

Про методику вивчення деяких гемодинамічних показників в експериментальних дослідженнях

М. М. Повжитков

Лабораторія фізіології кровообігу Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця Академії наук УРСР, Київ

Питання про можливість досить повної характеристики стану гемодинаміки при різних патологічних станах давно вже привертає увагу дослідників. Посилений інтерес до цієї проблеми приводить до виникнення та апробації ряду нових методик. З усіх відомих тепер методів оцінки стану гемодинаміки велике значення має метод визначення феномена циркуляції або хвилинного об'єму серця (ХвО).

Експериментальне вивчення цього феномена має великий теоретичний і практичний інтерес при різних моделях серцево-судинної патології. В останні роки зусилля дослідників спрямовані на відшукування барвника, що задовольняє вимогам, необхідним для визначення ХвО і ряду інших гемодинамічних показників.

Голуба фарба Еванса (Т 1824) є ізомером трипанової сині, молекулярна вага якої — 960,84 — майже повністю (на 99,7—100%) зв'язується білками плазми при 0,4—160 мг на 1 г білка. Одна молекула альбуміну зв'язує вісім молекул Т 1824. Зв'язана фарба не видаляється при діалізі, комплекси альбумін — фарба повільно дисоціюють і видалення Т 1824 з крові відбувається з приблизно такою самою швидкістю, як видалення альбуміну (Сріфут, 1960; Сман з співавторами, 1960).

Ми вивчали зміни гемодинаміки при експериментальному інфаркті міокарда у собак і кішок методом розведення Т 1824 за принципом Гамільтона з співавторами (1932). В літературі ми не знайшли детального опису цього методу для експериментальних досліджень.

Ми приготували 1%-ний і 0,1%-ний розчин голубої фарби Еванса на фізіологічному розчині. Одержаний розчин вміщували в ампули і стерилізували. Брали гепаринізовану кров тварини, центрифугували її, плазму відсмоктували. Робили розведення фарби в плазмі для одержання концентрацій від 1 до 10 мг на 1 л плазми. Відповідні розведення колориметрували у фотоелектроколориметрі проти чистої плазми при червоному фільтрі (довжина хвилі близько 600 мкм) в 5 мм кюветах. Відбивши відповідні концентрації фарби і показання фотоелектроколориметра на графіку, як це показано на рис. 1, будували калібрувальну криву для тварини даного виду по десяти точках. Калібрувальна крива має проходити через усі точки. Перед кожним визначенням у тварини брали 5—6 мл крові, в одержану потім центрифугуванням плазму додавали стандартну кількість фарби і дану пробу порівнювали колориметруванням з відповідною концентрацією на калібрувальній кривій. Хоч Гамільтон та ін. (1948) вважають можливим будувати калібрувальну криву по одній точці, ми для більшої точності порівнювали таку криву з побудованою по десяти точках.

Під морфійно-хлоралозним наркозом (1%-ний морфій — 0,25 мл на 1 кг ваги тварини підшкірно, 70—80 мг хлоралози на 1 кг ваги тварини внутрішньо) у собак відпрепаровували стегнову артерію і вену. У вену вводили поліетиленовий катетер дов-

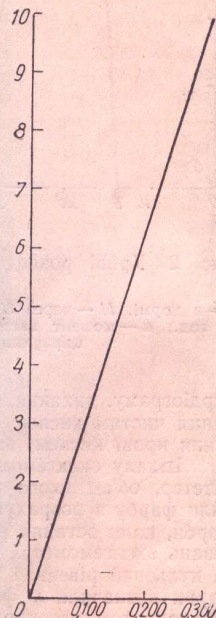


Рис. 1. Калібрувальна крива, побудована відповідно до розведень голубої фарби Еванса в плазмі собаки (кювети — 5 мм).

По вертикалі — мг/л, по горизонталі — одиниці фотоелектроколориметра.

жиною 8—10 см; в центральний і периферичний відрізки артерії після попереднього введення тварині гепарину (250 од. на 1 кг ваги) вводили плоску проточну кювету з камерою в 1 мм заввишки. На кювету надягали датчик оксигеметра (0—38 або 0—57), сигнал якого, посилений підсилювачем постійного струму, передавали на реєструючий пристрій, який являє собою електромагнітний прилад з чорнильним записом. Запис провадили при русі паперу з швидкістю 3,5 мм на секунду.

Застосований нами метод, таким чином, є методом абсолютної оксигеметрії. Паралельно з реєстрацією кривої розведення Т 1824 на поліграфічний установці реєстрували електрокардіограму, балістокардіограму, середній артеріальний тиск, фоно-

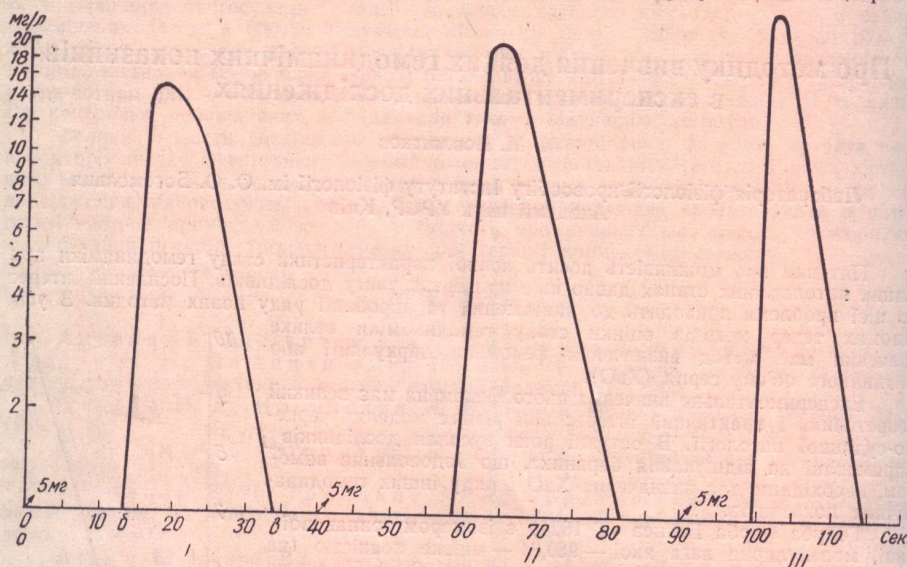


Рис. 2. Криві розведення фарби Еванса у собаки Тобіка при експериментальному інфаркті міокарда.

I — в нормі, II — через 30 хв. після закупорки нижньої гілки лівої вінцевої артерії, III — через 24 год.; а — момент введення фарби, б — початок першої циркуляції фарби, в — кінець першої циркуляції фарби. Стрілками показана кількість введеної фарби.

кардіограму, дихання, сфінгограму. Перед введенням фарби тварину переводили на дихання чистим киснем протягом 5—10 хв. для виключення спонтанних коливань насичення крові киснем, які залежать від дихання та інших причин.

Шкалу оксигеметра встановлювали на 100%-не насичення крові киснем. Через катетер, об'єм якого точно відомий, туберкуліновим шприцом якомога швидше вводили фарбу з розрахунку 0,5 мг на 1 кг ваги тварини. Через 5—10 хв. після введення фарби, коли остання рівномірно перемішувалася з кров'ю, реєстрували відхилення показань оксигеметра від рівня 100%-ного насичення крові киснем, умовно прийнятим за нульовий рівень, і так визначали рівень концентрації фарби в крові. Концентрацію фарби визначали у фотоелектроколориметрі за плазмою, а потім перераховували за гематокритом для крові. Наприклад, якщо концентрація фарби становила 4 мг на 1 л крові, а графічне відхилення показань оксигеметра — 10 мм, то кожний міліметр відхилення одержаного запису від нульової лінії при умові лінійності реєстрованих показників становив 0,4 мг/л. По кривій розведення при використанні цих даних визначали концентрацію фарби в мг/л щосекунди, починаючи з моменту появи фарби до виникнення ознак рециркуляції (рис. 2).

Одержані дані переносять на напівлогарифмічний папір, де на осі ординат відкладають дані про концентрацію фарби в міліграмах на літр крові, а на осі абсцис — час у секундах, і низхідне «коліно» кривої розведення екстраполюють до лінії часу. Час з моменту появи фарби до точки перетину екстрапольованого до лінії часу низхідного «коліна» кривої розведення становить тривалість кругообороту крові (рис. 2, відрізок б—в).

Застосовуючи формулу Гамільтона, HVO

$$HVO = \frac{I \cdot 60}{C \cdot t},$$

де HVO — хвилинний об'єм в літрах, I — кількість введеної фарби, C — середня кон-

центрація фарби під час її пер обороту крові, визначають хви би щосекунди, як це робилося гляду:

$$HVO = \frac{I \cdot 60}{S}, \text{ де } S — \text{сум}$$

Зазначену суму визначають ш кривій розведення, включаючи начають швидкість кровообігу її появи (рис. 2, відрізок а—б тварини (для собак формулою (C1). Загальний периферичний

дин. сек. $см^{-5}$, де P — середній

Як приклад наводимо обч біка в нормі (рис. 2, крива роз фарби в крові — 4,5 мг/л; сума = 1,84 л; маса циркулюючої кро тиск (АТ) = 100 мм рт. ст.; ЗПГ лість кругообороту крові — 21 с хвилину, ударний об'єм (УО) —

Гемодинамічні показники у

Показники	Вихідні дані	Ч. п. АБ
ХВО в літрах*	1,84	
Д в мл/сек*	30,6	
СІ	2,4	
МЦК в літрах*	1,1	
Час кровотоку в сек.	13	
Тривалість кругообороту крові в сек.	21	
ЗПГ в дин. сек. $см^{-5}$	4352	
Ритм — кількість ударів в 1 хв.	65	
УО в мл*	28,3	
Гематокрит в %	55	
АТ в мм рт. ст.*	100	
ПТ в $м^2$ *	0,74	

* Умовні позначення поясне

В таблиці наведені дані Тобіка (дослід № 18) при еко розведення фарби Т 1824 навед. Цінність описаної методики ряд показників, при аналізі яких динаміки.

Стручков В. Н., Ви тов В. М., Грудная хирургия, Hamilton W. F. and Sman H., Montgome 151, 3, 1960, 319.

центрація фарби під час її першої циркуляції і t — час першої циркуляції або кругообороту крові, визначають хвилинний об'єм крові. При визначенні концентрації фарби щосекунди, як це робилося в наших дослідженнях, формула набуває такого вигляду:

$$\text{ХвО} = \frac{I \cdot 60}{S}, \text{ де } S — \text{сума концентрацій фарби під час її першої циркуляції.}$$

Зазначену суму визначають шляхом обчислення щосекунди концентрацій фарби на кривій розведення, включаючи і екстрапольований відрізок. По цій самій кривій визначають швидкість кровообігу — відрізок часу з моменту введення фарби до моменту її появи (рис. 2, відрізок $a-b$). Визначивши хвилинний об'єм серця і поверхню тіла тварини (для собак формулою $\text{ПТ} = 0,112 \sqrt[3]{V(\text{вага в кг})^2}$, обчислюють серцевий індекс (CI). Загальний периферичний опір (ЗПО) визначали за формулою $\text{ЗПО} = \frac{1332 \cdot P}{D}$

дин. сек. см^{-5} , де P — середній артеріальний тиск; D — дебіт серця в мл/сек .

Як приклад наводимо обчислення ряду гемодинамічних показників у собаки Тобіка в нормі (рис. 2, крива розведення I). Введено 5 мг фарби Т 1824, концентрація фарби в крові — 4,5 мг/л; сума концентрацій під час першої циркуляції — 161,9; $\text{ХвО} = 1,84$ л; маса циркулюючої крові (МЦК) = 1,1 л; $D = 30,6$ мл/сек; середній артеріальний тиск (AT) = 100 мм рт. ст.; $\text{ЗПО} = 4352$ дин. сек. см^{-5} ; час кровотоку — 13 сек.; тривалість кругообороту крові — 21 сек.; $\text{ПТ} = 0,74$ м²; $CI = 2,4$; ритм серця — 65 ударів на хвилину, ударний об'єм ($УО$) — 28,3 мл.

Гемодинамічні показники у собаки Тобіка до і після перев'язки нижньої гілки лівої вінцевої артерії

Показники	Вихідні дані	Через 30 хв. після перев'язки вінцевої артерії		Через 24 год. після перев'язки вінцевої артерії		Через 15 днів після перев'язки вінцевої артерії	
		Абсолютні величини	Зміни в %	Абсолютні величини	Зміни в %	Абсолютні величини	Зміни в %
ХвО в літрах*	1,84	1,6	-13	1,9	+3	1,76	-4,4
D в мл/сек*	30,6	26,6	-13	32	+4	29,3	-4,3
CI	2,4	2,1	-13	2,5	+4	2,3	-4,4
МЦК в літрах*	1,1	1,1	0	1,0	-9,1	1,0	-9,1
Час кровотоку в сек.	13	14	+7,6	9	-31,5	16	+23
Тривалість кругообороту крові в сек.	21	22,5	+7,2	15	-28,6	22	+4,7
ЗПО в дин. сек. см^{-5}	4352	6259	+44,2	4371	+0,4	4546	+4,2
Ритм — кількість ударів в 1 хв.	65	67	+3	170	+161,5	62	-4,7
УО в мл*	28,3	23,8	-16	11,1	-60,8	28,3	0
Гематокрит в %	55	55	0	52	-5,6	38	-31
AT в мм рт. ст.*	100	125	+25	105	+5	100	0
ПТ в м ² *	0,74	—	—	—	—	—	—

* Умовні позначення пояснені в тексті

В таблиці наведені дані про зміни деяких гемодинамічних показників у собаки Тобіка (дослід № 18) при експериментальному інфаркті міокарда (відповідні криві розведення фарби Т 1824 наведені на рис. 2).

Цінність описаної методики полягає в тому, що вона дає можливість одержати ряд показників, при аналізі яких можна дістати досить повне уявлення про стан гемодинаміки.

ЛІТЕРАТУРА

- Стручков В. Н., Виноградов А. В., Сахаров В. А., Панкратов В. М., Грудная хирургия, 5, 46, 1960.
 Hamilton W. F. and oth., Amer. J. of Physiol., 153, 2, 309, 1948; 99, 1932.
 Sman H., Montgomery V., Jenkins D., Marchiogo T., Ann. Surg., 151, 3, 1960, 319.

Надійшла до редакції
12.IV 1962 р.