

Характер змін основних гемодинамічних показників при стисканні черевної аорти

А. Г. Карцева і В. М. Тараненко

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

Стискання аорти широко використовується тепер як в експерименті, так і в клініці (операції на серці і легенях, протезування аорти та інших судин, Де Бекей, 1960; Є. Н. Мешалкін, 1959; О. М. Бакулев, 1963, та ін.).

Встановлено, що у кроликів і собак при стисканні аорти протягом 10—60 хв можуть розвиватися стійкі паралічі задніх кінцівок і тазових органів. Природу цих паралічів пояснювали неоднаково: прихильники так званої «периферичної» теорії (Шіфф, 1855; Клод Бернар, 1859) головною причиною виникнення паралічів вважали ішемію задніх кінцівок і тазових органів. М. І. Пирогов (1832) у дисертаційній роботі «Является ли пережатие брюшной полости аорты легко выполнимым и безопасным вмешательством?» довів, що головну роль у виникненні згаданих порушень відіграє нервова система (так звана центральна теорія виникнення паралічів).

Праці фізіологів першої половини ХХ ст. були присвячені відшукуванню нових підтверджень центральної теорії виникнення паралічів при стисканні аорти (Б. С. Дойніков, 1941; В. П. Курковський, 1955; В. Ю. Первушин, 1953; Г. Ф. Хлебніков, 1958, та ін.).

Як правило, виявлені морфологічні порушення при стисканні аорти були локалізовані в спинному мозку і не охоплювали спинномозкових вузлів, які знаходяться на тому ж рівні, що і відповідний сегмент спинного мозку. Як відомо, кровопостачання спинного мозку забезпечується поздовжніми артеріями (a. spinalis anterior et a. spinalis posterior) та поперечними сегментарними артеріями (гілками аорти). При стисканні черевної аорти не може зазнавати порушення постачання крові по поздовжніх артеріях, бо вони утворюються значно вище рівня стискання аорти (від aa. vertebrales). За даними В. Ю. Первушина (1953), при перев'язці двох сегментарних артерій з обох сторін не вдається виявити морфологічних змін у спинному мозку. При стисканні ж аорти на рівні її трифуркації порушення надходження крові до мозку мінімальне, а між тим функціональний стан нервових центрів при цьому змінюється.

На думку Г. Г. Кошелевої (1956), зміни величин спинномозкових рефлекторних реакцій, які спостерігаються при стисканні черевної аорти, залежать від інтероцептивних впливів з ішемізованих ділянок. Кошелева зареєструвала посилення аферентної імпульсації по доцентрованих волокнах, яке виникало безпосередньо після стискання. Переважна більшість дослідників, які вивчали вплив стискання аорти на організм, звертали увагу на ті органи і системи, які були розташовані нижче рівня стискання, тобто досліджували лише наслідки ішемії. Між тим,

таке уявлення про механізм впливу стискання аорти є однобічним і неповним.

При стисканні аорти змінюється дихання (Г. Ф. Хлебніков, 1958; А. Г. Яценко-Карцева, 1961); у раніше проведеному нами дослідженні показано також, що при цьому виникають такі зміни артеріального тиску і частоти серцевих скорочень, які можна вважати рефлекторними. Ст. Хорват (1958) відзначив, що при стисканні грудної аорти змінюється частота серцевих скорочень і швидкість кровоструменя.

Незважаючи на те, що стискання аорти дедалі ширше застосовується в хірургічній клініці, дотепер мало вивчені зміни, які відбуваються в організмі при стисканні аорти.

Певне значення для з'ясування цього питання можуть мати дані про стан гемодинаміки при стисканні аорти. Нами були досліджені зміни основних гемодинамічних показників (артеріального тиску, часу кровоструменя, хвилинного та ударного об'ємів крові, загального периферичного опору судин тощо) при стисканні черевної аорти.

Методика досліджень

Досліди були проведені на кішках, які перебували під хлоралозо-уретановим наркозом (50 мг/кг хлоралози і 300 мг/кг уретану внутрішньо). Для характеристики основних гемодинамічних показників був застосований метод розведення барвника Т-1824, розроблений Гамільтоном і співробітниками (1932) та модифікований в лабораторії фізіології кровообігу Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця АН УРСР (М. М. Повжитков, 1962).

З часів дослідів Стюарта (1897) і Гамільтона метод розведення барвника неодноразово удосконалювався щодо техніки його виконання: використання оксигеометра для реєстрування кривої розведення барви та інше (Ніколсон і Вуд, 1951; Бірд і Вуд, 1951; М. М. Повжитков, 1962, та ін.). В наших дослідях барвник Еванса Т-1824 вводили в яремну вену у кількості 0,85 мл; криву розведення барвника реєстрували за допомогою датчика оксигеометра, який був надітий на проточну кювету (в сонній артерії), і самописця ЕПП-09.

Через 5 хв після введення барвника та реєстрації кривої розведення із сонної артерії брали 2 мл крові з наступним визначенням гематокритного числа, центрифугуванням крові та встановленням за допомогою фотоелектроколориметра концентрації барвника в плазмі.

Ми застосовували метод обробки даних за Гамільтоном. Для визначення хвилинного об'єму ($x_{во}$) встановлювали концентрацію барвника кожної секунди протягом першого пасажу, потім обчислювали величину $x_{во}$ за формулою $x_{во} = \frac{I \cdot 60}{S}$, де I — кількість введеної фарби, S — сума концентрацій барвника протягом першого пасажу.

Концентрацію барвника в крові визначали таким способом: на графіку відхилення писчика шкали оксигеометра від 100% рівня при проходженні барвника через кювету вимірювали величини відхилення кожної секунди, визначали значення цих відхилень за калібрувальною кривою і відкладали їх на напівлогарифмічному папері, екстраполюючи низхідне коліно кривої до нульової лінії. Одержані щосекунди показники концентрації барвника помножали на значення однієї поділки, величину якої, в свою чергу, визначали так: після того, як самописець оксигеометра встановлювався на одному рівні, через 5 хв визначали нуль відліку, потім на графіку вимірювали віддаль між вихідною нульовою лінією та нульовою лінією, одержаною після введення барвника, визначали значення цієї величини (α) по калібрувальній кривій. Значення однієї поділки дорівнює $\frac{[кк]}{\alpha}$, де $[кк]$ — концентрація барвника в крові. Загальний периферичний опір судин обчислювали за формулою Франка $W = \frac{Pm}{v} 1332$, де W — гідралічний опір судин, Pm — артеріальний тиск в мм рт. ст., v — дебіт серця, 1332 — коефіцієнт переведення розмірності мм рт. ст. в дин/см^2 .

Ударний об'єм (U_o) обчислювали за формулою $U_o = \frac{x_{во}}{T}$. T — кількість серцевих скорочень за хвилину; дебіт серця $D = \frac{x_{во}}{60}$; серцевий індекс ($CI = \frac{x_{во}}{pm}$); Pt — поверхня тіла, для визначення якої існує така емпірична формула: $Pt = 0,112 \sqrt[3]{\text{вага}^2}$. Масу циркулюючої крові визначали виходячи з такої залежності:

[кк] — концентрацію

де y — концент
ГМТК — гематокрит

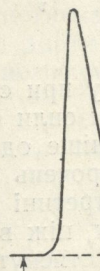


Рис. 1. Крива тиску в тварині при стисканні аорти.

При

ники, одержані в лабораторії, визначали x — середню

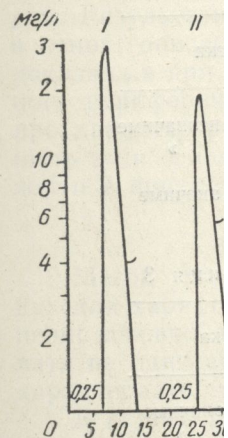


Рис. 2. Криві розведення барвника Т-1824, одержані в лабораторії та в нашій роботі. Криві мають подібну форму з піком та низхідним коліном.

зниженні ж за часом стає (Бабський і в наших дослідженнях) і в наших дослідженнях обробки даних і часу кровоструменя.

$$0,85 - x, \quad \text{звідки} \quad x = \frac{0,85}{[кк]},$$

$$[кк] - 1 л,$$

[кк] — концентрацію барвника в крові визначали за формулою

$$[кк] = y \cdot \frac{ГМТК}{100},$$

де y — концентрація барвника у плазмі (її визначали по фотоелектроколориметру). ГМТК — гематокритне число, помножене на 10 (перераховане на 1 л). Числові показ-

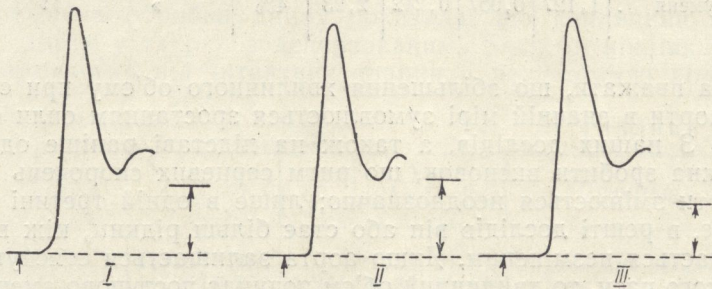


Рис. 1. Криві розведення барвника Т-1824 в досліді від 5.V 1963 р.

I — крива розведення у інтактної тварини; II — крива розведення у тієї ж тварини під час стиснення аорти; III — той самий дослід, аорту звільнено від затискача.

При стисненні аорти хвилинний об'єм збільшується (II крива).

ники, одержані в досліді, зводили в таблицю і обробляли статистично, при цьому визначали $\bar{x}$ — середнє арифметичне, m — похибку середньої величини, σ — середньоквадратичне, t — критерій достовірності, P — вірогідність. Усі наведені величини обчислювали як для абсолютних, так і для відносних значень, що характеризують основні гемодинамічні показники в досліді. В даному повідомленні наведені лише відносні величини.

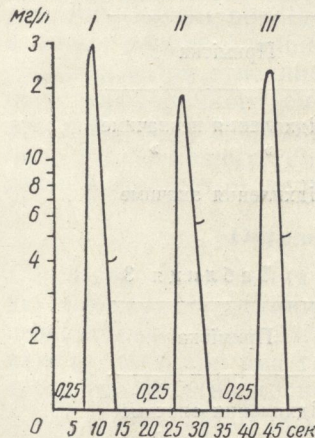


Рис. 2. Криві розведення барвника Т-1824 в досліді від 21.VI 1963 р., переведені на напівлогарифмічний папір з екстрапольованим низхідним коліном кривої до нульової лінії. При стисненні черевної аорти (II) хвилинний об'єм крові збільшується.

При стисненні аорти збільшується також час кровоструменя, загальний периферичний опір при цьому зменшується. За літературними даними, існує залежність між загальним периферичним опором і серцевим викиданням крові. В зонах нормальних і високих значень загального периферичного опору серцеве викидання крові змінюється мало, при зниженні ж загального периферичного опору серцеве викидання зростає (Бабський, Карпман, Абрикосова, 1962). Ця залежність була виявлена і в наших досліді. В табл. 1 наведені результати статистичної обробки даних про збільшення хвилинного та ударного об'ємів крові і часу кровоструменя при стисненні черевної аорти.

Результати досліджень

В досліді були використані кішки вагою від 2,5 до 3,5 кг. При стисканні черевної аорти нижче рівня відходження ниркових судин хвилинний та ударний об'єми крові на початку другої хвилини збільшуються. Статистична обробка величин відносного збільшення хвилинного та ударного об'ємів показала, що це збільшення достовірне:

$$P_{\text{хво}} = 0,3\%, \quad P_{\text{уо}} = 0,2\%.$$

При стисненні аорти збільшується також час кровоструменя, загальний периферичний опір при цьому зменшується. За літературними даними, існує залежність між загальним периферичним опором і серцевим викиданням крові. В зонах нормальних і високих значень загального периферичного опору серцеве викидання крові змінюється мало, при

Таблиця 1

	x	m	σ	t	p	Примітка
$\Delta X_{во}$. . .	1,483	0,137	0,597	3,52	0,3%	Відхилення значиме
$\Delta Y_{о}$. . .	1,535	0,143	0,610	3,74	0,2%	» »
Δ час кровоструменя .	1,127	0,057	0,242	2,23	4%	» »

Можна вважати, що збільшення хвилинного об'єму при стисканні черевної аорти в значній мірі зумовлюється зростанням сили серцевих скорочень. З наших дослідів, а також на підставі раніше одержаних даних можна зробити висновок, що ритм серцевих скорочень при стисканні аорти змінюється неоднозначно: лише в одній третині дослідів він зростає, в решті дослідів він або стає більш рідким, ніж вихідний, або залишається незмінним. Якщо аорта залишається стиснутою протягом деякого часу, то хвилинний об'єм починає поступово зменшуватися, наближаючись до вихідних величин, незважаючи на те, що аорта залишається стиснутою.

Після звільнення аорти від затискача величини, які характеризують хвилинний і ударний об'єми, починають наближатися до вихідних, а час кровоструменя продовжує залишатись підвищеним.

Таблиця 2

	x	m	σ	t	p	Примітка
$\Delta X_{во}'$. . .	1,195	0,059	0,55	1,23	24%	Відхилення незначиме
$\Delta Y_{о}'$. . .	1,077	0,062	0,233	1,24	23%	» »
Δ час кровоструменя'	1,151	0,060	0,255	2,56	2,1%	Відхилення значиме

Таблиця 3

	x	m	σ	t	p	Примітка
$\Delta X_{во}''$. . .	0,854	0,068	0,24	-2,15	5,5%	Відхилення значиме
$\Delta Y_{о}''$. . .	0,815	0,066	0,245	-2,80	1,5%	» »
Δ час кровоструменя''	0,989	0,083	0,352	-0,13	90%	Відхилення незначиме

В табл. 2 наведені показники відносних відхилень хвилинного об'єму і часу кровоструменя після звільнення аорти від затискача у порівнянні з нормою; в табл. 3 показані відповідні відхилення у порівнянні з даними при стисканні аорти.

Прагнучи з'ясувати питання, чи є виявлені при стисканні аорти зміни гемодинамічних показників результатом суто механічного виключення нижньої половини тулуба з кровообігу або ці зміни є рефлекторними за своїм походженням, ми провели спеціальну серію дослідів. Були зіставлені дані, які характеризували основні гемодинамічні показники при стисканні аорти у інтактних тварин та у тварин з денервованими задніми кінцівками.

Результати дослідів стиснення аорти у тварини з денервованими задніми кінцівками, які характеризують, близько до норми, тварин без стиснення аорти.

Периферичний інтактних тварин, які стиснули аорту, наближались до вихідних величин.

Статистична обробка даних показала, що стиснення аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками не є статистично значимим (табл. 4).

$\Delta X_{во}'''$. . .
 $\Delta Y_{о}'''$. . .

Час кровоструменя у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, був таким, як і у тварин з інтактними задніми кінцівками.

Артеріальний тиск у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, був таким, як і у тварин з інтактними задніми кінцівками. Результати дослідів, які проводились в основі описаної роботи, показують, що показники при стисненні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, не відрізняються від показників при стисненні аорти у тварин з інтактними задніми кінцівками. Результати дослідів, які проводились в основі описаної роботи, показують, що показники при стисненні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, не відрізняються від показників при стисненні аорти у тварин з інтактними задніми кінцівками.

О

Метод розведення для характеристики стиснення черевної аорти. Результати дослідів, які проводились в основі описаної роботи, показують, що показники при стисненні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, не відрізняються від показників при стисненні аорти у тварин з інтактними задніми кінцівками.

В наших дослідів, які проводились в основі описаної роботи, показують, що показники при стисненні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, не відрізняються від показників при стисненні аорти у тварин з інтактними задніми кінцівками.

Зазначену вище зміну показників при стисненні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, можна пояснити лише тим, що при стисненні черевної аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, відбувається зміна показників при стисненні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту.

Отже, можна зробити висновок, що зміна показників при стисненні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту, є результатом рефлекторної зміни показників при стисненні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, які стиснули аорту.

Результати дослідів цієї серії показали, що при стисканні черевної аорти у тварини з денервованими задніми кінцівками хвилинний та ударний об'єми, як правило, не збільшуються, величини, які їх характеризують, близькі до тих величин, які ми реєстрували у нормальних тварин без стиснення аорти.

Периферичний опір був вищим, ніж той, який ми реєстрували у інтактних тварин при стисканні черевної аорти, ці величини також наближались до вихідних.

Статистична обробка даних показала, що хвилинний об'єм при стисканні аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками відрізняється незначимо від інтактних тварин з нестиснутою аортою (див. табл. 4).

Таблиця 4

	<i>x</i>	<i>m</i>	σ	<i>t</i>	<i>p</i>	Примітка
$\Delta X_{eo}'''$. .	1,226	0,164		1,38	21,0%	Відхилення незначиме
$\Delta Y_{o}'''$. .	1,036	0,093	0,263	0,39	70,8%	»

Час кровоструменя при стисканні черевної аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками був більший, ніж вихідний, приблизно такий, як і час кровоструменя при стисканні аорти у інтактних тварин.

Артеріальний тиск у дослідях цієї серії змінювався менш значно (± 10 мм рт. ст.), ніж у дослідях із стисканням аорти у інтактних тварин. Результати дослідів з денервацією задніх кінцівок показали, що в основі описаної вище спрямованості змін основних гемодинамічних показників при стисканні аорти (зростання X_{eo} , Y_o , зменшення загального периферичного опору) лежить рефлекторний механізм. Питання про характер рефлекторних впливів, що зумовлюють певну спрямованість змін основних гемодинамічних показників при стисканні черевної аорти є предметом дальших досліджень.

Обговорення результатів досліджень

Метод розведення барвника Т-1824, застосований в наших дослідях для характеристики основних гемодинамічних показників при стисненні черевної аорти, має ту перевагу, що дозволяє одночасно реєструвати не один або два гемодинамічні показники, а весь комплекс, який характеризує стан кровообігу при цьому втручанні.

В наших дослідях у перші хвилини після стиснення черевної аорти було зареєстровано збільшення хвилинного та ударного об'ємів і зменшення загального периферичного опору. Збільшення хвилинного об'єму зумовлювалось в основному підвищенням сили серцевих скорочень. Зменшення загального периферичного опору протягом другої хвилини стискання аорти відзначали також Гамільтон і Ремінгтон (1948).

Зазначену вище спрямованість змін хвилинного та ударного об'ємів і загального периферичного опору при стисненні черевної аорти не можна пояснити лише механічним порушенням циркуляції крові. При стисненні черевної аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками, як правило, не спостерігається ні настільки значного підвищення хвилинного й ударного об'ємів крові (вони залишаються близькими до вихідних величин, одержаних у інтактних тварин з нестиснутою аортою), ані падіння загального периферичного опору.

Отже, можна зробити висновок, що в основі описаних вище змін лежить рефлекторний механізм.

Висновки

1. При стисканні черевної аорти через хвилину після стиснення хвилинний та ударний об'єми крові збільшуються, збільшується час кровоструменя і зменшується загальний периферичний опір судин. Пізніше, якщо аорта залишається стиснутою, хвилинний та ударний об'єми крові починають зменшуватись, іноді нижче вихідних величин, час кровоструменя залишається високим.

2. Стиснення черевної аорти у тварин з денервованими задніми кінцівками не супроводжується такими значними змінами хвилинного й ударного об'ємів крові і загального периферичного опору. Це дає підставу гадати, що важливу роль у зростанні хвилинного та ударного об'ємів крові та зменшенні загального периферичного опору через 1 хвилину після стискання відіграє рефлекторний механізм.

ЛІТЕРАТУРА

- Бабский Е. Б. и Парин В. В., Современные методы исследования функции сердечно-сосудистой системы, Медгиз, 1963.
 Бабский Е. Б., Карпман В. М. и Абрикосова М. А., ДАН СССР, 130, 2, 1960, с. 465.
 Бакулев А. Н., Комаров Д. А., Вестник АМН СССР, № 9, 1963, с. 19.
 Дойников Б. С., Сов. психоневрология, № 6, 1938, с. 101.
 Кошелева Г. Г., Физиол. журн. СССР, X, 11, № 3, 1956, с. 279; IX съезд ФБФ, 1958, с. 257.
 Курковский В. П., Архив патологии, 17, 1, 1955, с. 10.
 Мешалкин Е. Н., Медведь И. А., Экспер. хирургия, № 1, 1959, с. 19.
 Первушин В. Ю., Вестник хирургии, № 3, 1953, с. 51.
 Пирогов Н. И. (1832), Является ли пережатие брюшной аорты легко выполнимым и безопасным вмешательством?, 1951.
 Повзитков М. М., Физиол. журн. УРСР, № 4, 1962, с. 569.
 Хлебников Г. Ф., Труды ВМА им. Кирова, 1958, с. 90.
 Яценко-Карцева А. Г., Физиол. журн. УРСР, т. VII, № 6, 1961, с. 793.
 Де Бекей М. С., Кули Д. А., Кроуфорд Е. С. и Моррис Д. С., Хирургия аорты и крупных периферических артерий, М., 1960.
 Beard E. F., Wood E. H., J. Appl. Phys., v. 4, 1951, p. 174.
 Brown-Sequard C. E., Experiment. Researches Applied to Physiol. a. Pathol., 1853.
 Hamilton W. a. oth., Am. J. Phys., v. 99, 1932, p. 534.
 Hamilton W. F., Remington G. W., Am. J. Phys., 153, N 2, p. 287.
 Horvat St. a. Farrand E. A., Am. Heart J., 55, N 4, 1958, p. 631.
 Nicholson G. W., Wood E. H., J. Labor. a. Clinic. Med., v. 38, N 4, 1951, p. 588.
 Schifer T., Untersuch. z. Phys. des Nervensyst., 1885.
 Stenon N., цит. за Хлебниковим Г. Ф.
 Stewart G. N., J. Phys., 22, 1897, p. 159.

Надійшла до редакції
8.XII 1963 р.

Характер изменений основных гемодинамических показателей при пережатии брюшной аорты

А. Г. Карцева и В. М. Тараненко

Лаборатория кровообращения Института физиологии им. А. А. Богомольца
Академии наук УССР, Киев

Резюме

Через минуту после пережатия брюшной аорты ниже уровня отхождения почечных артерий увеличивается ударный и минутный объем крови, а также время кровотока. В этот же промежуток времени (начало второй минуты после пережатия) общее периферическое сопротивление уменьшается.

Определение
ских показателей
ка Эванса T-1824
кривой разведени
тра и самописца

Регистрация
у животного с де
что минутный и уд
периферическое с
ных при пережат
у интактных живо
ностями было вы

Результаты о
что в основе опис
мических показате
цип.

Nature of the

Laboratory of blo
of the

One minute a
of branching off
the blood, as well
interval of time (b
total peripheral re

Determination
namic indicators
blue T-1824) on
dilution curve in
an ЭПП-09 record

The recording
aorta in an anim
and stroke volum
lar peripheral resi
the aorta; 3. the l
than the initial b
legs.

The results o
showed that the c
indicators on com

Определение направленности изменений основных гемодинамических показателей производилось методом разведения красителя (синька Эванса Т-1824) при введении его в яремную вену и регистрации кривой разведения краски в сонной артерии при помощи оксигемометра и самописца ЭПП-09.

Регистрация тех же показателей при пережатии брюшной аорты у животного с денервированными задними конечностями обнаружила, что минутный и ударный объемы крови, как правило, не увеличиваются; периферическое сопротивление сосудов выше, чем у интактных животных при пережатии аорты; время кровотока при пережатии аорты как у интактных животных, так и у животных с денервированными конечностями было выше исходного.

Результаты опытов с денервацией задних конечностей показали, что в основе описанной направленности изменений основных гемодинамических показателей при пережатии аорты лежит рефлекторный принцип.

Nature of the Changes in the Basic Hemodynamic Indicators on Compressing the Abdominal Aorta

A. G. Kartseva and V. M. Taranenko

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

Summary

One minute after compressing the abdominal aorta below the level of branching off of the renal arteries the stroke and minute volume of the blood, as well as the circulatory time increase. During the same interval of time (beginning of the second minute after compression) the total peripheral resistance decreases.

Determination of the direction of the changes in the basic hemodynamic indicators was carried out by the method of dye dilution (Evans blue T-1824) on injecting into the jugular vein and recording the dye dilution curve in the carotid artery by means of an oxyhemometer and an ЭПП-09 recorder.

The recording of the same indicators on compressing the abdominal aorta in an animal with denerved hind legs showed that 1. the minute and stroke volumes of the blood do not increase as a rule; 2. the vascular peripheral resistance is higher than in intact animals on compressing the aorta; 3. the blood stream time on compressing the aorta was higher than the initial both in the intact animals and in those with denerved legs.

The results of the experiments with denervation of the hind legs showed that the directions of the changes in the principal hemodynamic indicators on compressing the aorta are based on the reflex principle.