

УДК 612.22.02:612.235

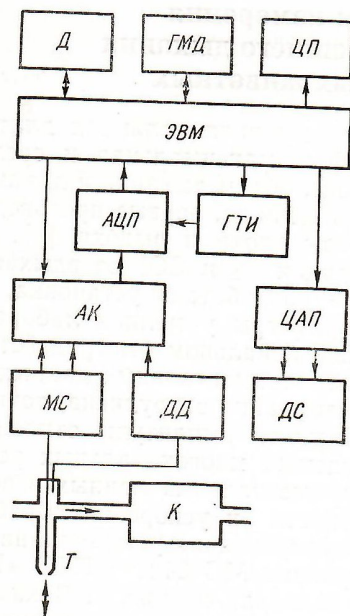
В. П. Пожаров

Автоматизированная установка для измерения объемно-временных параметров внешнего дыхания и газообмена у мелких лабораторных животных

Информативными показателями внешнего дыхания являются длительность экспираторной и инспираторной фаз, максимальная и средняя скорость газового потока на вдохе и выдохе, объем дыхания и динамика его изменения на протяжении дыхательного цикла, первые производные давлений, развиваемых в начальные фазы вдоха и выдоха [1]. Для расчета газообмена измеряется концентрация O_2 и CO_2 во вдыхаемой и альвеолярной смеси газов. Ранее нами разработана установка, позволяющая регистрировать указанные параметры у мелких лабораторных животных в аналоговом виде на многоканальном быстродействующем самописце [3]. Однако обработка экспериментальных данных при аналоговой регистрации показателей чрезвычайно затруднена, точность расчета недостаточно высока из-за небольшой амплитуды отклонения пишущего узла серийных быстродействующих многоканальных регистраторов. Для проведения анализа экспериментальных данных в реальном масштабе времени, повышения точности и ускорения обработки результатов опыта была создана автоматизированная установка на базе комплекса технических средств «Электроника МС 0401» (ПТО «Кристалл», г. Киев). Блок-схема установки показана на рис. 1. В качестве датчика дыхания применен малоинерционный датчик давления, выполненный на основе металлического сильфона и изолированной от него пластины диаметром 60 мм, расположенных на расстоянии 0,5 мм друг от друга. Пластина и сильфон образуют конденсатор, емкость которого зависит от давления в сильфоне. Перепад давления, возникающий в трахеостомической канюле за счет движения воздуха, воздействуя на сильфон изменяет емкость конденсатора, которая измеряется высокочастотным мостовым методом. Напряжение с выхода моста усиливается и поступает на аналоговый коммутатор вместе с сигналами каналов измерения концентрации O_2 и CO_2 масс-спектрометра. Коммутатор по команде от ЭВМ поочередно подключает эти сигналы к аналого-цифровому преобразователю (АЦП). Таким образом, на выходе АЦП формируется код, пропорциональный перепаду давления и концентрации респираторных газов в трахее животного. Исследования показали, что при частоте дыхания до 120 мин^{-1} датчик масс-спектрометра обеспечивает неискаженное воспроизведение изменения концентрации O_2 и CO_2 в выдыхаемом воздухе. В тех случаях, когда частота дыхания превышает указанный предел, автоматический учет ошибки, возникающий за счет инерционности масс-спектрометра, достигается построением калибровочной кривой в соответствии с инструкцией прибора. Период синхроимпульсов тактового генератора может программно изменяться от 1 до 100 мс. Опыт работы на установке показывает, что наиболее удобно для регистрации дыхания вводить данные в ЭВМ через каждые 5—20 мс, а для измерения концентрации O_2 и CO_2 — через 20 мс. Управление установкой осуществляется по заданной программе и с пульта дисплея, промежуточные данные хранятся в оперативной памяти ЭВМ и могут быть записаны на магнитных дисках. Протокол работы выводится на цифропечать. После окончания опыта

Анализ пневмограммы производится следующим образом (рис. 2). Длительность вдоха и выдоха определяются по моментам смены знака

г-демустрат по моментам сменy знака



Д — дисплей («Электроника 15 ИЭ 200х140—017»), ГМД — накопитель на гибких магнитных дисках («Электроника ГМД—70»), ЦП — цифровое печатающее устройство («DARQ»), ЭВМ — микроЭВМ («Электроника МС 0401»), АЦП — аналого-цифровой преобразователь (Ф 203), ГГН — генератор тактовых импульсов, АК — аналоговый коммутатор, МС — масс-спектрометр (МХ 6202), ДД — датчик дыхания, ДС — двухкоординатный самописец (ХУ 4103), Т — трахеостомическая канюля, К — компрессор (АЭН—2—4).

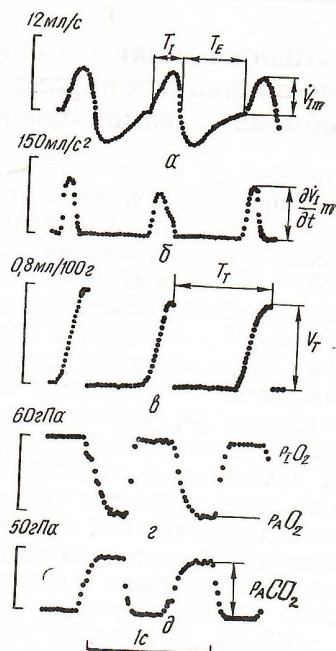


Рис. 2. Запись скорости газового потока (a), ее производной по времени на вдохе (b), дыхательного объема (c), парциального давления кислорода (e), парциального давления углекислого газа (d) в выдыхаемом воздухе у наркотизированной крысы.

давления в трахее животного. Амплитуда сигнала датчика дыхания пропорциональна перепаду давления на пневмосопротивлении, возникающему в месте соединения канюли и трахеи животного. Расчет по около 2—3 мм, частоте дыхания менее 100 мин⁻¹ и дыхательном объеме до 2—3 мл число Рейнольдса не превышает 100—200, что свидетельствует о ламинарности воздушного потока в трахее [2]. Вследствие этого перепад давлений, регистрируемых датчиком прямо пропорционален скорости воздушного потока в трахее животного, что доказано также специальными измерениями. Интеграл сигнала датчика за время вдоха (см. рис. 2, в) пропорционален дыхательному объему. Ввиду того, что измеряемый перепад давлений достаточно мал (несколько Па), калибровка его затруднена. Поэтому, вместо показателя $dp/dt_{\max}$, пропорционального изометрическому напряжению дыхательной мускулатуры в начале вдоха [1], используется эквивалентная величина — первая производная по времени скорости газового потока в начале вдоха, легко поддающаяся калибровке (см. рис. 2, б). Парциальное давление кислорода и парциальное давление углекислого газа в конце выдоха приравниваются альвеолярному (см. рис. 2, г, д), а среднее

их значение за время выдоха используется для расчета скорости потребления кислорода и выделения углекислого газа в каждом дыхательном цикле.

Таким образом, предлагаемая автоматизированная установка позволяет детально изучить объемно-временную структуру дыхательного цикла и газообмен у мелких лабораторных животных в самых разнообразных условиях. Применение ее дает возможность повысить точность и информативность исследований, значительно ускорить и облегчить обработку экспериментальных результатов.

AUTOMATIC INSTALLATION TO MEASURE VOLUME-TIME PARAMETERS OF RESPIRATION AND GAS EXCHANGE IN SMALL EXPERIMENTAL ANIMALS

V. P. Pozharov

Automatic installation based on the personal computer is suggested which permits fast digital measurements of basic indices of respiration and pulmonary gas exchange in small experimental animals.

A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kiev

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бреслав И. С. Паттерны дыхания.— Л.: Наука, 1984.—207 с.
2. Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М. Курс общей физики: Механика и молекулярная физика.— М.: Наука, 1969.—400 с.
3. Середенко М. М., Пожаров В. П., Миняйленко Т. Д., Беспальчая Р. Ф. Особенности оксигенации крови в легких при острой дозированной кровопотере // Физиол. журн.— 1986.—32, № 3.— С. 344—350.

Ин-т физиологии им. А. А. Богомольца
АН УССР, Киев

Материал поступил в редакцию 22.10.88