

MICRO-COMPUTER PROGRAM FOR STATISTICAL PROCESSING
OF DATA FROM EXAMINATION OF TWINS

G. B. Kurashvili, B. I. Kogan

A program of statistical processing of data obtained while examining twins is described. Transformed algorithms, directions for programme use and a control model are presented.

N. I. Pirogov Medical Institute,
Ministry of Public Health of the Ukrainian SSR, Vinnitsa

1. Березовский В. А. Близнецы: два уравнения с одним неизвестным.— Киев: Б. и., 1985.— 48 с.
2. Дьяконов В. П. Справочник по расчетам на микрокалькуляторах.— 2-е изд. перераб.— М.: Наука, 1986.— 224 с.
3. Касенов К. У., Байнашева Т. И. Реактивность организма у моно- и дизиготных близнецов.— М.: Медицина, 1981.— 88 с.
4. Кузнецов С. Л., Панасюк Е. Н., Косый Е. Р., Шумский Г. А. Статистическая обработка данных с помощью микрокалькулятора «Электроника БЗ-34».— Москва; Львов.— 1985.— 29 с.
5. Костюченко В. А., Литвяков А. М., Козловский И. В. Использование программируемых микрокалькуляторов для статистической обработки результатов исследований // Лаб. дело.— 1987.— № 4.— С. 310—313.
6. Лильин Е. Т., Богомазов Е. А., Гофман-Кадошников П. Б. Медицинская генетика для врачей.— М.: Медицина, 1983.— 144 с.
7. Методы моделирования и разработки нормативов постнатального сомато-психического развития / Под ред. Г. К. Ушакова.— М., 1976.— 215 с.
8. Никитюк Б. А. Факторы роста и морфофункционального созревания организма.— М.: Наука, 1978.— 144 с.
9. Особенности развития близнецов / Под ред. Г. К. Ушакова.— М.: Медицина, 1977.— 192 с.
10. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика.— 3-е изд. перераб.— Минск: Вышэйш. школа, 1973.— 320 с.
11. Трохименко Я. К. Программирование микрокалькуляторов «Электроника МК-52» и «Электроника МК-61».— Киев: Техника, 1987.— 208 с.
12. Фишер Р. А. Статистические методы для исследователей: Пер. с англ. В. Н. Перегудова.— М.: Госстатиздат, 1958.— 268 с.
13. Цветков А. Н., Епанечников В. А. Прикладные программы для микро-ЭВМ «Электроника БЗ-34», «Электроника МК-56», «Электроника МК-54».— М.: Финансы и статистика, 1984.— 112 с.
14. Шварц В. Б., Хрущев С. В. Медико-биологические аспекты спортивной ориентации и отбора.— М.: Физкультура и спорт, 1984.— 151 с.
15. Despres J. P., Bouchard C. Monozygotic twin resemblance in fatness and fat cell lipolysis // Acta genet. med. et gemellol.— 1984.— 33, N 3.— P. 475—480.
16. Dupale E., Defrise-Gussenhoven E., Susanne C. Genetic and environmental influences on body measurements of Belgian twins // Acta genet. med. et gemellol.: Twin Res.— 1982.— N 3/4.— P. 139—144.

Винниц. мед. ин-т им. Н. И. Пирогова
М-ва здравоохранения УССР

Поступила 25.05.87

УДК 612.15

**Клиренсный метод измерения тканевого кровотока
с электрохимической генерацией водорода**

В. П. Агафонов

Перспективным методом исследования кровотока в органах и тканях человека и животных в различных условиях пребывания является метод клиренса водорода с электрохимической генерацией последнего непосредственно в интересующей зоне изучаемого объекта. При этом изменения концентрации водорода в области исследования регистрируются полярографическим датчиком [3, 6]. По поводу этой методики в литературе уже имеются сообщения [2, 4, 5 и др.], однако возникает ряд методических трудностей при ее практическом осуществлении и нет

полной ясности в интерпретации получаемых экспериментальных зависимостей.

В настоящем сообщении приводятся результаты разработки практических подходов к применению клиренсного метода с электрохимической генерацией водорода и анализ полученных экспериментальных данных.

Для генерации водорода и регистрации его концентрации в тканях использовали две независимые электрические цепи (рис. 1) — генерирующую (а) и регистрирующую (б). Для исследования градиента ско-

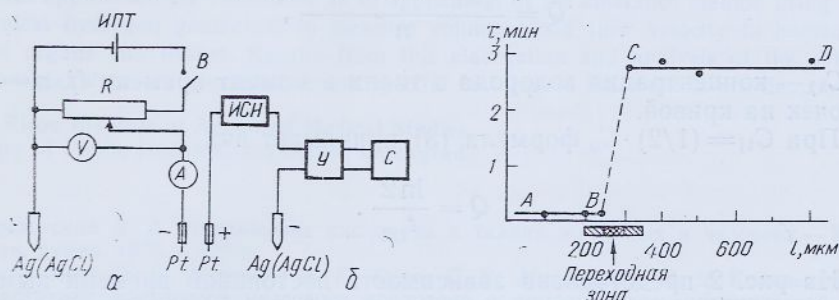


Рис. 1. Общая схема установки.

ИСН — источник стабилизированного напряжения, У — усилитель, С — самописец; Pt — платиновый электрод, Ag(AgCl) — хлорсеребряный электрод, R — переменное сопротивление, V — вольтметр, A — амперметр, ИПТ — источник постоянного тока, B — выключатель. Остальные обозначения в тексте.

Рис. 2. Характер зависимости постоянной времени (τ) вымывания водорода от расстояния (l) между генерирующим и регистрирующим платиновым электродами (живая мышечная ткань). Размер ординаты плато CD зависит от объемной скорости в объекте исследования.

рости объемного кровотока и ее гетерогенности может быть несколько регистрирующих электрических цепей. Каждая из них содержит активный и индифферентный электроды. В качестве индифферентных использовали стандартные хлорсеребряные электроды ЭВЛ-1МЗ. Активные электроды изготавливались из платиновой (99,99 %) проволоки диаметром 100 мкм точно так же, как для полярографического определения кислорода [1]. Регистрацию тока осуществляли полярографами LP-7, ОН-105 и усилителями ИМТ-05 с самописцами TZ213S и КСП-4.

Влияние расстояния между генерирующим и регистрирующим электродами на постоянную времени вымывания водорода изучали на степе в физиологическом растворе, растворе желатина и мозговой и мышечной тканях крысы, находившейся под нембуталовым (50 мг/кг) наркозом. На последней исследовали также локальный кровоток. При этом время электрохимического насыщения водородом составляло для мозговой ткани (20±10) с, для мышечной — (30±10) с. Потенциал генерации и рабочее напряжение на платиновых электродах определяли по зависимости силы тока от напряжения [3, 6] и они составляли 1 В и 250—300 мВ соответственно, сила тока генерации — 1 мкА. При исследовании локального кровотока после записи кривых с электрохимической генерацией водорода той же самой регистрирующей системой, не изменяя условий и объекта исследований, в качестве контроля регистрировали кривые вымывания водорода после кратковременной ингаляции последнего [6].

Проанализировать экспериментальные клиренсные кривые можно исходя из закона сохранения массы, из которого выводится следующее уравнение:

$$\frac{dC}{dt} = -Q \cdot C, \quad (1)$$

откуда

$$C_t = C_0 \cdot e^{-Q \cdot t}, \quad (2)$$

где C_0 — начальное значение концентрации водорода в ткани, Q — объ-

емная скорость кровотока, t — время, C_t — концентрация водорода в ткани в момент времени t .

Нередко экспериментальные кривые вымывания водорода не являются строго экспоненциальными зависимостями. В связи с этим точность определения кровотока может быть сохранена при определении его по нескольким точкам кривой с последующим усреднением по формуле

$$Q = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{\ln(C_0/C_{tj})}{t_j}}{n}, \quad (3)$$

где C_{tj} — концентрация водорода в ткани в момент времени tj , n — число точек на кривой.

При $C_{tj} = (1/2) \cdot C_0$ формула (3) принимает вид

$$Q = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}. \quad (4)$$

На рис. 2 представлена зависимость постоянной времени вымывания водорода от расстояния между генерирующим и регистрирующим платиновыми электродами. Как видно из рисунка, до расстояния между электродами 250—300 мкм скорость спада кривой достаточно велика. Только при превышении этого значения она выходит на некоторое плато. Участок АВ соответствует расстоянию между электродами, при котором постоянная времени определяется преимущественно электрохимической генерацией водорода. Участок СД соответствует достоверно малому влиянию последней на постоянную времени кривой. Участок ВС является переходной зоной.

Следовательно, кривая вымывания водорода реально отражает объемную скорость кровотока при расстояниях между генерирующим и регистрирующим электродами, соответствующих плато СД (см. рис. 2). Исходя из этого, было выбрано расстояние между электродами, соответствующее $(1,2 \pm 0,3)$ мм. В таблице приведены результаты обработки экспериментов, проведенных на мозговой и мышечной тканях крысы, с использованием двух методических подходов: клиренсной методики с электрохимической генерацией водорода и с его ингаляцией. Как видно из таблицы, между результатами наблюдается полная корреляция ($K_{\text{корр.}} > 0,95$).

Полученные результаты показывают, что метод определения объемного кровотока с электрохимической генерацией водорода имеет некоторые особенности. С целью повышения локальности

Результаты сравнения двух методических подходов к изучению объемного кровотока (мл/мин·100 г) в мозговой и мышечной тканях

Методический подход	Ткань	
	мозговая	мышечная
Генерация водорода	52 ± 5	27 ± 3
Ингаляция водорода	50 ± 4	25 ± 3

Примечание. Число опытов во всех вариантах составляет 10.

его определения электроды следует располагать как можно ближе. Однако имеется некоторое минимальное расстояние, снижение которого приводит к искажению результатов. Для электродов диаметром 100 мкм это минимальное расстояние, как показали наши исследования, составляет 250—300 мкм. Для электродов другого диаметра оно, возможно, будет другим, но характер зависимости, показанный на рис. 2, сохранится. Максимальное расстояние между электродами, как видно из рис. 2, принципиально не ограничивается. Выбор его будет определяться объектом, целью исследования и техническим оснащением.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что клиренсный метод с электрохимической генерацией водорода достаточно ин-

формативный и достоверный. Несомненными его преимуществами являются широта применения в плане условий и объектов исследования, а также простота обработки получаемых экспериментальных данных.

THE CLEARANCE METHOD OF BLOOD FLOW MEASUREMENT USING ELECTROCHEMICAL HYDROGEN GENERATION

W. P. Agaionov

Practical approaches are elaborated as to application of the clearance method using electrochemical hydrogen generation to measure volume blood flow velocity in human and animal organs and tissues. Results from this elaboration and analysis of the obtained experimental data are presented. Some specific features of the method are described.

S. M. Kirov Institute of Advanced Medical Studies,
Ministry of Public Health of the USSR, Leningrad

1. Березовский В. А. Напряжение кислорода в тканях животных и человека.— Киев : Наук. думка, 1975.— 279 с.
2. Москаленко Ю. Е., Демченко И. Т., Буров С. В., Митрофанов В. Д. Количественная регистрация локального мозгового кровотока с помощью электрохимической генерации водорода // Физиол. журн. СССР.— 1974.— 60, № 4.— С. 651—653.
3. Фрумкин А. Н., Багоцкий В. С., Иофа З. А., Кабанов Б. Н. Кинетика электродных процессов.— М.: Изд-во Моск. ун-та, 1952.— 319 с.
4. Koshu K., Kamiyama K., Oka N. *et al.* Measurement of regional blood flow using hydrogen gas generated by electrolysis // Stroke.— 1982.— 13, N 4.— P. 483—487.
5. Stossek K., Lübbers D., Cottin N. Determination of local blood flow (Microflow) by electrochemically generated hydrogen. Construction and application of the measuring probe // Pflügers Arch.— 1974.— 348, N 3.— P. 225—238.
6. Young W. H₂ Clearance measurement of blood flow: a review of technique and polarographic principles // Stroke.— 1980.— 11, N 5.— P. 552—564.

Ленингр. ин-т усоверш. врачей им. С. М. Кирова
М-ва здравоохранения СССР

Поступила 08.02.88