

ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ И ЕГО ОРГАННЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ ТРАВМАТИЧЕСКОМ ШОКЕ

Централизация кровообращения при травматическом шоке приводит к преимущественному кровоснабжению жизненно важных органов в ущерб другим [1, 2]. Однако на основании распределения сердечного выброса невозможно судить о содержании циркулирующей крови в органах, поскольку кровенаполнение их определяется тонусом не только резистивных, но и емкостных сосудов (венул и вен). Изучение изменений объема циркулирующей крови (ОЦК) и его фракций в разных органах при травматическом шоке и явилось целью настоящей работы.

Методика. Работа выполнена на 43 ненаркотизированных белых крысах обоего пола весом 115—199 г. После фиксации животных к станку в бедренную артерию и вену вводили полиэтиленовые катетеры.

Для определения ОЦК и его органных фракций использовали метод разведения индикатора, вводя меченый альбумин J¹³¹ в дозе 15 мкк/100 г тела в бедренную вену. Через 1,5—2 мин из бедренной артерии брали кровь, после чего крыс забивали замораживанием в жидком кислороде, что исключало посмертное перераспределение крови между органами и позволяло проводить препаровку тканей, не опасаясь изотопного загрязнения.

Определялось удельное и абсолютное кровенаполнение головного мозга, сердца, легких, гипофиза (передней и задней долей), печени, селезенки, почек, надпочечников, а также удельное кровенаполнение мышц, кожи, спинного мозга, коркового и мозгового слоев почек и различных отделов головного мозга (обонятельный мозг, плащ, гипоталамус, мост, продолговатый мозг, полушария и червяк мозжечка).

ОЦК определяли по общепринятой методике. Объем циркулирующей плазмы и объем циркулирующих эритроцитов рассчитывали на основании данных гематокрита.

Удельное кровенаполнение различных органов (V_t в мкл/100 мг ткани) определяли по активности исследуемой пробы ткани и активности крови:

$$V_t = \frac{V_k \cdot C_t}{C_k}, \text{ где}$$

V_k — объем пробы крови;

C_k — ее активность;

C_t — активность 100 мг ткани.

Абсолютное кровенаполнение органов (содержание крови во всем органе) определяли пересчетом удельного кровенаполнения на вес органа.

Навески органов для подсчета активности взвешивали на торзионных весах с точностью до 0,5 мг, вес долей гипофиза определяли с точностью до 0,1 мг. Подсчет активности стандарта, проб крови и тканей производили на сцинтилляционном колодезном счетчике. Шок воспроизводили по методу Кеннона, оценивая его тяжесть и динамику по данным ОЦК, уровню артериального давления и частоте дыхания.

Достоверность различий показателей определяли по критерию Стьюдента. Выравнивание рядов при графических построениях производили методом взвешенной скользящей средней [5].

Результаты опытов и их обсуждение. Объем циркулирующей крови у крыс в условиях фиксации составил $5,71 \pm 0,19$ мл/100 г тела, что соответствует данным литературы. Удельное кровенаполнение органов колебалось в пределах 56,4 (легкие)—1,48 (спинной мозг) мкл/100 мг ткани (табл.).

В ответ на травму—в эректильной фазе процесса—у части животных отмечалось увеличение ОЦК до 6,67 мл/100 г тела, у других—уменьшение до 4,66 мл/100 г тела ($P < 0,005$). По-видимому, реакция ОЦК на травму двухфазна, но увеличение его у части крыс не было зарегистрировано, так как исследование этого параметра производилось дискретно.

Таблица

Объем циркулирующей крови (в мл/100 г веса) и содержание крови в органах (в мкл/100 мг ткани) при травматическом шоке у крыс

Показатели	Время исследования			
	До травмы (13 крыс)	Эректиль- ная фаза (12 крыс)	Шок	
			период ста- билизации (9 крыс)	конец (9 крыс)
Объем циркулирующей крови	$5,71 \pm 0,19$	$5,50 \pm 0,37$	$4,58 \pm 0,32$	$3,15 \pm 0,28$
Содержание крови в орга- нах				
Головной мозг (среднее)	$2,85 \pm 0,16$	$2,7 \pm 0,13$	$2,3 \pm 0,2$	$2,13 \pm 0,06$
Обонятельный мозг	$2,61 \pm 0,24$	$2,8 \pm 0,18$	$1,9 \pm 0,2$	$2,56 \pm 0,21$
Мост	$3,46 \pm 0,47$	$3,3 \pm 0,30$	$2,8 \pm 0,2$	$2,92 \pm 0,29$
Мозжечок				
а) полушария	$3,6 \pm 0,73$	$3,7 \pm 0,30$	$2,6 \pm 0,2$	$2,74 \pm 0,2$
б) червяк	$3,5 \pm 0,41$	$4,1 \pm 0,25$	$2,8 \pm 0,2$	$2,88 \pm 0,2$
Плащ	$2,78 \pm 0,18$	$3,0 \pm 0,18$	$3,0 \pm 0,3$	$2,77 \pm 0,13$
Продолговатый мозг	$1,95 \pm 0,24$	$1,7 \pm 0,12$	$1,6 \pm 0,1$	$1,41 \pm 0,17$
Гипоталамус	$1,58 \pm 0,06$	$1,7 \pm 0,13$	$1,4 \pm 0,1$	$1,57 \pm 0,21$
Гипофиз				
а) задняя доля	$8,67 \pm 1,9$	$7,9 \pm 0,97$	$7,4 \pm 0,7$	$6,67 \pm 0,65$
б) передняя доля	$8,84 \pm 0,64$	$8,2 \pm 0,54$	$6,8 \pm 0,6$	$8,08 \pm 0,64$
Спинной мозг	$1,48 \pm 0,2$	$1,6 \pm 0,28$	$1,0 \pm 0,05$	$1,07 \pm 0,12$
Кожа	$2,2 \pm 0,18$	$1,6 \pm 0,12$	$1,1 \pm 0,2$	$0,66 \pm 0,17$
Мышцы	$4,0 \pm 0,71$	$3,7 \pm 2,1$	$5,5 \pm 1,0$	$3,0 \pm 0,88$
Надпочечники	$23,57 \pm 2,48$	$22,8 \pm 1,6$	$20,7 \pm 0,9$	$17,92 \pm 2,22$
Почка (среднее)	$10,35 \pm 0,77$	$14,6 \pm 0,66$	$10,7 \pm 0,6$	$6,57 \pm 1,44$
а) мозговой слой	$18,12 \pm 3,71$	$22,9 \pm 1,24$	$16,0 \pm 1,2$	$11,8 \pm 3,0$
б) корковый слой	$8,13 \pm 1,53$	$10,7 \pm 1,23$	$8,3 \pm 0,8$	$6,51 \pm 1,76$
Печень	$15,45 \pm 0,89$	$15,8 \pm 1,04$	$13,6 \pm 1,0$	$11,26 \pm 0,87$
Легкие	$56,4 \pm 4,53$	$59,3 \pm 3,21$	$47,6 \pm 3,4$	$49,79 \pm 2,30$
Селезенка	$9,63 \pm 0,47$	$8,7 \pm 0,68$	$9,1 \pm 0,7$	$6,49 \pm 2,62$
Сердце	$32,45 \pm 6,61$	$29,1 \pm 2,34$	$35,5 \pm 4,1$	$29,75 \pm 3,62$

Наряду с этим в эректильной фазе шока отмечено незначительное уменьшение емкости функционирующего сосудистого русла всех органов. Вероятно, травма приводит к констрикции и опорожнению емкостных сосудов, что и обуславливает кратковременное увеличение объема циркулирующей крови в эректильной фазе шока.

С развитием шока ОЦК прогрессивно уменьшался, достигая к концу торпидной фазы $3,15 \pm 0,28$ мл/100 г тела ($P < 0,005$). Удельное актив-

ное кровенаполнение органов в торпидной фазе шока продолжало снижаться, однако степень его в разных органах была неодинаковой. Если ОЦК в конце торпидной фазы шока уменьшался на 45,2%, то кровенаполнение кожи уменьшалось на 70%, почек—на 37%, печени—на 28%, головного мозга—на 25%, сердца—на 9%. Удельное кровенаполнение головного мозга и кожи в конце торпидной фазы шока находится в прямой зависимости от ОЦК (рис. 1).

В связи с различиями удельного кровенаполнения разных органов доля крови (в % от ОЦК), приходящаяся на головной мозг, печень, лег-

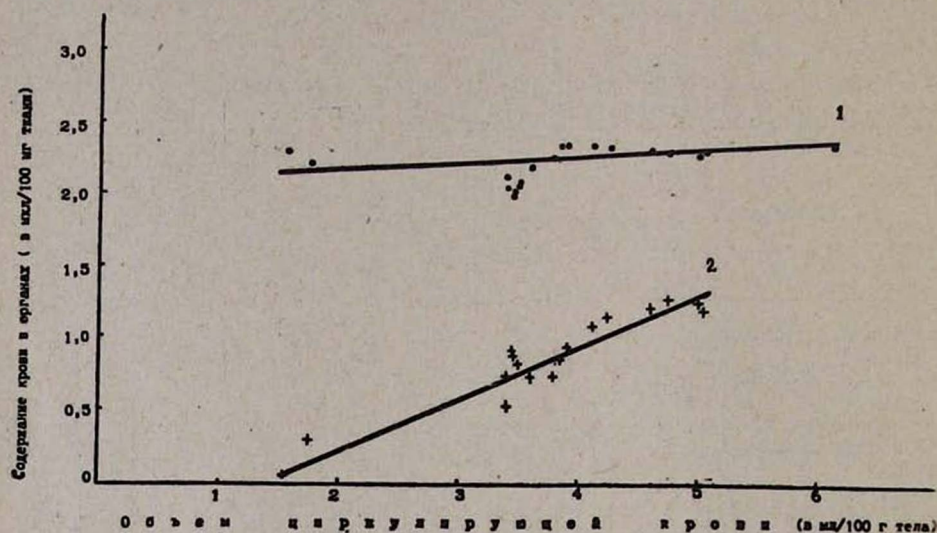


Рис. 1. Зависимость между объемом циркулирующей крови и кровенаполнением головного мозга (1) и кожи (2) в торпидной фазе травматического шока у крыс.

кие, сердце и почки, увеличивалась (рис. 2). Суммарное содержание крови в перечисленных органах при шоке (в % от ОЦК) было значительно выше, чем до шока (соответственно $32,65 \pm 1,87$ и $25,04 \pm 1,84$ %; $P < 0,05$).

Зависимость между величиной ОЦК и ее различными органами фракциями при шоке была неодинаковой (рис. 3).

Наряду с органным перераспределением крови в функционирующем сосудистом русле изменялось ее содержание и в различных отделах исследуемых органов (головного мозга, гипофиза, почек). Так, например, кровенаполнение гипоталамуса в конце торпидной фазы шока уменьшалось лишь на 1%, а кровенаполнение полушарий мозжечка—на 24%. Содержание крови в задней доле гипофиза уменьшалось на 23%, а передней—на 9%.

Таким образом, с развитием травматического шока отмечаются двухфазные изменения ОЦК (увеличение в эректильной фазе и уменьшение

в торпидной). По всей вероятности, изменения других гемодинамических показателей, наблюдающиеся при шоке, в частности уровня артериального давления и производительности сердца, обусловлены, в известной мере, величиной объема циркулирующей крови.

Наряду с исследованием ОЦК метод разведения индикатора в сочетании с быстрым замораживанием животных позволил определить ко-

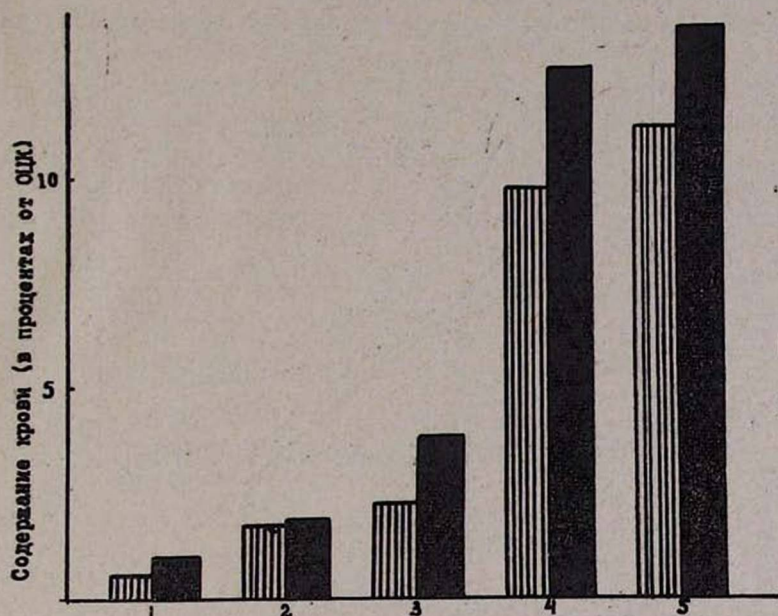


Рис. 2. Содержание циркулирующей крови во внутренних органах крыс (в % от ОЦК) в норме (заштрихованные столбики) и при травматическом шоке (темные столбики). 1—головной мозг, 2—почки, 3—сердце, 4—печень, 5—легкие.

личество циркулирующей крови в функционирующих сосудах органов на разных этапах развития шока, или, другими словами, объем функционирующего сосудистого русла. Применительно к каждому органу эта величина включает в себя: 1) объем функционирующих резистивных сосудов (главными из которых являются прекапиллярные сосуды); 2) объем емкостных (посткапиллярных) сосудов; 3) объем обменных сосудов (капилляров). В условиях шока в артериальном отрезке сосудистого русла и в капиллярах содержание крови изменяется несущественно. Поэтому изменения кровенаполнения различных органов, отмечаемые нами, были обусловлены, главным образом, колебаниями объема крови в емкостных сосудах.

В отличие от ОЦК емкость функционирующего сосудистого русла лишь уменьшалась, причем в разных органах неодинаково. Наибольшее уменьшение кровенаполнения отмечено в коже и почках (на 70 и 37% по сравнению с исходным), а в других органах оно было менее значительным.

Механизм этих изменений остается недостаточно ясным. Очевидно,

что в основе их лежат различные по степени выраженности изменения тонуса емкостных сосудов различных органов. Исследования показали, что в условиях шока резистивные и емкостные сосуды каждого органа изменяют свой тонус параллельно. Наибольшее уменьшение объемной скорости кровотока вследствие увеличения сосудистого сопротивления отмечается в коже, мышцах, почках и других «менее важных» с точки зрения выживаемости организма органов. В этих же органах нами от-

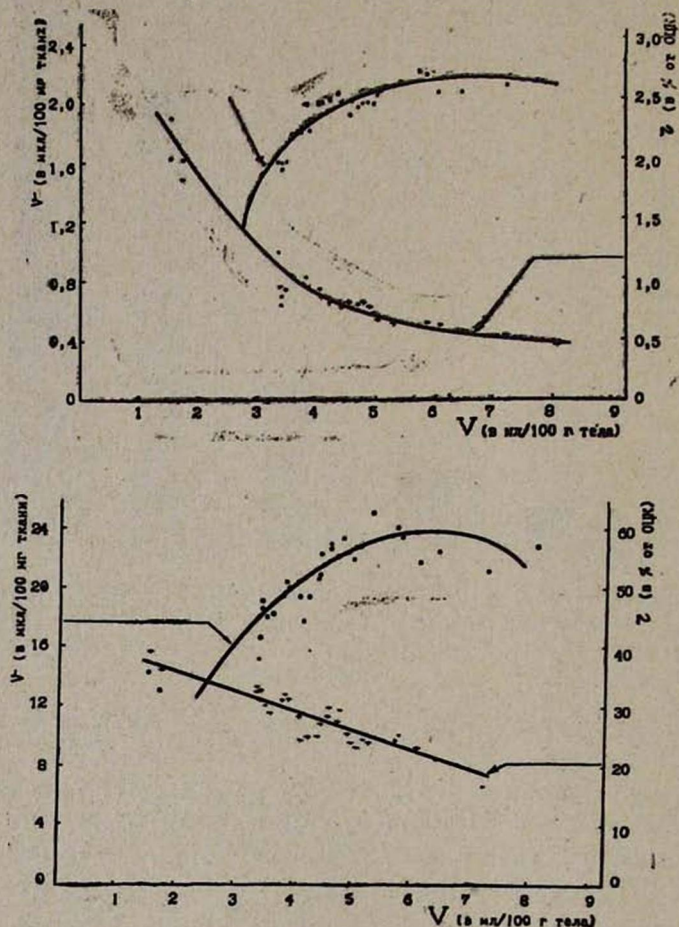


Рис. 3. Зависимость между объемом циркулирующей крови (V), абсолютным (v) и относительным (z) содержанием крови в головном мозгу и легких крыс при травматическом шоке (вверху—головной мозг; внизу—легкие).

мечено наибольшее уменьшение емкости функционирующего сосудистого русла, обусловленное, по-видимому, констрикцией емкостных сосудов.

В органах с достаточной перфузией (головной мозг, сердце) фракции объема циркулирующей крови уменьшаются незначительно, а в относительных единицах (в % к ОЦК)—увеличиваются.

Выводы

1. При травматическом шоке объем циркулирующей крови изменяет-

ся двухфазно—увеличивается во время эректильной фазы и уменьшается во время торпидной фазы процесса. Увеличение ОЦК в ответ на травму обусловлено включением в активную циркуляцию части депонированной крови в результате констрикции емкостных сосудов, оно сопровождается уменьшением емкости функционирующего сосудистого русла.

2. Емкость функционирующего сосудистого русла на всех этапах развития шока уменьшена. Степень этого уменьшения в разных органах неодинакова. Уменьшение количества циркулирующей крови более всего выражено в коже и почках. В жизненно важных органах (сердце, гипофиз, головной мозг, легкие, печень) кровенаполнение уменьшается не так резко, как тотальный объем циркулирующей крови. Это приводит к относительному увеличению фракций циркулирующей крови этих органов.

Ленинградский НИИ скорой помощи им. И. И. Джанелидзе,

ЦНИ рентгено-радиологический институт

Поступило 20/X 1971 г.

Գ. Ս. ՄԱԶՈՒՐԿԵՎԻՉ, Վ. Ի. ՍՅՈՄԿԻՆ, Ի. Ս. ՕՍԻՊՈՎ

ՇՐՋԱՆԱՌՈՒ ԱՐՅԱՆ ԾԱՎԱԼԻ ԵՎ ՆՐԱ ՕՐԳԱՆԱՅԻՆ ՖՐԱԿՑԻԱՆԵՐԻ
ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՏՐԱՎՄԱՏԻԿ ՇՈԿԻ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Առնետների մոտ Կենտրոնի եղանակով առաջացրած տրավմատիկ շոկի ժամանակ հայտնաբերված է շրջանառու արյան ծավալի մեծացում երեկոթի փուլում և նրա պակասում տորպիդ փուլի ընթացքում: Այդ փոփոխությունները զուգակցվում են շրջանառու արյան ֆրակցիաների զեննալիզացված նվազման հետ հետազոտված բոլոր օրգաններում:

G. S. MAZURKEVICH, V. I. SEMKIN, I. S. OSSIPOV

CHANGES IN THE VOLUME OF CIRCULATING BLOOD AND THE FRACTIONS OF ITS ORGANS IN TRAUMATIC SHOCK

S u m m a r y

According to Kennon in traumatic shock an increase of the volume of circulating blood during the erectile phase has been observed in rats, and a decrease of the volume in time of the torpid phase of the process. Fractions of circulating blood are reduced in all the investigated organs.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Селезнев С. А. Пат. физиол., 1969, 3, 23—28.
2. Селезнев С. А. В кн.: «Травматический шок, острый живот, инфаркт миокарда», Л., 1967, 25—32.
3. Черняевская Г. В. Физиол. ж. СССР, 1970, стр. 375—383.
4. Mellander S. und Johansson R. Pharmacol. Rev., 1968, 80, 3, 117—196.
5. Плохинский И. А. Биометрия. Новосибирск, 1961.
6. Albert Solomon N Blood volume, Springfield, 1963.
7. Gregg D. E. В кн. „Physiological basis of medical practice“, Ed. Best. a. Taylor, Baltimore, 1961, 151—168.
8. Храброва О. П. Кровообращение при травматическом шоке. Дисс. докт., Л., 1970.
9. Вашетина С. М., Сеницын Н. В. Пат. физиол., 1969, 6, 35—39.
10. Гальцева И. В. Бюлл. экспер. биол., 1967, 5, 32—34.