

ПРО ЗАЛЕЖНІСТЬ АМПЛІТУДИ РЕОГРАМИ ВІД СУДИННОГО ТОНУСУ

М. І. Гуревич, В. В. Братусь, О. В. Потебня

Відділ фізіології кровообігу Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ

Реографічний метод дістає все більшого поширення для кількісної оцінки центральної та периферичної гемодинаміки [2—4, 7—9]. Однак точність обліку об'ємного кровоструменя цим методом все ще визначається не досить задовільною. Цьому перешкоджають як недостатнє знання генезу та динаміки змін реографічної кривої, так і багато важко враховуваних факторів, що впливають на амплітуду реограми.

Для розуміння генезу реограми велике значення має схожість реографічної кривої з сфігмо- та механоплетизмограмою [6, 11, 13, 14]. Це дозволяє гадати, що динаміка сфігмо- та механоплетизмограми залежить як від систолічного об'єму крові, так і від початкового напруження та еластичних якостей артеріальної камери, розтягнутої певною кількістю крові. Перевірка цього припущення стала метою нашого дослідження.

Методика досліджень

Для проведення модельних дослідів була використана модифікація методу регіонарної аутоперфузії, яка дозволила змінювати об'ємну швидкість перфузії та розмір пульсових коливань незалежно один від іншого на вході. Це досягалось комбінацією ролікового перфузійного насоса, яким задавалась об'ємна швидкість крові, що надійшла до області перфузії, та вміщеного у перфузійну систему поршневого осцилятора (схему установки див. на рис. 1).

Досліди проводились на наркотизованих нембуталом (40 мг/кг) гепаринізованих кішках. Для усунення рефлекторного впливу перерізували сідничний та стегновий нерви досліджуваної задньої кінцівки. Для того щоб виключити можливість колатерального кровообігу на стегно тієї ж кінцівки накладали джгут.

Кров у перфузійний насос надходила з проксимального відрізка стегнової артерії, а звітти через капсулу осцилятора у дистальний відрізок тієї ж артерії (рис. 1). Об'єм перфузії підбирали так, щоб початковий перфузійний тиск був близьким до артеріального тиску.

У проксимальну та дистальну частини досліджуваної кінцівки підшкірно вводили голчасті реографічні електроди діаметром 2 мм, довжиною 30 мм на відстані близько 10 см один від іншого.

Реограму реєстрували реографічною приставкою марки 4-РГ-1 та чотириканальним електроенцефалографом марки 4-ЕЕГ-1. Записували також пульсові коливання перфузійного тиску, середній перфузійний тиск та середній артеріальний тиск.

В ході дослідів для змін судинного тонуусу в перфузійний кровострумінь вводили папаверин або адреналін, які викликали зниження або підвищення перфузійного тиску. В деяких дослідах зміни перфузійного тиску досягали зміною об'єму перфузії.

Результати досліджень

В дослідах, які проводились при постійних об'ємних характеристиках пульсуючого струменя крові, що надходила до кінцівки, було показано, що під впливом папаверину (0,2—0,3 мл), який вводили в перфузійний кровострумінь, виникає зниження перфузійного тиску і па-

паралельне підвищення амплітуди реограми цієї кінцівки (рис. 2, I, Б, В, рис. 3, А).

В тих же умовах підвищення перфузійного тиску, обумовлене введенням у перфузійний кровострумінь адреналіну (0,2 мл у розведенні 1 : 10000), супроводжується закономірним зниженням амплітуди реограми (рис. 2, I, Г, рис. 3, Б).

В дослідях з різною продуктивністю роликового насоса, але постійною величиною пульсових коливань об'ємної швидкості крові, що надходила до досліджуваної кінцівки, було показано, що амплітуда реограми цієї кінцівки перебуває в оберненій залежності від рівня перфузійного тиску (див. таблицю).

Обговорення результатів досліджень

Відомо, що судинне русло являє собою пружний резервуар із складними, пов'язаними одна з іншою динамічними характеристиками — мінливими ємністю, еластичністю та гідродинамічним опором.

Реограма хоч і не прямо, але адекватно відбиває динаміку пульсових коливань кровонаповнення, які, можливо, залежать не тільки від об'єму крові, що надходить у кожну систолу, але й від мінливих характеристик пружного резервуара — судинного русла.

В проведених дослідях в артеріальне русло перфузованої кінцівки кішки по жорстким трубкам надходив пульсуючий струмінь крові з постійними об'ємною швидкістю, об'ємом та частотою пульсацій. В цих умовах зміни амплітуди реограми мали виникати тільки залежно від змін стану стінок судин перфузованої області: при зниженні перфузійного тиску під впливом папаверину виникало підвищення амплітуди реограми. Механізм цієї зміни уявляється таким — під впливом папаверину виникає розслаблення гладких м'язів судин, внаслідок чого знижується периферичний судинний опір, що веде до зниження перфузійного тиску. Зниження перфузійного тиску та розслаблення судинних стінок веде до зменшення їх напруження — тепер більша частина систолічного об'єму йде на пульсовий приріст об'єму артеріальної камери.

Протилежні відношення відбуваються під впливом адреналіну: підвищення тону м'язів судин, яке веде до зростання периферичного опору, супроводжується зниженням амплітуди реограми.

В дослідях, при яких змінювався об'єм перфузії кінцівки (при цьому частота та об'єм пульсацій перфузійної крові залишались постійними), виникали зміни амплітуди реограми в оберненій залежності від рівня перфузійного тиску, обумовлені, головним чином, зміною напруження стінок судин.

Викладені результати свідчать про залежність амплітуди реограми від тиску крові. На цю залежність тривалий час не звертали уваги при

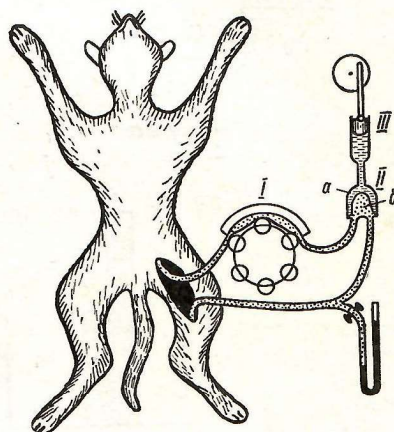


Рис. 1. Схема методу перфузії.

I — роликовий перфузійний насос, II — осцилятор пульсових коливань об'ємного кровоструменя (a — корпус, б — еластична капсула осцилятора), III — насос, що змінює об'єм капсули осцилятора.

розрахунках об'ємного кровоструменя реографічним методом в клініці. В деяких недавніх експериментально-теоретичних працях [1, 5] у формулу для розрахунку систолічного об'єму крові реографічним методом введений середній артеріальний тиск:

$$VO = \frac{\rho^2 l^2}{\eta LR^3} P \cdot \frac{S_r}{4},$$

де ρ — питомий опір ділянки тканини між реографічними електродами, l — довжина ділянки, R — його опір (в омах), L — довжина судинного русла між електродами, P — середній артеріальний тиск, S_r — площа, обмежена реографічною кривою, η — коефіцієнт в'язкості крові.

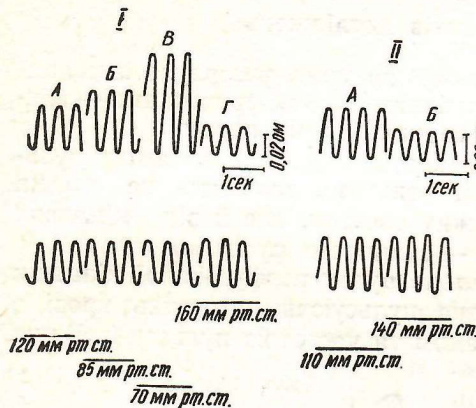


Рис. 2. Залежність амплітуди реограми кінцівки, що перфузується, від перфузійного тиску.

Зверху вниз: реограма кінцівки, пульсові коливання перфузійного тиску, перфузійний тиск. Нижня лінія — нульовий тиск. Об'ємна швидкість перфузії 10 мл/хв, об'єм пульсацій 0,02 мл/цикл при 150 циклах за хв. I, A та II, A — записи початкових станів перфузії: I, B та II, B — розвиток ефекту 0,2 мл папаверину. II — ефект 0,2 мл адреналіну в розведенні 1 : 10 000. II, B — ефект збільшення об'ємної швидкості перфузії з 10 мл/хв до 20 мл/хв при постійному об'ємі пульсацій 150 циклів за хв.

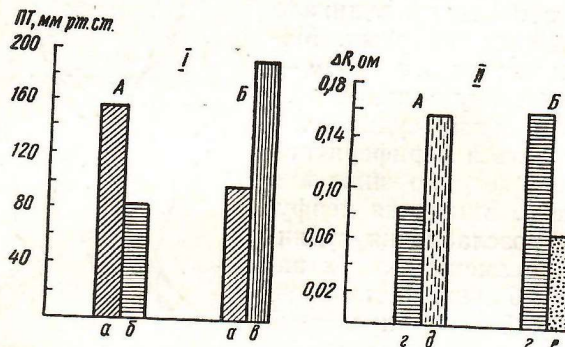


Рис. 3. Середній ефект папаверину (А) та адреналіну (Б) на перфузійний тиск (I) та амплітуду реограми (II) кінцівки, що перфузується постійним об'ємом крові при постійному розмірі пульсових коливань швидкості перфузії.

а — початковий рівень перфузійного тиску, б — ефект папаверину на перфузійний тиск, в — ефект адреналіну на перфузійний тиск, г — початкова амплітуда реограми, д — амплітуда реограми при дії папаверину, е — амплітуда реограми при дії адреналіну.

Ця формула збільшила точність визначення систолічного об'єму крові. Оскільки, однак, величини, які входять у цю формулу, не охоплюють повністю всіх факторів, що впливають на точність розрахунку систолічного об'єму крові реографічним методом (таких, наприклад, як лінійна швидкість руху крові, або зміни перехідних опорів між ткани-

Залежність амплітуди реограми перфузованої кінцівки від об'єму перфузії при постійності частоти та розміру пульсових коливань об'ємної швидкості перфузії

Дослід- ження	Об'єм перфу- зії, мл/хв	Пульсові коливання об'ємної швидкості перфузії, в мл за цикл при 150 циклах за хв	Перфузійний тиск, в мм рт. ст.	Амплітуда ре- ограми в омах
I	10	0,02	80	0,1
	20	0,02	120	0,05
II	10	0,02	110	0,05
	20	0,02	145	0,07
III	10	0,02	150	0,1
	20	0,02	180	0,06
	10	0,02	130	0,11

нами тощо), залишається необхідність пошуків засобів знаходження задовільної кореляції реографічних та об'ємних характеристик крово-наповнення і кровоструменя в різних умовах гемодинаміки.

Висновки

1. Для вивчення динаміки амплітуди реограми задньої кінцівки кішки використана модифікація регіонарної аутоперфузії, яка дає можливість незалежно змінювати об'ємну швидкість перфузії та розмір пульсових коливань об'ємної швидкості крові, що надходить до перфузованої кінцівки.

2. В умовах використання цього методу при постійних об'ємних характеристиках пульсового кровоструменя, який надходить до кінцівки, що перфузується, введення папаверину або адреналіну в перфузійний кровострумін супроводжується зміною амплітуди реограми в оберненій залежності від судинного тону, що зумовлює рівень перфузійного тиску.

3. В умовах, при яких змінюється продуктивність перфузійного насоса, але залишається постійною величина пульсових коливань об'ємної швидкості крові, яка надходить до кінцівки, що перфузується, амплітуда реограми цієї кінцівки перебуває в оберненій залежності від рівня перфузійного тиску.

Література

1. Волхонская Т. А.— В сб.: Математич. моделир. и exper. исслед. физиол. систем, Киев, 1973, 48.
2. Духин Е. А., Сахаров В. А., Цырульников В. А.— Врач. дело, 1972, 5, 96.
3. Кедров А. А.— Клинич. мед., 1949, 27, 7, 24.
4. Кедров А. А., Науменко А. И.— Физиол. журн. СССР, 1949, 35, 293.
5. Попов А. А., Волхонская Т. А.— Мед. кибернетика, 1973, 33.
6. Пшоник А. Т., Арутюнова Н. С., Медведев В. И.— В сб.: Научн. труды Красноярск. мед. ин-та, 1963, 7, 20.
7. Терехова А. Г.— Кардиология, 1969, 9, 124.
8. Тищенко М. И.— Физиол. журн. СССР, 59, 8, 1216.
9. Эннина Г. И.— В сб.: Биохим. физиол. и морфол. обоснов. диагностики и терапии, Рига, 1966, 272.
10. Яруллин Х. Х.— Клинич. рентцефалогрфия, Л., 1967.
11. В hook D., Cooper P.— Surgery, 1957, 42, 1061.

12. Mount B., Barela J.—Proc. 25 th Ann. Conf. Eng. Med. Biol., Bal. Harbour. Fla., 1972, 14. Arlington, 1972, 148.
13. Nyboer J.—Electrical Impedance Plethysmography, USA, Illinois, 1959.
14. Prerovsky J., Linhart J.—Physiol. bohemoslov., 1900, 9, 2, 99.

Надійшла до редакції
30.I 1975 р.

ON DEPENDENCE OF RHEOGRAM AMPLITUDE ON VASCULAR TONE

M. I. Gurevich, V. V. Bratus', A. V. Potebnya

*Department of Blood Circulation Physiology, the A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev*

Summary

In the model experiments on the narcotized rats rheography and autoperfusion of the hind limb were performed. Papaverin or adrenalin was introduced into perfusion blood flow to change the vascular tone. It is shown that with the constancy of the volume characteristic of the pulsing blood flow directed towards the limb under perfusion, administration of papaverin or adrenalin into perfusion blood flow is accompanied by a change in the limb rheogram amplitude inversely dependent on the vessel tone determining the perfusion pressure level. When the perfusion pump productivity changes but the value of pulse fluctuations in volume rate of blood directed to the limb under perfusion remains, the limb rheogram amplitude is inversely dependent on the level of the perfusion pressure.