

Л. Г. МАЛЫШЕВА, М. А. ГАЙДЕС, А. М. ПЕЛЫЦ, Р. А. КОТУКОВ.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

Полная математическая обработка результатов исследований функции внешнего дыхания у больных—чрезвычайно трудоемкий процесс, в связи с чем многие авторы пытаются применить для этого электронно-вычислительную машину [2, 3, 5, 7, 8]. Однако до сих пор нет унифицированного подхода к созданию подобных систем, для многих параметров функции внешнего дыхания (ФВД) нет методов определения должных величин. Попытке частично решить эти вопросы посвящена данная работа.

Для получения первичной информации о функции внешнего дыхания больных использовали двухколольный спирограф «Пульмотест» и легочный компьютер «Вертекс-6000» фирмы «Годарт», капнограф «Гум-2» и мембранный манометр для определения артериального давления по Короткову.

Легочный компьютер—прибор многоцелевого назначения, одна из систем которого представляет собой комбинацию пневмотахографа, интрографа и аналого-цифрового преобразователя и позволяет определять величину анатомического мертвого пространства (АМП), функциональной остаточной емкости (ФОЕ) и количество чистого O_2 , потраченного на «вымывание» азота из легких (V_2). Во время спирометрических исследований использовали велоэргометр «Элема». Окончательную обработку результатов исследований проводили на ЭВМ «Гамма-115» фирмы «Хоньюелл Бюлл».

Полученные при исследовании ФВД кривые измерялись линейкой вручную и все результаты фиксировались на специальном бланке, куда, кроме результатов исследований, заносились данные об атмосферном давлении и температуре воздуха в момент исследования, пол, рост, вес и возраст больного, а также дата исследования. Затем, используя этот бланк, на специальном перфораторе изготавливали 6 перфокарт, информация с которых в последующем вносилась в ЭВМ. Все эти манипуляции требовали не более 8—10 мин. Затем в течение 40 сек. ЭВМ проводила всю математическую обработку полученного материала и выпечатывала готовые результаты в виде таблиц со значениями исследуемых параметров, их должных величин и процента отклонения от должных. Одновременно автоматически происходила запись готовых результатов на магнитный диск для архива, что позволяло, в свою очередь, полностью автоматизировать статистическую обработку полученного материала по любой классификации. Результаты спирометрических исследований выпечатывались в виде графиков с таблицами значений процентов отклонения измеренных параметров от должных величин для покоя.

Для расчетов параметров ФВД и их должных величин использовались следующие формулы и нормативы:

1. Уровень газообмена.

а) Минутное потребление кислорода (PO_2).

$$PO_2 = A \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где A — PO_2 на спирограмме в миллиметрах;

K_1 —коэффициент перевода мм в см³;

K_2 —коэффициент приведения к нормальным условиям (СТПД).

$$\text{Должное } PO_2 = \frac{ДОО}{7,07},$$

где ДОО—должный основной обмен в кал.

б) Минутное выделение углекислого газа (BCO_2).

$$BCO_2 = \frac{\% CO_2 \cdot AB}{100},$$

где $\% CO_2$ —концентрация CO_2 в % в альвеолярном воздухе;

AB —минутная альвеолярная вентиляция.

в) Дыхательный коэффициент (ДК).

$$ДК = \frac{BCO_2}{PO_2}, \quad \text{должный ДК} = 0,85.$$

2. Условная газообмена в легких.

а) Парциальное давление кислорода в альвеолярном газе (pO_2A).

$$pO_2A = \frac{\left(20,9 - \frac{PO_2}{AB} \cdot 100\% \right)}{100\%} \cdot АД,$$

где АД—атмосферное давление в мм рт. ст.

Должное pO_2A определялось по таблицам Л. Г. Хасиса [6].

б) Парциальное давление CO_2 в альвеолярном газе (pCO_2A).

$$pCO_2A = \frac{\% CO_2 \cdot АД}{100\%},$$

где $\% CO_2$ —концентрация CO_2 в альвеолярном газе, определяемая по спирограмме.

Должную величину pCO_2A определяли также по таблицам Л. Г. Хасиса [6].

в) Эффективность вентиляции альвеол (ЭВА) показывает, какая часть альвеолярного воздуха обновляется за время одного дыхательного цикла.

$$ЭВА = \frac{ДО - АМП}{ФОЕ} \cdot 100\%,$$

где ДО—дыхательный объем, определяемый по спирограмме.

г) Удельная диффузия O_2 и CO_2 показывает, какое количество O_2 и CO_2 (в см³) диффундирует через 1 см³ ФОЕ за минуту.

$$\text{Уд. дифф. } O_2 = \frac{PO_2}{ФОЕ}, \quad \text{Уд. дифф. } CO_2 = \frac{BCO_2}{ФОЕ},$$

$$\text{Должная Уд. дифф. } O_2 = \frac{ДПО_2}{ДФОЕ}, \quad \text{должная Уд. дифф. } CO_2 = \frac{ДBCO_2}{ДФОЕ}.$$

д) Неравномерность легочной вентиляции (НЛВ) оценивалась при помощи индекса очищения легких, предложенного Беклейком в 1952 г.

$$НЛВ = \frac{УO_2}{ФОЕ},$$

где $УO_2$ определялось на легочном компьютере.

3. Вентиляция.

а) Минутный объем дыхания (МОД).

$$МОД = (A_1 + A_2 + \dots + A_n) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где A — амплитуды дыхания на спирограмме за 1 минуту (в мм).

K_1 — коэффициент перевода мм в см³.

K_3 — коэффициент приведения к нормальным условиям (БТПС).

$$\text{Должный МОД} = \frac{\text{ДПО}_2}{40}.$$

б) Частота дыхания за минуту (ЧД).

$$\text{ЧД} = N,$$

где N — число дыхательных циклов на спирограмме за 1 минуту.

$$\text{Должная ЧД} = \frac{\text{ДМОД}}{\text{ДДО}},$$

где ДДО — должный ДО, определяемый по таблицам [6].

в) Дыхательный коэффициент вентиляции (ДКВ).

$$\text{ДКВ} = \frac{T_1}{T_2},$$

где T_1 — время спокойного выдоха;

T_2 — время спокойного вдоха.

г) Дыхательный объем (ДО).

$$\text{ДО} = \frac{\text{МОД}}{\text{ЧД}},$$

Должный ДО определялся по таблицам [6].

д) Минутная альвеолярная вентиляция (АВ).

$$\text{АВ} = (\text{ДО} - \text{АМП}) \cdot \text{ЧД},$$

$$\text{Должная АВ определялась по формуле: } \text{ДАВ} = \frac{\text{ДПО}_2 \cdot 100\%}{20,9 - \text{Д}\% \text{O}_2 \text{A}}.$$

где $\text{Д}\% \text{O}_2 \text{A}$ — должная концентрация O_2 в альвеолярном газе, определяемая по таблицам [6].

4. Эффективность легочного газообмена:

а) Коэффициент использования кислорода (КИО₂).

$$\text{КИО}_2 = \frac{\text{ПО}_2}{\text{МОД}}, \quad \text{должный КИО}_2 = \frac{\text{ДПО}_2}{\text{ДМОД}}.$$

б) Альвеолярный коэффициент использования кислорода (КИО₂А).

$$\text{КИО}_2 \text{А} = \frac{\text{ПО}_2}{\text{АВ}}, \quad \text{должный КИО}_2 \text{А} = \frac{\text{ДПО}_2}{\text{ДАВ}}.$$

в) Альвеолярный коэффициент выделения CO_2 (КВСО₂А).

$$\text{КВСО}_2 \text{А} = \frac{\text{ВСО}_2}{\text{АВ}}, \quad \text{должный КВСО}_2 \text{А} = \frac{\text{ДВСО}_2}{\text{ДАВ}}.$$

5. Резервы легочной вентиляции.

а) Максимальная легочная вентиляция (МЛВ).

$$\text{МЛВ} = (A_1 + A_2 + \dots + A_n) \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot 4.$$

где A — амплитуды МЛВ на спирограмме за 15 сек. исследования в мм;

K_1 — коэффициент перевода мм в см³;

K_3 — коэффициент БТПС.

б) Резерв легочной вентиляции (РЛВ) в л/мин. и в размах (РЛВ").

$$\begin{aligned} \text{РЛВ} &= \text{МЛВ} - \text{МОД}, \\ \text{РЛВ}'' &= \text{МЛВ} : \text{МОД}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{должный РЛВ} &= \text{ДМЛВ} - \text{ДМОД}, \\ \text{должный РЛВ}'' &= \text{ДМЛВ} : \text{ДМОД}. \end{aligned}$$

6. Легочные объемы.

- а) Общая емкость легких (ОЕЛ).

$$\text{ОЕЛ} = \text{ФОЕ} + \text{ДО} + \text{Рез. вд.}$$

где Рез. вд.—резервный объем вдоха, определяемый по спирограмме.

$$\text{должная ОЕЛ} = \text{ДЖЕЛ} : 0,8 \text{ для лиц моложе 34 лет;}$$

$$\text{должная ОЕЛ} = \text{ДЖЕЛ} : 0,75 \text{ для лиц моложе 49 лет;}$$

$$\text{должная ОЕЛ} = \text{ДЖЕЛ} : 0,65 \text{ для лиц старше 49 лет.}$$

- б) Функциональная остаточная емкость (ФОЕ) определялась на легочном компьютере.

$$\text{должная ФОЕ} = \text{ДООЛ} + \text{ДРез. выд.},$$

где ДООЛ—должный остаточный объем легких (см. ниже);

ДРез. выд.—должный резерв выдоха (см. ниже).

- в) Остаточный объем легких (ООЛ).

$$\text{ООЛ} = \text{ФОЕ} - \text{Рез. выд.},$$

где Рез. выд.—резервный объем выдоха, определяемый по спирограмме.

Должный ООЛ определялся по таблицам [6].

- г) Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) определялась по спирограмме

$$\text{должная ЖЕЛ} = \text{ДОО} \cdot 2,3 \text{ для женщин;}$$

$$\text{должная ЖЕЛ} = \text{ДОО} \cdot 2,6 \text{ для мужчин.}$$

- д) Резервный объем вдоха (Рез. вд.).

$$\text{Рез. вд.} = \text{ЖЕЛ} - \text{ДО} - \text{Рез. выд.}$$

$$\text{должный Рез. вд.} = \text{ДЖЕЛ} \cdot 0,46.$$

где Рез. выд.—см. ниже.

- е) Резервный объем выдоха (Рез. выд.) определялся по спирограмме.

$$\text{должный Рез. выд.} = \text{ДЖЕЛ} \cdot 0,42$$

где ДЖЕЛ—должная ЖЕЛ.

- ж) Анатомическое мертвое пространство (АМП). Определялось на легочном компьютере.

$$\text{должное АМП} = (\text{ДМОД} - \text{ДАВ}) : \text{ДЧД}.$$

где ДМОД—должный МОД;

$$\text{ДАВ} - \text{должная АВ};$$

$$\text{ДЧД} - \text{должная ЧД}.$$

- з) Уровень дыхания (Ур. дых.).

$$\text{Ур. дых.} = \text{Рез. выд.} : \text{Рез. вд.}$$

$$\text{должный Ур. дых.} = 0,8.$$

7. Сопротивление форсированному дыханию.

- а) Объем воздуха, выдохнутого за первую секунду форсированного выдоха (ФОВыд.—1), или проба Тиффно. Определялся на спирограмме.

$$\text{проба Тиффно} = (\text{ФОВыд.} - 1) : \text{ЖЕЛ}.$$

$$\text{должный ФОВыд.} - 1 = \text{ДЖЕЛ} \cdot 0,7,$$

где ДЖЕЛ—должная ЖЕЛ.

- б) Объем воздуха, вдохнутого за первую секунду форсированного вдоха (ФОВД.—1). Определялся по спирограмме.

должный (ФОВд.—1) = ДЖЕЛ.

в) Средняя объемная скорость форсированного выдоха (Об. ск. выд.).

Об. ск. выд. = ФОВыд.:Т выд.

где ФОВыд.—полный объем форсированного выдоха, определяемый на спирограмме;

Т выд.—полное время форсированного выдоха.

Должная величина не определялась.

г) Средняя объемная скорость форсированного вдоха (Об. ск. вд.).

Об. ск. вд. = ФОВд.:Т вд.

где ФОВд.—полный объем форсированного вдоха;

Т вд.—полное время форсированного вдоха.

Должная величина не определялась.

д) Пневмотахометрия форсированного выдоха (ПТМ выд.). Определялась на самом крутом участке кривой форсированного выдоха.

Должная ПТМ выд. = ДЖЕЛ.1,32.

е) Пневмотахометрия форсированного вдоха (ПТМ вд.). Определялась на самом крутом участке кривой форсированного вдоха. Должная величина не определялась.

ж) Форсированный дыхательный коэффициент вентиляции (ФДКВ).

ФДКВ = Т выд.:Т вд.

Должная величина не определялась.

з) Коэффициент бронхиальной проходимости (КБП).

КБП = МЛВ:ЖЕЛ.

должный КБП = ДМЛВ:ДЖЕЛ.

Во время пробы с дозированной физической нагрузкой, дополнительно к этим параметрам определяли процент насыщения гемоглобина кислородом (оксигеографом. 036), частоту пульса, артериальное давление и кислородный пульс (КП).

КП = PO_2 :ЧП.

где ЧП—частота пульса.

Таким образом, применение ЭВМ для математической обработки результатов исследований ФВД в покое и при физической нагрузке позволило значительно сократить время и трудоемкость вычислений, автоматизировать архивную обработку полученного материала. Разработанная система «Кабинет для исследования ФВД—ЭВМ» внедрена в практику отделения клинической физиологии ВНИИКиЭХ МЗ СССР с мая 1974 г.

ВНИИКиЭХ МЗ СССР, г. Москва

Поступило 10/IX.1975 г.

Լ. Գ. ՄԱՐԵԵՎԱ, Մ. Ա. ԳԱՅԴԵՍ, Ա. Մ. ՊԵՆՏ, Ռ. Ա. ԿՈՏՈՒԿՈՎ.

ԼԷԼԵՏՐՈՆԱՅԻՆ ՀԱՇՎԻԶ ՄԵՔԵՆԱՅԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ԱՐՏԱՔԻՆ.

ՇՆԶԱՌԱԿԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻՆԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ
ՄՇԱԿՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Ա մ փ ն փ ն ի մ

Ստեղծված է սխեմատիկ սենյակ «արտաքին շնչառական ֆունկցիայի հետազոտման համար», որը կրճատում է արտաքին շնչառական ֆունկցիայի մաթեմատիկական հաշվարկի ժամանակը: 2,5—3 ժամից մինչև 8—10 րոպե և զգալիորեն հեշտացնում է աշխատանքը:

L. G. MALYSHEVA, M. A. GAIDES, A. M. PELTS, R. A. KOTOUKOV

THE USE OF ELECTRONIC COMPUTERS FOR THE TREATMENT
OF FINDINGS FROM THE EXAMINATION OF EXTERNAL
RESPIRATION

S u m m a r y

The cabinet for examination of external respiratory function by electronic computers made easier and saved much time for mathematical handling of each examination of external respiration from 2,5—3 hours to 8—10 minutes.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бадалян Г. О. Тер. архив, 1961, 6, 18—23.
2. Бокша В. Г., Брудная Э. Н., Шульга В. А., Афонская И. Л. Тер. архив, 1974, 46, 3, 64—67.
3. Лопашин В. А., Перельман Я. Н., Кошелева Н. Г. В кн.: Пробл. созд. апп. для мед.-лаб. исследований. Л., 1974, 3, 65—68.
4. Навротил М., Кадлец К., Даум С. Патофизиология дыхания. Пер. с чешск. Медицина, М., 1967.
5. Тверской А. Л., Фогельман П. Б. Эксп. хир. и анест., 1972, 3, 65—68.
6. Хасис Л. Г. Нормативы показателей функции внешнего дыхания. Кемерово, 1970.
7. Arvedson O., Linderholt H. Scand. Clin. lab. invest., 1965, 17, 86, 125.
8. Horgan J. D., Lange D. L. JRE Transactions, 1962, October, BME—9, 4, 221—228.