sokol Adolf Ph.D., MD, Doctor of Sociology, Professor. Israeli Independent Academy of Development of Sciences. Be'er Sheva, Israel. E-mail: sokoladolf@yahoo.com
Tel: +972-8-6655909

Faynberg Vladimir Ph.D. Netanya branch of the Israel Independent Academy of Development of Sciences. Jerusalem, Israel. E-mail: faynbergv@yahoo.com tel.: +(972)72543027456

Аннотация.

Современные компьютерные технологии обеспечивают разработку методов дистанционной диагностики состояния функциональных систем организма в норме и патологии. Предлагаемый новый метод оценки функции дыхания позволяет превратить этот важный тест в

дистанционную, простую (и в то же время достаточно достоверную) домашнюю процедуру. Поскольку рассматриваемый метод основан на голосовой модуляции потока выдыхаемого воздуха, он был определен как метод «Звукомодуляционной спирометрии». С аппликацией для смартфона этот метод может использоваться для периодической экспресс-диагностики состояния дыхательной системы, позволяя выявить динамику развития возможного заболевания, что, в частности, исключительно важно для диагностики поражения легких при коронавирусной инфекции.

Ключевые слова: спирометр, фонема, интенсивности звука голоса, индивидуальная диагностика работы легких, патологии легких.

Abstract.

Modern computer technology created solid basis for the remote medical diagnostics developments. Quite a few remote tests of different functional body systems in normal and pathological conditions are already available, and list of them is rapidly extending. The proposed new method for assessing respiratory function allows turning this important test into a remote, simple, reliable home procedure. Described method is based on the voice modulation of the exhaled air flow. That is why we defined it as “Sound modulation spirometry”. With a smartphone application, this method can be used for periodic express diagnostics of the respiratory system, allowing recognizing of the possible disease developments and its dynamic, which is extremely important for the diagnosis of lung damage during coronavirus infection.

Key words: spirometer, phoneme, voice sound intensity, individual diagnosis of lung function, lung pathology.

Вступление

Спирометрия (измерение дыхания) является наиболее распространенным из функциональных тестов легких [1]. Спирометр измеряет функцию легких, в частности количество (объем) и / или скорость (поток) воздуха, который можно вдыхать и выдыхать. Спирометрия полезна при оценке паттернов дыхания при различной патологии легких, которые выявляют такие состояния, как астма, легочный фиброз, муковисцидоз и ХОБЛ. Спирометр может быть использован и как часть системы наблюдения за состоянием здоровья, в которой паттерны дыхания измеряются с течением времени.

Конструктивно спирометры имеются разного типа: водяные, в которых по подъему колокола водой определяется объем выдыхаемого воздуха; турбинные спирометры; спирометры, измеряющие скорость воздушного потока с помощью ультразвуковых преобразователей; спирометры с датчиками перепада давления. На рис.1 показаны различные типы спирометров [2].

Перечисленные спирометры используются, в основном, во врачебных кабинетах или лабораториях. В то же время имеются реальные запросы клинической практики на дистанционную спирометрию и индивидуальный контроль функционирования легких в домашних условиях. И это требует разработки спирометров для таких задач.

звука при выдохе и максимальной скоростью выдоха, при оценке функционирования легких чистокровных лошадей во время тренировок.

Рассматриваемая процедура ЗМС аналогична описанному в [6] измерению интенсивности звука голоса. С помощью микрофона или другого датчика анализируемый звук преобразуется в электрический сигнал, который можно пересчитать в объем выдыхаемого воздуха и другие параметры легких.

Нами было выделено два тестовых применения ЗМС.

Первый тест проводится при длительном выдохе, в котором оценивается максимальная длительность выдоха и объем выдыхаемого воздуха, при максимально возможной длительности произносимой фонемы.

Второй тест связан с форсированным выдохом. В этом тесте оценивается объем форсированного выдоха (ОФВ), пиковая скорость выдоха (ПСВ) и длительность форсированного выдоха. Измерение ОФВ является одним из важнейших измерений функции легких [7].

При проведении теста при длительном выдохе, после ряда экспериментов, мы пришли к выводу, что звук фонемы «И» является наиболее удобным для этого теста. Это связано с тем, что «И» является той гласной, которая существенно затрудняет вдыхание воздуха во время произнесения этого звука (во время произношения других гласных может произойти частичное вдыхание, что влияет на точность измерения).

При проведении теста на форсированный выдох тестируемый непроизвольно произносит звук близкий к звуку «А».

Описанный выше метод ЗМС выглядит ясно и довольно просто. Но, чтобы сделать его ближе к коммерческому применению, нужно решить и прояснить несколько вопросов. Это:

- звукозаписывающее устройство;
- повторяемость измерений;
- сравнение с применяемыми методами измерения.

Звукозаписывающее устройство

Наши эксперименты показали, что микрофон смартфона или микрофон от внешних наушников отлично справляются с функцией звукового датчика, а сам смартфон будет выполнять функции диктофона.

Повторяемость измерений

Вопрос о повторяемости измерений должен быть решен путем предложения фиксированных областей на теле человека, шее, груди, где должен быть расположен звуковой датчик (микрофон).

По результатам наших экспериментов предлагается четыре области с очень хорошей повторяемостью, в любой из которых может быть установлен датчик:

- средняя треть переднебоковой поверхности шеи,
- середина грудной поверхности,
- под левой подмышечной впадиной,
- под правой подмышечной впадиной.

Полученные результаты

Было проведено более 60 записей потока выдыхаемого воздуха у разных лиц без выраженной патологии дыхательной системы в возрасте от 14 до 82 лет.

Тестирование каждого человека проводилось с помощью смартфона и результаты обрабатывались на приемной стороне с помощью компьютера по программам, написанным на языке МАТЛАБ.

На рис.2 – рис.5 приведены графики потока выдыхаемого воздуха для 4-х разных людей при проведении теста, связанного с длительным выдохом. При выдохе произносился максимально долго звук «И». Шкала скорости потока выдыхаемого воздуха (Flow rate) приведена в относительных единицах, пропорциональных скорости потока в литрах в секунду. Объем выдыхаемого воздуха (Expiratory volume) приведен в относительном логарифмическом масштабе.

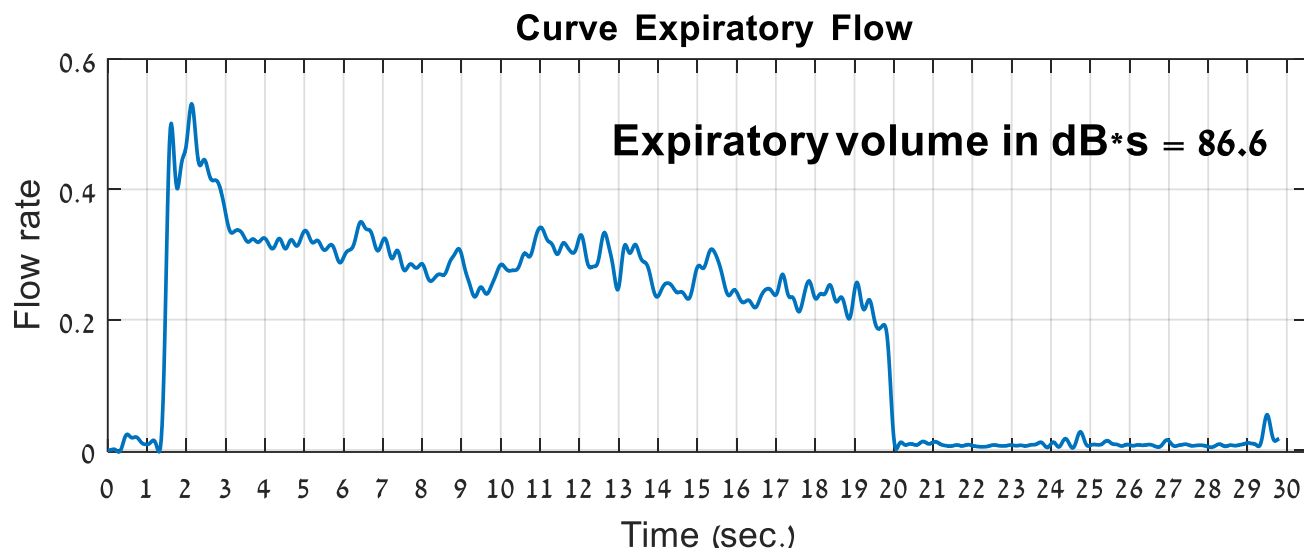


Рис.2. График потока выдоха 1-го тестируемого

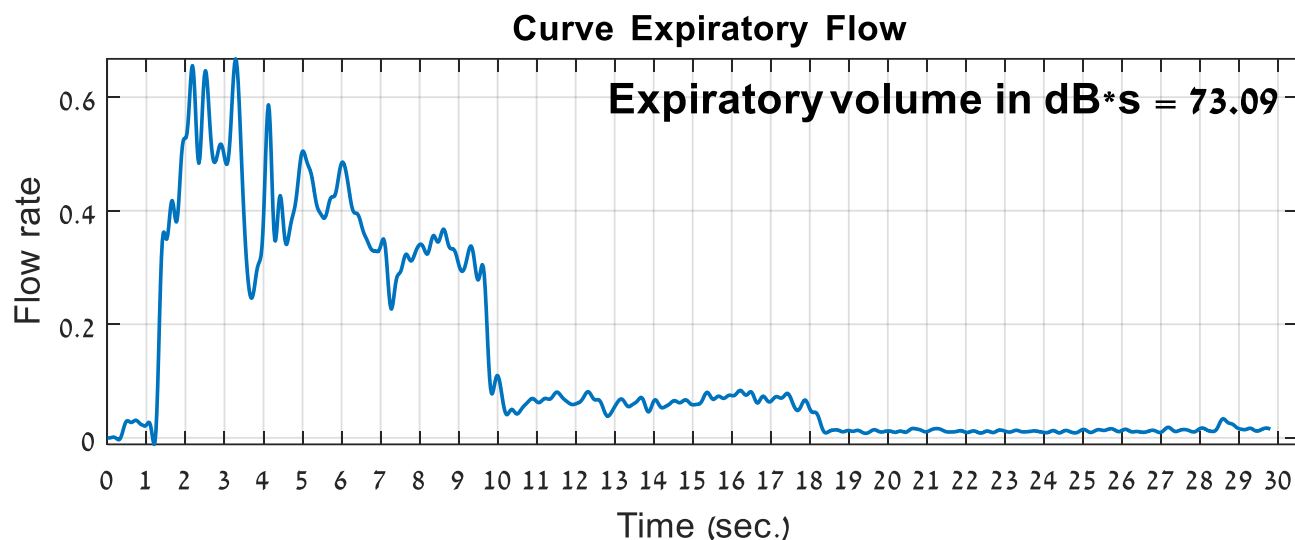


Рис.3. График потока выдоха 2-го тестируемого

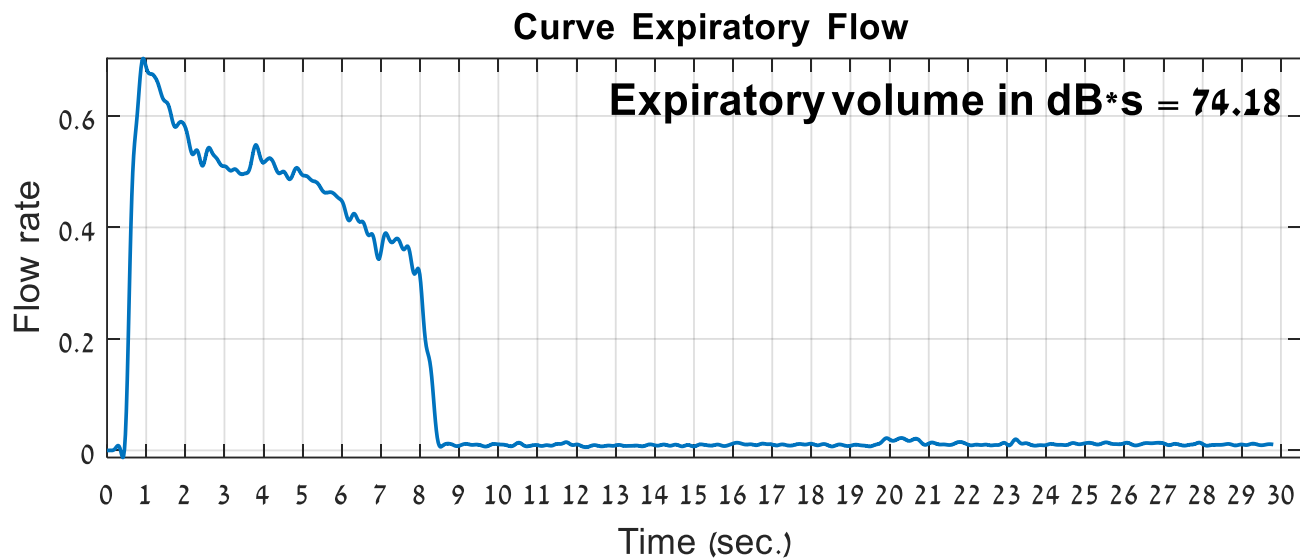


Рис.4. График потока выдоха 3-го тестируемого

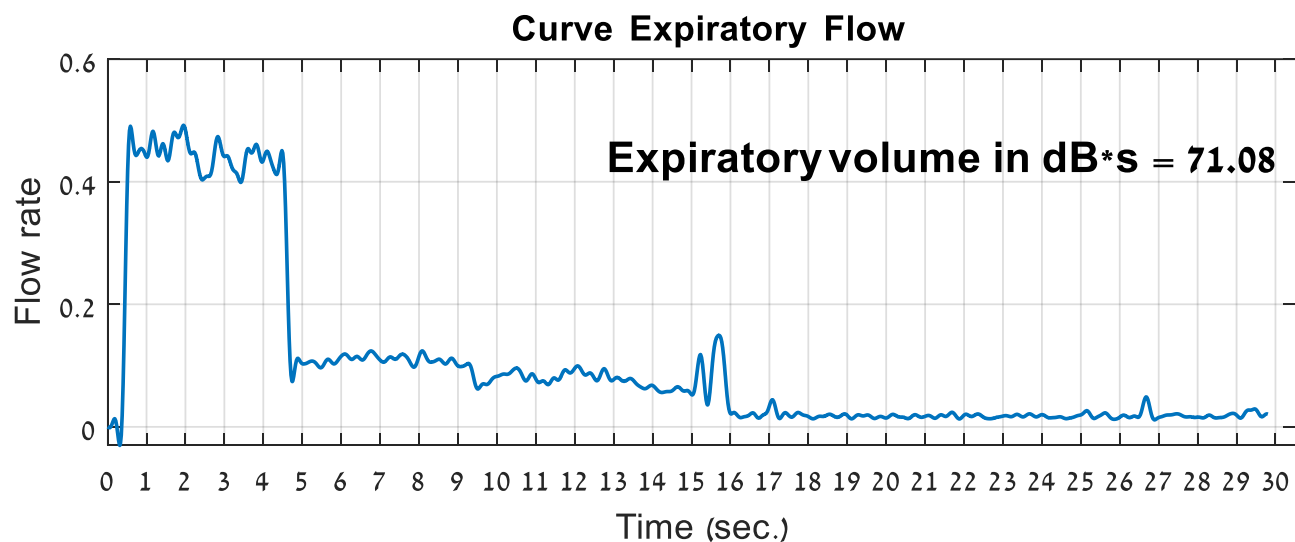


Рис.5. График потока выдоха 4-го тестируемого

Приведенные на рис.2 - рис.5 графики дают возможность в относительных единицах оценить скорость и объем выдыхаемого воздуха и отражают индивидуальные особенности функционирования легких. Полученные записи сравниваются с предыдущими, что позволяет оценить динамику изменения работы легких.

Результаты тестирования 2-х людей на форсированный выдох приведены на рис.6 – рис.7.

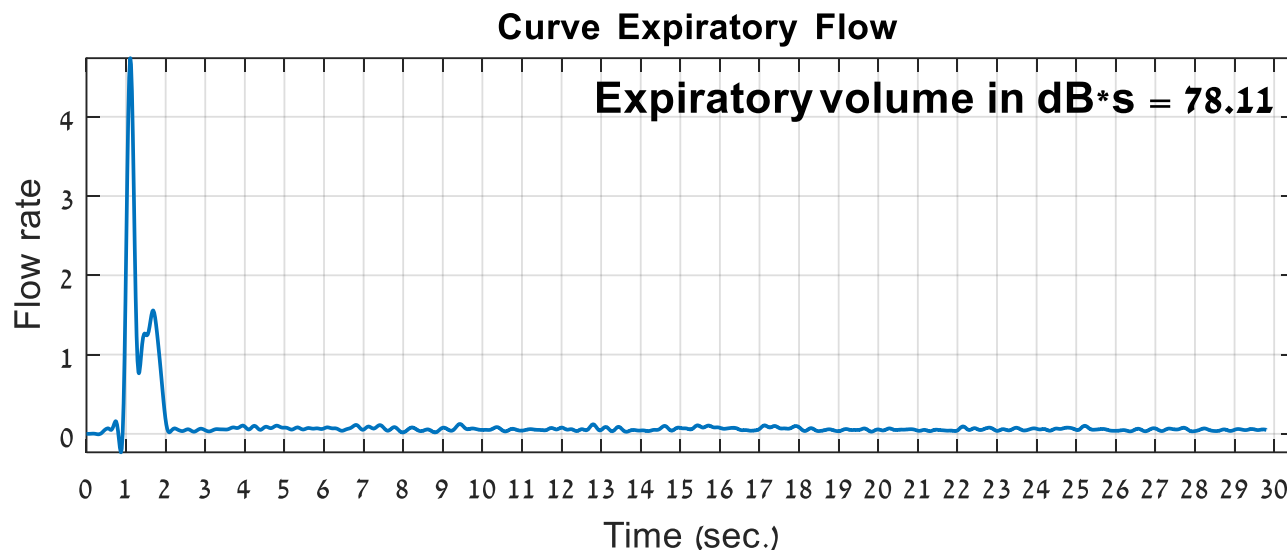


Рис.6. График форсированного потока выдоха 2-го тестируемого

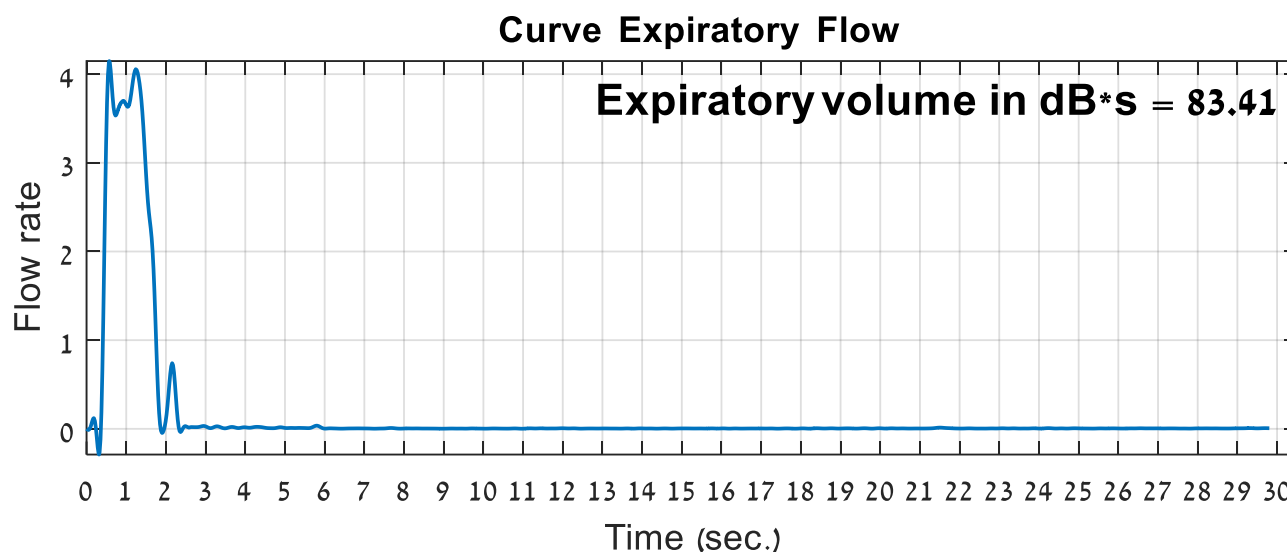


Рис.7. График форсированного потока выдоха 3-го тестируемого

Графики, приведенные на рис.6 - рис.7 для форсированного выдоха, дают возможность в относительных единицах оценить ПСВ и объем форсированного выдоха, а также длительность выдоха в абсолютной величине – секундах. Тест на форсированный выдох является широко распространенным в медицине и помогает диагностировать и контролировать работу легких при многих заболеваниях. При хронических заболеваниях легких врачами рекомендуется постоянно контролировать приведенные выше параметры форсированного выдоха.

Калибровка

В рассматриваемом спирометре на основе метода ЗМС, как приводилось выше, скорость потока выдыхаемого воздуха представлена в относительных единицах, пропорциональных скорости потока в литрах в секунду (l/s), а объем выдыхаемого воздуха приведен в относительном логарифмическом масштабе. Метод обеспечивает достаточно хорошие

результаты при таких относительных измерений. При накоплении данных и экспериментальных исследованиях точность измерений будет повышаться.

Предлагаемый индивидуальный спирометр совмещен со смартфоном и каждый желающий пользователь такого устройства может перевести получаемую при замере относительные величины в абсолютные, путем сравнения его данных с данными эталонного спирометра. И, рассчитав необходимое калибровочное число для получения абсолютных величин, ввести его в параметр смартфон приложения (или в параметр приложения для компьютера) для получения дополнительных, справочных значений, скорости потока в литрах в секунду и объем выдыхаемого воздуха в литрах.

На рис.8 изображен вариант отображения результатов измерения смартфон-спирометра в абсолютных величинах при проведении теста, связанного с длительным выдохом для 1-го тестируемого, а на рис.9 при тестировании на форсированный выдох для 2-го тестируемого.

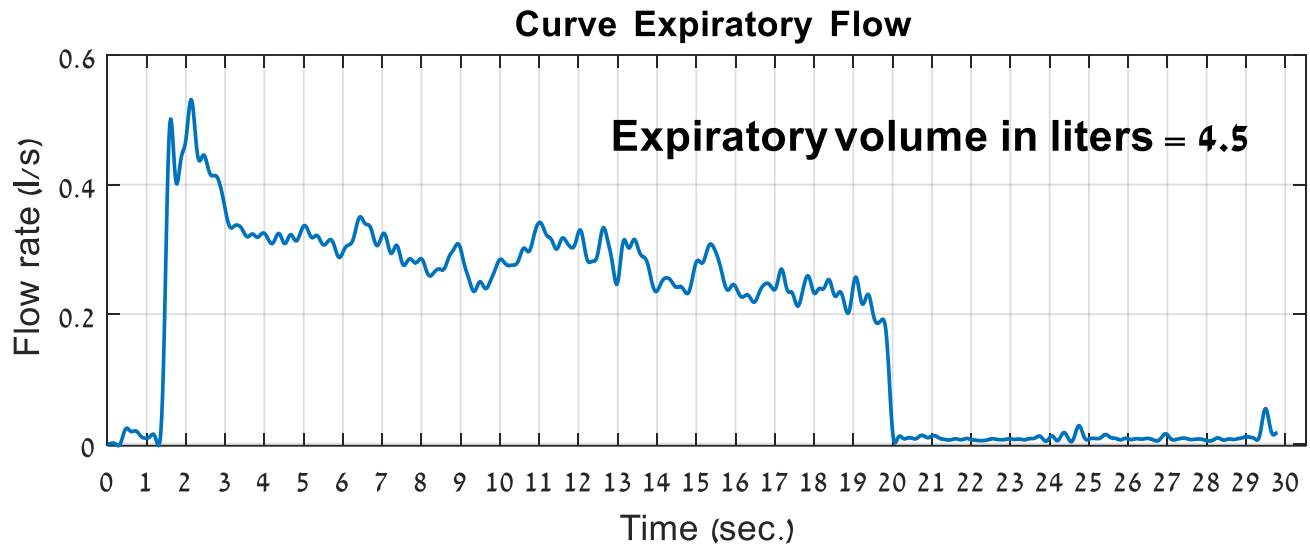


Fig.8. График потока выдоха 1-го тестируемого в абсолютных единицах

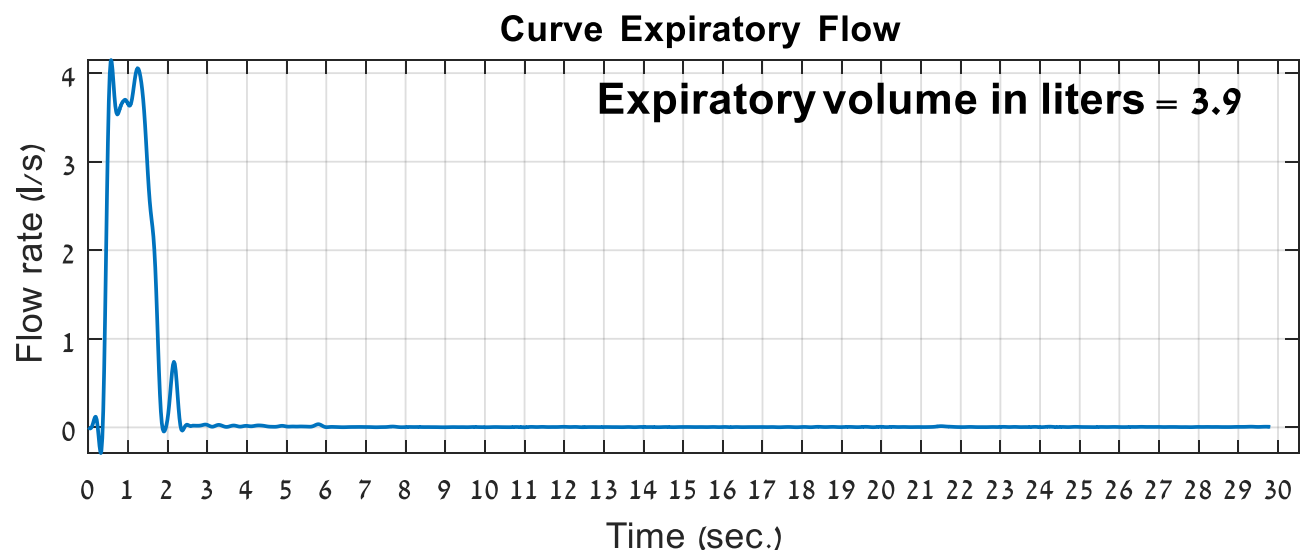


Fig.9. График форсированного выдоха 3-го тестируемого в абсолютных единицах

Заключение

Предлагаемый метод ЗМС не является артефактом, а реально характеризует функцию дыхательного аппарата. Он позволяет простыми средствами с помощью смартфона или компьютера индивидуально проводить экспресс-диагностику отклонения дыхательной функции. И, как было отмечено в [6], такую процедуру надо проводить периодически.

Особенно актуально использование индивидуальных смартфонов с функцией спирометра в условиях эпидемий. Надо учитывать, что коронавирус, как правило, поражает легкие. И эта патология является, по сути, единственной причиной гибели, больных с коронавирусной пневмонией. Поэтому при наличии индивидуального смартфон с функцией спирометра, можно быстро заметить отклонения в работе легочного аппарата и обратиться вовремя за медицинской помощью, что позволит более оперативно принимать меры по лечению и резко снизить негативные последствия заболевания.

Доступность и простота смартфона с функцией спирометра, дешевизна, наглядность и достаточная точность обеспечивают возможность перехода от селективных обследований к скринингу отдельных групп людей (например, лиц пожилого возраста).

Как положительный фактор применения данного спирометра можно отметить, что для процедуры измерения не требуется медицинская прищепка на нос, как это делается при использовании других спирометров.

Программное обеспечение для ЗМС было разработано одним из авторов, системным инженером, на языке МАТЛАБ и установлено на его компьютере, с помощью которого и проводились исследования. Для массового внедрения спирометра на основе этого метода необходим программист с опытом разработки приложений для смартфонов. Наша команда приглашает присоединиться к ней такого программиста, а также, для ускорения процесса внедрения приложения спирометра на смартфоны и компьютеры, готова работать с инвестором или спонсором для реализации важного средства диагностики.

По нашим оценкам, разработка первичной программы для приложения и ее внедрение на смартфоны может занять около одной или двух недель. Что будет весьма актуально и принесет существенную пользу в условиях пандемии коронавируса.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Spirometry: Procedure, Normal Values, and Test Results. 12.5.2017. www.healthline.com > health
2. https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD_enIL884IL884&q=spirometry+machine&tbm=isch&source=univ&sa=X&ved=2ahUKEwj46GatfnoAhVIiFwKHZZdCtQQ7Al6BAgKEEE&biw=975&bih=492
3. Цифровой датчик Спирометр PASCO. www.polymedia.ru > cifrovoy-datchik-spirometr
4. Ronald J. Baken, Robert F. Orlikoff. Clinical Measurement of Speech and Voice. Cengage Learning, 2000.
5. Attenburrow D.P., Flack F.C., Portergill M.J. The relationship between peak expiratory sound intensity and peak expiratory flow rate in the thoroughbred horse during exercise. Equine Vet J Suppl. 1990 Jun;(9):43-6.
6. Kozlov M., Faynberg V. Coronavirus Remote Mass Diagnostic System Using of the Smartphone Application. 27.03.2020. <https://netanyascientific.com>
7. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis, 1991.
8. Warren M., Laura L. Koth. Pulmonary Function Testing. Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine (Sixth Edition), 2016.