

enous tone. III Responses of capacitance vessels of the musculocutaneous region to hypohalamic stimulation.— Indian J. 120.

ny. Springfield, 1959. 137 p.

Поступила в редакцию
23.III 1978 г.

v, I. N. Tjurenkov

PHALON STRUCTURES AND RESISTANCE VESSELS OF THE MUSCULOCUTANEOUS REGION

resistance and capacitance vessels of the musculocutaneous region. No morphological changes were revealed in the reactions of resistance vessels of the musculocutaneous region. It is shown that the changes in regional resistance are influenced by the changes in regional resistance. The possibility of existence of resistance vessels of capacitance and resistance-

УДК 612.133.612.134

В. В. Братусь

РЕАКЦИИ РЕЗИСТИВНЫХ И ЕМКОСТНЫХ СОСУДОВ НА ИЗМЕНЕНИЯ СИМПАТИЧЕСКИХ ВЛИЯНИЙ

Центральные механизмы регуляции сосудистого тонуса давно являются объектом пристального внимания исследователей, в силу своего определяющего значения в поддержании циркуляторного гомеостаза и предупреждении значительных неоправданных изменений функционального состояния системы кровообращения.

Одним из важнейших каналов осуществления центральных влияний на периферические сосуды является симпатический отдел вегетативной нервной системы. Морфологическими исследованиями установлено широкое представительство вазоконстрикторных волокон во всех сосудистых областях организма. Однако плотность распределения терминалей постганглионарных волокон значительно варьирует в сосудах разных областей и даже в последовательных секциях одной области. Показано, что резистивные сосуды имеют выраженную вазоконстрикторную иннервацию, тогда как вены значительно беднее иннервированы адренергическими волокнами [4, 5, 15].

Проведенные в последнее время сравнительные исследования роли емкостных и резистивных сосудов в развитии сдвигов системной гемодинамики при действии различных факторов свидетельствуют о возможности возникновения отличающихся количественно, а порой и качественно дифференцированных реакций этих сосудистых секций [1, 2, 3, 8, 9, 10, 14, 16 и др.]. Эти результаты явились предпосылкой для изучения особенностей функциональной организации емкостных и резистивных сосудов, отличий в механизмах регуляции их тонуса и в реактивности по отношению к различным регуляторным факторам.

Мы изучали вопрос о том, в какой степени особенности реактивности емкостных и резистивных сосудов по отношению к нейрогенным регуляторным влияниям могут быть ответственны за возникновение их дифференцированных реакций при изменениях функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Методика исследований

Исследования проведены в острых опытах на кошках, наркотизированных внутривенно вводимой хлоралозой (80 мг/кг). Определяли изменения тонуса емкостных и резистивных сосудов препарата задней трети кошки при стимуляции обеих поясничных симпатических пепочек, которые вырепировывали на уровне IV—V поясничных позвонков и стимулировали с помощью погружных серебряных электродов.

В основу использованного метода регистрации сосудистых реакций был положен принцип стабилизации внутрисосудистого объема крови. В этих условиях изменения давления являются прямым показателем сдвигов сосудистого тонуса.

Стабилизацию объема крови в исследованной кожно-мышечной области достигали использованием насоса постоянной производительности, который подавал постоянный объем крови в периферическую часть брюшной аорты. По сдвигам величины перфузионного давления судили о реакциях резистивных сосудов. Венозная кровь от препа-

рата задней трети кошки свободно оттекала в резервуар, и высота уровня крови в нем, выраженная как давление венозного оттока в мм вод. ст., являлась показателем изменений тонуса емкостных сосудов.

Полученные цифровые данные обработаны статистически с применением критерия Стьюдента. Результаты представлены в виде оригинальных кривых и графиков, на которых отражены изменения средних величин исследованных показателей.

Результаты исследований и их обсуждение

Влияние стимуляции поясничной симпатической цепочки импульсами различной силы на резистивные и емкостные сосуды. Данные ряда физиологических и морфологических исследований свидетельствуют о

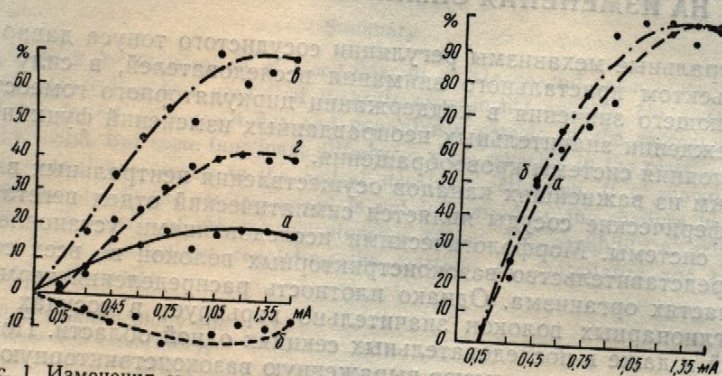


Рис. 1. Изменения средних величин показателей центральной гемодинамики и тонуса емкостных и резистивных сосудов при стимуляции поясничной симпатической цепочки импульсами нарастающей силы тока.

а — системное артериальное давление; б — центральное венозное давление; в — перфузионное давление; г — давление венозного оттока.

Рис. 2. Зависимость степени реализации нейрогенной констрикции емкостных и резистивных сосудов от силы стимуляции поясничной симпатической цепочки.

а — изменения средней величины перфузионного давления, выраженные в процентах к максимальным; б — изменения средней величины давления венозного оттока, в процентах к максимальным сдвигам.

раздельной иннервации артериальных и венозных сегментов сосудистой сети задних конечностей [19, 21], в связи с чем раздражение отдельных волокон поясничной симпатической цепочки может сопровождаться избирательными изменениями тонуса этих сосудистых секций [18]. При условии, что характеристики волокон, иннервирующих артериальные и венозные сосуды, имеют существенные различия, эта избирательность может быть в значительной степени связана с постганглионарным звеном симпатической нервной системы. Для проверки этого предположения мы исследовали реакции резистивных и емкостных сосудов на раздражение поясничной симпатической цепочки импульсами различной силы (от 0,075 до 1,35 мА) при постоянной их длительности (0,5 мс) и частоте (10 Гц).

Зависимость изменений показателей тонуса емкостных и резистивных сосудов от интенсивности стимуляции представлена на рис. 1, где наблюдаемые изменения выражены в процентах к исходным значениям, и на рис. 2, где они соотношены с максимальными реакциями и отражают, таким образом, степень реализации нейрогенного резерва сопротивления отдельных сосудистых секций. Характер нарастания реакций резистивных и емкостных сосудов при увеличении силы раздражающего тока отчетливо виден на рис. 3 (верхняя часть).

Полученные данные динамики и направления сосудов при раздражающей силе тока. Они показали при стимуляции их максимального количества тока от 0,3 до 0,7

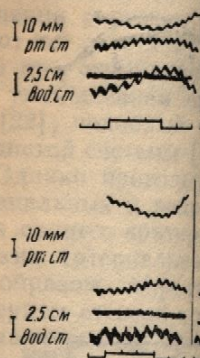


Рис. 3. Характер изменений тонуса емкостных и резистивных сосудов при стимуляции поясничной симпатической цепочки импульсами нарастающей силы тока.

Параметры стимуляции: длительность импульса 0,5 мс; частота 10 Гц. Обозначения: 10 мм рт.ст. — перфузионное артериальное давление; 2,5 см вод.ст. — центральное венозное давление.

отчетливо и достигали максимума. Наиболее отчетливо изменения тонуса резистивных сосудов отмечались при раздражении (1 мА). При раздражении (1,5 мА) не приводило к значительным изменениям.

Наблюдаемое сходство изменений тонуса емкостных и резистивных сосудов в отсутствие существенных изменений тонуса этих сосудистых секций свидетельствует о том, что для выяснения роли функциональной организации сосудов и резистивных сосудов необходимо учитывать их функциональную организацию.

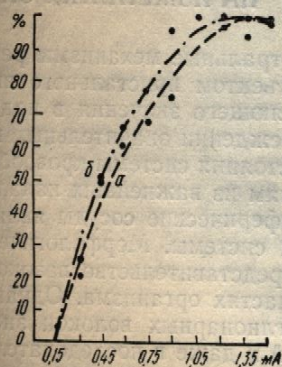
Для выяснения роли функциональной организации сосудов и резистивных сосудов необходимо учитывать их функциональную организацию.

Влияние изменений тонуса емкостных и резистивных сосудов на тонус резистивных сосудов. Данные свидетельствуют о том, что тонус резистивных сосудов не изменяется при стимуляции (рис. 3, нижняя часть). Характер изменений тонуса емкостных и резистивных сосудов при увеличении силы раздражающего тока отчетливо виден на рис. 3 (верхняя часть).

резервуар, и высота уровня крови в нем, мм вод. ст., являлась показателем изменений статистически с применением критерия оригинальных кривых и графиков, на исследованных показателях.

и их обсуждение

симпатической цепочки импульса-емкостные сосуды. Данные ряда исследований свидетельствуют о



телей центральной гемодинамики и тонуса емкостных и резистивных сосудов при стимуляции поясничной симпатической цепочки импульсами нарастающей силы тока.

δ — периферическое венозное давление; α — периферическое артериальное давление.

нейрогенной констрикции емкостных и резистивных сосудов при стимуляции поясничной симпатической цепочки импульсами нарастающей силы тока.

веннозных сегментов сосудистой системы с чем раздражение отдельных участков может сопровождаться изгибом кривых в различных направлениях [18]. При иннервировании артериальных и венозных сегментов, эта избирательность связана с постганглионарным звеном вегетативной нервной системы. Проверка этого предположения проводилась на животных с перерезкой симпатической цепи. Емкостные сосуды на раздражение импульсами различной силы и длительности (0,5 мс) и частоты (0,15, 0,3, 0,6, 0,9 и 1,2 Гц) реагируют с нарастанием тонуса емкостных и резистивных сосудов, что представлено на рис. 1, где отложены к исходным значениям, выраженным в процентах, изменения реакциями и отражающими нейрогенного резерва сопротивления нарастания реакций при увеличении силы раздражающего фактора (нижняя часть).

Полученные данные указывают на достаточно полное совпадение динамики и направленности изменений тонуса емкостных и резистивных сосудов при раздражении симпатических цепочек импульсами нарастающей силы тока. Отчетливые реакции обеих сосудистых секций возникали при стимуляции силой тока 0,3 мА и достигали примерно 25% их максимального констрикторного ответа. В диапазоне изменений силы тока от 0,3 до 0,75 мА реакции обеих секций возрастали наиболее

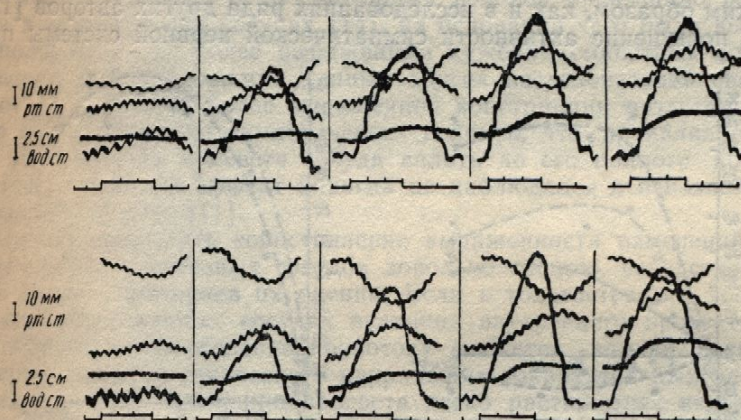


Рис. 3. Характер изменений показателей центральной гемодинамики и тонуса емкостных и резистивных сосудов при стимуляции поясничной симпатической цепочки импульсами нарастающей силы (верхняя часть рисунка) и частоты (нижняя часть рисунка).

Параметры стимуляции для угла верхней части: длительность импульса 0,5 мс, частота импульсации 15 имп/с, сила раздражения 0,15; 0,3; 0,6; 0,9 и 1,2 мА; для нижней части: длительность импульса 0,5 мс, сила раздражения 1,0 мА, частота стимуляции 1, 5, 10, 15, 50 Гц. Обозначения (сверху вниз): центральное венозное давление, системное артериальное давление, давление венозного оттока, перфузионное давление, отметка времени и раздражения.

отчетливо и достигали 75% реализации их нейрогенного резерва сопротивления. Наиболее выраженные изменения тонуса емкостных и резистивных сосудов отмечались также при примерно одинаковой силе раздражения (1 мА). Последующее увеличение силы стимуляции (до 1,5 мА) не приводило к увеличению сосудистых реакций.

Наблюдаемое сходство соотношения степени реализации нейрогенной констрикции резистивных и емкостных сосудов свидетельствует об отсутствии существенных отличий в возбудимости волокон, иннервирующих эти сосудистые секции.

Для выяснения вопроса о том, в какой степени особенности морфофункциональной организации и, в частности, чувствительности емкостных и резистивных сосудов к нейрогенным влияниям определяют дифференцированное их участие в сдвигах системной гемодинамики, были сопоставлены изменения тонуса этих сосудистых секций при стимуляции поясничной симпатической цепочки импульсами различной частоты.

Влияние изменений частоты стимуляции поясничной симпатической цепочки на тонус резистивных и емкостных сосудов. Полученные данные свидетельствуют о принципиальном сходстве реакций емкостных и резистивных сосудов в значительном диапазоне изменений частоты стимуляции (рис. 3, нижняя часть). Констрикция обеих сосудистых секций проявлялась уже при частоте 1 Гц и приобретала закономерный и выраженный характер при учащении стимуляции (рис. 4). Нарастание сосудистых реакций было особенно выражено при увеличении частоты

стимуляции от 1 до 7 Гц, когда их амплитуда достигала примерно 75% максимальной. В диапазоне частот от 7 до 15 Гц наблюдалось параллельное снижение прироста реакций обеих сосудистых секций. Максимальный ответ емкостных и резистивных сосудов возникал при частоте 10 Гц и сохранялся в диапазоне 15—20 Гц. Дальнейшее увеличение частоты стимуляции до 30 Гц сопровождалось синхронным ослаблением реакций емкостных и резистивных сосудов на 16—20% (рис. 5).

Таким образом, как и в исследованиях ряда других авторов [12, 13, 17, 22], повышение активности симпатической нервной системы приво-

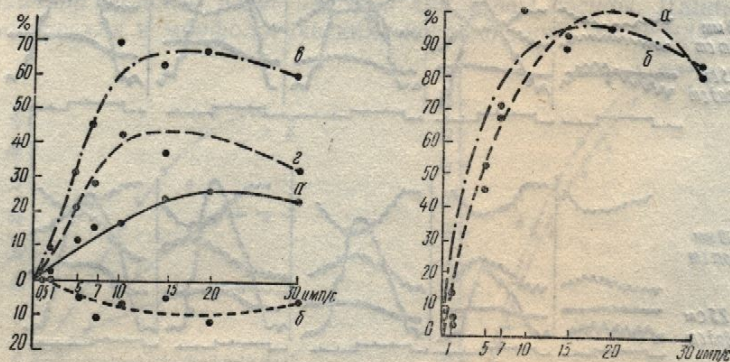


Рис. 4. Изменения средней величины показателей центральной гемодинамики и тонуса емкостных и резистивных сосудов при стимуляции поясничной симпатической цепочки импульсами различной частоты.

Обозначения см. рис. 1.

Рис. 5. Зависимость степени реализации нейрогенной констрикции емкостных и резистивных сосудов от частоты раздражения поясничной симпатической цепочки.

Обозначения см. рис. 2.

дило к возникновению односторонних — констрикторных изменений тонуса емкостных и резистивных сосудов, и величина их реакции прямо зависела от частоты раздражения. К этому же выводу приходят и авторы, которые наблюдали даже разнонаправленные изменения тонуса емкостных и резистивных сосудов при стимуляции поясничной симпатической цепочки. Возникновение в ряде исследований дилатации емкостных сосудов на фоне постоянной констрикции резистивных — они объясняют извращающим влиянием местных факторов, в частности низкого трансмурального давления в венах, на их истинную констрикцию при возрастании активности симпатической нервной системы [6, 7, 8].

В литературе нет единого мнения в вопросе о скорости развития реакций резистивных и емкостных секций на симпатическую импульсацию. По данным одних авторов, резистивные сосуды отчетливо быстрее реагируют возрастанием своего тонуса на начало стимуляции и уменьшением — на его прекращение, чем емкостные [19]. Результаты других — свидетельствуют о примерно одинаковой скорости развития реакций артериальных и венозных сосудов на изменения симпатической активности [22] или о более быстрых реакциях венозных сосудов [21].

Проведенный нами анализ временных характеристик реакций емкостных и резистивных сосудов свидетельствует о том, что повышение тонуса емкостных сосудов в сравнении с резистивными развивается медленнее. К концу периода стимуляции, длительность которого составляла 30 с, ответы резистивных сосудов обычно достигали максимума и быст-

ро исчезали при прекращении стимуляции. В артериальных сосудах возникал толчок, который свидетельствовал о закономерности сокращения поясничной симпатической цепочки.

Вопрос о выражении резистивной стороны нейрогенного разрешения. В исследовании симпатической стимуляции в артериальных сосудах предположение о сравнении с резистивными сосудами об отчетливом ответе сосудов при стимуляции с уменьшением тонуса [22]; подобный ответ сосудов сосудистой системы.

Однако проводимые исследования артериальных и венозных сосудов единых критериев жестких артериальных сосудов, сопряженными критерием степени их констрикции, то значительные и умеренные констрикции не сопровождаются адекватным ответом их емкости, отклонения артериальных сосудов.

В связи с этим исследованием емкостных и резистивных сосудов мы использовали поясничную симпатическую стимуляцию, что позволило установить, что чувствительность к нейрогенным влияниям различных параметров венозной части максимальной констрикции (рис. 2 и 5).

1. Аналогичные реакции резистивных сосудов и емкостных сосудов на симпатическую стимуляцию в свойствах пограничных секций.

2. Реакции резистивных сосудов на симпатическую стимуляцию характерны при всех частотах стимуляции.

3. Отмеченное в емкостных сосудах на симпатическую стимуляцию чувствительности к симпатической стимуляции.

4. Сопоставление различных воздействий симпатических волн на симпатическую стимуляцию и сравнить выра-

ых — констрикторных измене-
судов, и величина их реакции
К этому же выводу приходят
направленные изменения то-
при стимуляции поясничной
ряде исследований дилатации
констрикции резистивных — они
ных факторов, в частности низ-
на их истинную констрикцию
кой нервной системы [6, 7, 8].
вопросе о скорости развития
на симпатическую импульса-
ные сосуды отчетливо быстрее
а начало стимуляции и умень-
костные [19]. Результаты дру-
ковой скорости развития реак-
изменения симпатической ак-
акциях венозных сосудов [21].
их характеристик реакций ем-
пствует о том, что повышение
резистивными развивается мед-
ленность которого составляла
достигали максимума и быст-

В связи с этим, в качестве критерия для оценки выраженности реакций емкостных и резистивных сосудов и для возможности их сопоставления мы использовали величины их максимальных реакций на раздражение поясничной симпатической цепочки. Этот подход позволил нам установить, что чувствительность резистивных и емкостных сосудов к нейрогенным влияниям довольно близка, так как использование различных параметров стимуляции приводило к реализации примерно равной части максимальной нейрогенной констрикции обеих сосудистых секций (рис. 2 и 5).

4. Сопоставление величин реакций отдельных сосудистых секций на различные воздействия с максимальным их ответом на раздражение симпатических волокон позволяет определить степень реализации максимальной нейрогенной констрикции резистивных и емкостных сосудов и сравнить выраженность влияния на них исследуемых факторов.

Литература

1. Братусь В. В. Об изменениях центральной гемодинамики и тонуса периферических сосудов при геморрагии.— Физиол. журн. АН УССР, 1975, 21, № 2, с. 161—169.
2. Гуревич М. И., Братусь В. В. К вопросу о центральной регуляции тонуса венозных сосудов.— Тез. IX съезда Укр. физиол. об-ва. Запорожье, 1972, с. 110—111.
3. Гуревич М. И., Братусь В. В., Хильченко Е. А. О рефлекторных изменениях тонуса венозных сосудов.— Бюл. эксперим. биол. и мед., 1971, № 1, с. 6—10.
4. Леонтьева Г. Р. Распределение катехоловых аминов в стенке кровеносных сосудов теплокровных животных.— Архив. анат., гистол. и эмбриол., 1966, 50, с. 36—41.
5. Опанасюк Н. Д. Экспериментальное изучение реактивности сосудов в условиях нарушенной иннервации: Автореф. дис... канд. мед. наук.— К., 1971.— 16 с.
6. Савельев А. К. Реакции резистивных и емкостных сосудов при электрической стимуляции гипоталамуса.— Венозное кровообращение и лимфообращение. Матер. Всес. симпози. Алма-Ата: Наука, 1976, 2, с. 139—143.
7. Самойленко А. В., Ткаченко Б. И. Изменения сопротивления и емкости сосудов большого круга кровообращения при некоторых системных рефлексках.— Cor et vasa, 1971, 13, p. 134—143.
8. Ткаченко Б. И. Механизмы регуляции емкостных сосудов.— Венозное кровообращение и лимфообращение. Матер. Всес. симпози. Алма-Ата: Наука, 1976, 2, с. 173—180.
9. Ткаченко Б. И., Дворецкий Д. П., Красильников В. Г., Самойленко А. В. Активные реакции емкостных сосудов и их роль в гемодинамических изменениях.— Физиол. журн. СССР, 1968, 54, с. 947—954.
10. Ткаченко Б. И., Дворецкий Д. П., Овсянников В. И., Самойленко А. В., Красильников А. Г. Регионарные и системные вазомоторные реакции.— Л.: Медицина, 1971.
11. Abboud E. M., Eckstein J. W. Distribution of sympathetic innervation to veins and arteries.— Clin. Res., 1965, 13, p. 398—406.
12. Auden R. M., Donald D. E. Reflex responses of the isolated in situ portal vein of the dog.— J. Surg. Res., 1975, 18, p. 35—42.
13. Baum T., Hosko M. J. Response of resistance and capacitance vessels to central nervous system stimulation.— Amer. J. Physiol., 1965, 202, p. 236—242.
14. Davis D. L. Effect of sympathetic stimulation on the dog paw volume.— Amer. J. Physiol., 1963, 205, p. 989—997.
15. Ehinger B., Falck B., Sporrang B. Adrenergic fibres to the heart and peripheral vessels.— Bibl. Anat., 1967, 17, p. 11—15.
16. Folkow B., Mellander S. Veins and venous tone.— Amer. Heart J., 1964, 68, p. 397.
17. Greenway C. V., Lawson A. E., Mellander S. The effect of stimulation of hepatic nerves, infusions of noradrenaline and occlusion of carotid arteries on liver blood flow in the anaesthetized dogs.— J. Physiol., 1967, 192, p. 21—41.
18. Haddy F. J., Fleishman M., Emanuel D. A. Effect of epinephrine and serotonin upon systemic, small and large vessels resistance.— Circul. Res., 1957, N 5, p. 247—251.
19. Hammond M., Davis C. L., Dow P. Segment responses of dog paw vasculature.— Fed. Proc., 1968, 27, p. 329—334.
20. Kuntz A. The autonomic nervous system. Philadelphia, 1953.
21. Lee J. S., Visscher M. B. Microscopic studies of skin blood vessels in relation to sympathetic nervous stimulation.— Amer. J. Physiol., 1957, 190, p. 37—40.
22. Mellander S. Comparative studies of the adrenergic neurohormonal control on resistance and capacitance blood vessels in the cat.— Acta physiol. scand., 1960, 50, suppl.
23. Webb-Peploe M. M. The isovolumetric spleen index of reflex changes in splanchnic vascular capacity.— Amer. J. Physiol., 1969, 216, p. 407—413.
24. Webb-Peploe M. M., Shepherd J. T. Response of large hindlimb veins of the dog to sympathetic nervous stimulation.— Amer. J. Physiol., 1968, 215, p. 299—307.

Отдел физиологии кровообращения Института
физиологии им. А. А. Богомольца АН УССР

Поступила в редакцию
1.VI 1978 г.

V. V. Bratus'

A COMPARATIVE STUDY OF RESISTANCE AND CAPACITANCE VESSELS RESPONSES TO CHANGES IN SYMPATHETIC ACTIVITY

Summary

The article deals with the nature of the sympathetic influences on the resistance and capacitance vessels tone. The stimulation of the lumbar sympathetic chains is shown to increase both the vascular sections tone, and the degree of this response depends on the amplitude and frequency of the stimulation. The quantitative estimation of the vascular responses magnetude showed that the sympathetic nervous system has almost the same effect on the both vascular sections.

УДК 612.181

В ПРОЯВЛ ТОНКО

Последние год
ной роли венозных
обращения. В свя
к изучению механ
Установлено [9],
сосуды, как прави
вать неоднозначн
костных сосудов и
центральные, так
ответа емкостных
показал, что хара
кого кишечника и
торов, как уровень
В литературе име
риальных сосудов
вующего агента,
такого рода зави
нозных сосудов.

Мы изучали
тонкого кишечника
адреналина.

Опыты проведен
и хлоралозы (0,05 г/
Тонкий кишечни
вали в гуморальном
ровали с помощью н
поступала в насос
брыжеечной артерии
катетера в цилиндр,
ну донора. Давлен
10 мм рт. ст. подро
тах [5,8].

Показателем из
перфузионного давл
ника поступала арте
ниям оттока венозн
стоянном расходе.

Перфузионное,
в измерительном ци
ными датчиками на
В специальной
органа [2] определя