

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.217+612.743

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

**С.Д. Солнушкин¹, В.Н. Чихман¹, М.О. Сегизбаева¹,
М.А. Погодин¹, В.Г. Александров²**

¹Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург

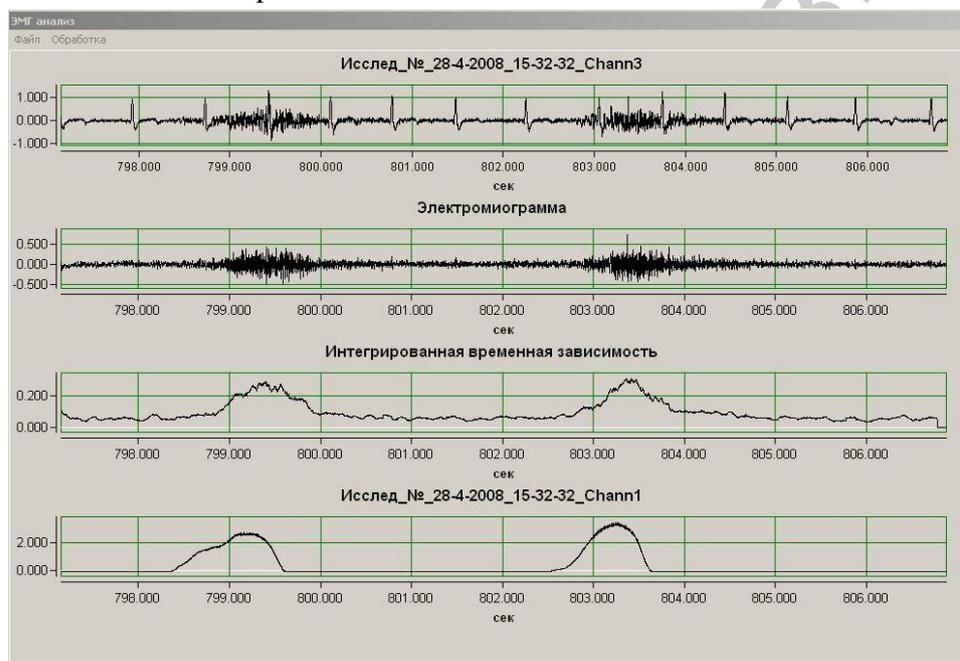
Описана оригинальная компьютерная установка для комплексных исследований параметров дыхания электрической активности дыхательных мышц.

Ключевые слова: вентиляция легких, дыхательные мышцы.

Современные физиологические исследования предполагают применение средств и методов информационных технологий. Для исследования участия мышц в выполнении движения вдоха необходимо одновременно зарегистрировать их электрическую активность и инспираторный поток воздуха [3–5].

В созданном нами аппаратно-программном комплексе для измерения скорости движения вдыхаемого воздуха используется пневмотахографическая методика. Установленная в магистрали вдоха пневмотахографическая трубка за счет постоянного, точно измеренного сопротивления вносит минимальное искажение регистрируемого сигнала. Преобразователи давления от пневмотахографической трубки в электрический сигнал (электроманометры) обладают линейными характеристиками, проверка которых проводится перед каждым исследованием. Оценить вклад конкретной мышцы в дыхательное движение позволяет регистрация биопотенциалов сокращающейся мышцы. Биотоки, отводящиеся кожей электродами с диаметром 10 миллиметров, подаются на усилители с постоянным коэффициентом усиления и с опто-электронной развязкой. После усиления осуществляется дискретизация сигналов с частотой 1 кГц и ввод в компьютер с помощью восьми-канального аналого-цифрового преобразователя. Для уменьшения влияния помех на точность аналого-цифрового преобразования в устройстве применена полная гальваническая развязка аналоговых и цифровых блоков, а также приемопередатчиков интерфейсных сигналов магистрали компьютера. Эта развязка обеспечивается оптронами (для передачи логических сигналов) и трансформаторным преобразователем напряжения (для

питания аналоговых узлов). Для анализа электромиографического сигнала (ЭМГ) и вычисления ряда показателей нами разработано программное обеспечение (ПО), описание которого подробно излагается в данном материале. ПО реализовано средствами Delphi и функционирует в среде Windows XP/7. Графический интерфейс программного модуля первичной обработки сигнала ЭМГ **Breath_EMG** (рис. 1) позволяет отобразить синхронно оцифрованные фрагменты ЭМГ и пневмотахограммы.



Р и с . 1 . Интерфейс программного модуля **Breath_EMG**

В программе реализована первичная обработка зарегистрированной ЭМГ, заключающаяся в «редактировании неправдоподобных значений» во входных данных с помощью компонента LowPassFilter (BaseGroupeLabs). Алгоритм подавления неправдоподобных выбросов, реализованный в данном компоненте, основан на робастной оценке средней скорости изменения временного ряда регистрируемого сигнала. В частности, алгоритм позволяет удалить из входного сигнала наведенную помеху от сигнала электрокардиограммы. Результат работы алгоритма показан на рис. 1 под изображением исходного сигнала. Интерфейс программы отображает также обработанную ЭМГ методом «скользящей средней» по 100 значениям в виде интегрированной временной зависимости – огибающей электромиограммы (рис. 1 - третье окно сверху). Первичная обработка позволяет качественно, визуально оценить регистрируемый сигнал ЭМГ. Значение максимума огибающей ЭМГ часто используется

для оценки активности сокращающейся мышцы в течение всего вдоха [2]. Однако, активность регистрируемой мышцы может изменяться так, что на огибающей может быть несколько локальных максимумов. Для оценки активности мышцы в программе реализовано вычисление средней амплитуды огибающей ЭМГ за время вдоха [2]. Для получения этих количественных показателей разработан модуль обработки сигнала, интерфейс которого показан на рис. 2.

Р и с . 2 . Интерфейс модуля количественной обработки сигнала



В окне обработки (рис. 2) экспериментатор, ориентируясь на форму пневмотахограммы (в нижнем окне рис. 2), указывает границы фрагментов электромиограммы, протяженность которых соответствуют длительности вдоха. Программа вычисляет как площадь под огибающей ЭМГ, так и среднюю амплитуду огибающей для каждого фрагмента ЭМГ. Спектральный анализ этих же фрагментов ЭМГ предполагает вычисление параметров, которые описывают специфические особенности спектра сигнала [1]. Амплитудный спектр выбранного экспериментатором фрагмента входного сигнала представлен в отдельном окне интерфейса программы (рис. 2 – внизу слева). Вычисляется центроидная частота спектра, частота максимума амплитуды спектра (основная частота спектра), соотношение спектральных плотностей мощности высокочастотной и низкочастотной

полос полученного спектра для оценки вклада частотного диапазона. Конкретные границы частотных полос в каждом случае выставляются экспериментатором с помощью «полос прокрутки» (рис. 2 – внизу справа). Результаты вычислений отображаются в отдельных окнах и могут быть переданы в программу Excel.

На рис. 3 в качестве примера изображены результаты обработки двух записей электрического сигнала с одной и той же мышцы (с тех же электродов) во время произвольных глубоких вдохов испытуемого, лежащего на поворотном столе лицом вверх.

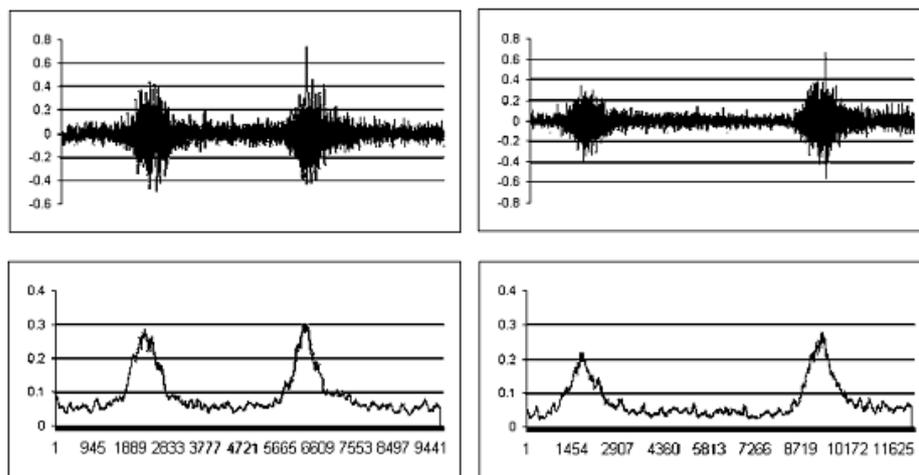


Рис. 3. Пример обработки записей ЭМГ

Первая запись (слева) сделана в условиях горизонтального положения стола. Вторая запись на 30 минуте после того как головной конец стола был опущен с наклоном в 30 градусов. На рисунках видно, что в положении вниз головой значение максимума огибающей несколько меньше, чем в горизонтальном положении в обоих вдохах. Количественные результаты обработки этих фрагментов ЭМГ представлены в таблице.

В таблице каждому вдоху соответствует свой фрагмент. Как показывают цифры в соответствующих ячейках, средняя амплитуда огибающей в положении головой вниз больше, чем в горизонтальном положении. Величина максимальной огибающей, наоборот, в положении головой вниз меньше, чем в горизонтальном положении. Частотные показатели: центроидная частота, частота максимума спектра, отношение высоких к низким частотам однозначно показывают, что через 30 минут в положении головой вниз, в сравнении с горизонтальным положением, частота спектра ЭМГ данной мышцы смещается в сторону высоких частот. Таким образом, выявленные в этом конкретном примере различия показателей свидетельствуют о чувствительности реализованного аппаратно-программного комплекса.

Результаты обработки двух фрагментов ЭМГ

| | Горизонтальное положение тела на спине | | | | | Наклон головой вниз 30 градусов | | | | |
|------------|--|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|
| | средняя амплитуда огибающей | значение максимума огибающей | центроидная частота спектра | частота максимума спектра | Вч/Нч | средняя амплитуда огибающей | значение максимума огибающей | центроидная частота спектра | частота максимума спектра | Вч/Нч |
| Фрагмент 1 | 118 | 0,29 | 170 | 47 | 7,7 | 124 | 0,22 | 204 | 62 | 9,4 |
| Фрагмент 2 | 132 | 0,30 | 185 | 62 | 7,3 | 178 | 0,28 | 189 | 66 | 11,4 |

Таким образом, современные информационные технологии позволяют реализовать измерение биосигналов с высокими метрологическими характеристиками, что позволяет отказаться от измерения регистрируемых параметров в ручном варианте при помощи линейки. Разработанное ПО позволяет экспортировать результаты измерений для последующих вычислений в программу Excel, что позволяет применять любые методы статистической обработки. Следует отметить, что представленное ПО позволяет визуализировать и обрабатывать данные ранее проведенных исследований, хранящиеся в текстовых файлах.

Список литературы

1. Андреева Е.А., Хуторская О.Е. Спектральный метод анализа электрической активности мышц. М.: Наука, 1987. 104 с.
2. Гехт Б.М. Теоретическая и клиническая электромиография. Л.: Наука, 1990. 229 с.
3. Blanchette M-A., Normand M.C. Impairment assessment of lateral epicondylitis through electromyography and dynamometry // J. Can. Chiropr. Assoc. 2011. Vol. 55, № 2. P. 96–106.

4. Cheng S., Butler J.E., Gandevia S.C., Bilston L.E. Movement of the human upper airway during inspiration with and without inspiratory resistive loading // J. Appl. Physiol. 2011. Vol. 110, № 1. P. 69–75.
5. Hutten G.J., van Eykern L.A., van Aalderen W.M.C. Lung function and electromyography of the respiratory muscles. Chapter 11 // European Respiratory Society Monograph. 2010. Vol. 47. P. 183–194.

HARDWARE-SOFTWARE FOR THE STUDY OF MECHANISMS OF REGULATION RESPIRATORY MOVEMENTS

**S.D. Solnushkin¹, V.N. Chikhman¹, M.O. Segizbaeva¹,
M.A. Pogodin¹, V.G. Aleksandrov²**

¹Pavlov Institute of Physiology RAS, Saint-Petersburg

²Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint-Petersburg

Setting for the study of respiration and computer analysis of electromyograms described.

Keywords: ventilation, respiratory muscles.

Об авторах:

СОЛНУШКИН Сергей Дмитриевич—старший научный сотрудник лаборатории информационных технологий и математического моделирования, ФГБУ Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 188680, Ленинградская обл., Всеволожский р-н, пос. Колтуши, ул. Быкова, д. 36, e-mail: breath@kolt.infran.ru

ЧИХМАН Валерий Николаевич—кандидат технических наук, заведующий лабораторией информационных технологий и математического моделирования, ФГБУ Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 188680, Ленинградская обл., Всеволожский р-н, пос. Колтуши, ул. Быкова, д. 36, e-mail: breath@kolt.infran.ru

СЕГИЗБАЕВА Марина Оразовна—кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии дыхания, ФГБУ Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 188680, Ленинградская обл., Всеволожский р-н, пос. Колтуши, ул. Быкова, д. 36, e-mail: breath@kolt.infran.ru

ПОГОДИН Михаил Алексеевич—кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии дыхания, ФГБУ Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 188680, Ленинградская обл., Всеволожский р-н, пос. Колтуши, ул. Быкова, д. 36.

АЛЕКСАНДРОВ Вячеслав Георгиевич—доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии и физиологии человека и животных, ФГБОУ ВПО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, д.48, e-mail: vg_aleks@yahoo.com

Научная библиотека ТвГУ