

ния аллергических поражений серд-

M. Biologic effects of heterologous. 36, N 6, p. 523—529.

in systemic allergic reactions. Com-
tro.—Circulat. Res., 1975, 36, N 4.

Method for the study of autoimmunolo-
immunol., 1957, 2, 3, 206.

acute coronary occlusion.—In: Ef-
son, 1972, p. 75—96.

R. E. Acute changes in high energy
force in ischemic and nonischemic
—Cardiovasc. Res., 1976, 10, N 3.

e.—Brit. Heart J., 1978, 40, p. 211—

ly released histamine on the iso-
nacol. Exp. Ther., 1972, 182, 227—

art anti-bodies: differentiation bet-
Clin. Immunol. and Immunopath.,

cell in rheumatic heart disease.—

Поступила в редакцию
4.VI 1980 г.

I. Marchenko,
S. B. Frantsuzova,
blovskaya

IN CARDIODYNAMICS
WITH INFARCTION-LIKE
NE GENESIS

body reaction results in develop-
of a zonal myocardium affections
bolism in the myocardium which
ese disturbances progress for 24
tics and metabolism disturbances
of biologically active substances
n disturbances of immune genesis.

УДК 612.821.3

В. В. Сиротский, В. Л. Зильман

НЕКОТОРЫЕ ЧАСТОТНО-РИТМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ УМСТВЕННОМ НАПРЯЖЕНИИ

В свое время было отмечено [4] своеобразие сдвигов сердечной деятельности при эмоциональном возбуждении. При этом увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) сопровождалось не обычным для физиологической тахикардии снижением величины «функции разброса» [2] кардиоритма, т. е. его вариабельности (как это бывает, например, при физической или тепловой нагрузке), а наоборот — повышением. Такое сочетание сдвигов оказывается достаточно дифференцированным показателем состояния эмоционального напряжения. В некоторых работах [5] оценка вариабельности ЧСС используется для суждения о так называемом операциональном напряжении, связанном с осуществлением человеком деятельности операторского характера в условиях дефицита времени и неполной информации. С усилением такого напряжения наблюдается одновременное увеличение ЧСС с уменьшением физиологической аритмии. Очень немногочисленны исследования вариабельности сердечного ритма за короткие (до 10 с) отрезки времени и тем более при одномоментных сдвигах отдельных сократительных циклов, в основном проводившиеся в условиях ориентировочной либо пассивно-оборонительной реакции [8, 10, 11, 12]. Наконец, имеются лишь единичные исследования кардиоритмики при осуществлении человеком сложных видов высшей нервной деятельности, в том числе — деятельности операторского типа, связанной с распознаванием и анализом сложной ситуации, например, декодированием различных сигналов [9].

Мы изучали изменения частотно-ритмических характеристик деятельности сердца при напряжениях, связанных не с общим эмоциональным подъемом (типа стартового) или со скоростными, но шаблонными манипуляциями (операциональное напряжение), а с нестереотипными, т. е. проблемными ситуациями (ПС) в данном случае — ПС семантического типа, где особенно акцентируется необходимость срочного декодирования какой-либо комбинации знаковых (второсигнальных) стимулов.

Методика исследований

У 28 испытуемых в возрасте 21—23 лет и 3 испытуемых в возрасте 50—55 лет непрерывно регистрировали ЭКГ, преимущественно во II отведении, во время выполнения ими серии однотипных экспериментальных заданий, которые по своему содержанию модельно воспроизводили специфические особенности некоторых ситуаций операторской деятельности человека, требующих воссоздания смыслового содержания в условиях острого дефицита времени (лимит времени — 1 мин) и неполноты информации (модель так называемой нештатной аварийной ситуации). Каждое задание состояло в срочном восстановлении текста

неполного осмысленного грамматического предложения с использованием запечатленного в памяти испытуемого специально организованного, «ориентированного» списка слов. Всего произведено 450 записей ЭКГ по 150—50 циклов сокращения в каждой, проанализировано 11400 интервалов RR . При анализе ЭКГ особое внимание обращали на длительность интервалов RR (измерявшихся вручную, с точностью до 0,01 с) и их вариабельность в различные моменты выполнения задания. Определяли вариабельность интервалов RR обычным методом [7].

Результаты исследований и их обсуждение

При исследовании величины и вариабельности ЧСС в данных условиях было прежде всего обнаружено, что они значительно различаются в предрабочий период, непосредственно предшествующий выполнению задания и в рабочий период — во время его выполнения. В целом эти различия сводятся к более значительной и вариабельной среднегрупповой величине ЧСС в рабочий период по сравнению с предрабочим (рис. 1). Вместе с тем существенными оказываются особенности ЧСС в различных рабочих периодах, в зависимости от того, эффективно (результативно и быстро) или неэффективно (медленно, не всегда результативно) выполнялось соответствующее экспериментальное задание.

Главной особенностью ЧСС в эффективных пробах (ЭП) является большая ее величина (меньшая величина интервалов RR) и большая вариабельность по сравнению не только с предрабочим периодом, но и с уровнем неэффективных проб (НП), что иллюстрируется на рис. 1. Приведенным здесь величинам интервалов RR соответствуют следующие среднегрупповые частоты сердечного ритма: 83,8 уд/мин — в предрабочий период (100 %), среднегрупповая ЧСС по НП — 88,7 уд/мин (увеличение на 5,6 % к предрабочему уровню) и 90,1 уд/мин в ЭП (увеличение на 9,9 % к предрабочему уровню). Как видно из приведенных данных, в этих условиях вместе с закономерным нарастанием средней величины ЧСС от предрабочего периода к уровню НП и далее к уровню ЭП происходило изменение среднегрупповой вариабельности кардиоритма, причем в НП она упала на 20,4 %, а в ЭП возросла на 11,6 % к исходной. Здесь особенно показательно одновременное возрастание величины и вариабельности ЧСС в периоды ЭП. Такое сочетание сдвигов может указывать на усиление эмоционального напряжения в этих условиях.

Приведенные усредненные данные дополняются некоторыми характерными индивидуальными примерами (рис. 2), из которых видно, что в основном здесь наблюдаются признаки трех главных типов вариационных пульсограмм, приводимых в литературе [1]: нормотонической, симпатикотонической и ваготонической, хотя и с разной степенью выраженности. На рис. 2 также видны некоторые отклонения от выведенной на основании средних цифр закономерности, особенно наглядно выступающие в трех случаях (рис. 2, г, д, е). Так, вариационная пульсограмма испытуемой Б. (рис. 2, д) в предрабочий период по своему виду весьма близка к ваготоническому типу (мода — 0,880 с, средняя величина интервала — 0,884 с, коэффициент вариации — 5,8; разность крайних значений величин интервалов RR — 0,46 с, значительная полимерность). Типичная для этой испытуемой кривая в НП по своим параметрам соответствует описанной выше общей закономерности, отражая рост величины ЧСС (здесь происходит также увеличение ее вариабельности до 6,77). Но вариационная кривая в ЭП при продолжающемся нарастании ЧСС отражает и резкое падение физиологической аритмии

сердца (до 3,2 %). Лишь положить в этом феномене с выше закономерности, но идет об изменении в таких параметрах вариабельности (диссоциация частотно-ритмических параметров), причем особенно выраженном именно в ЭП. Это легко наблюдать, например, как сдвиг величины отношения $\frac{CV}{\bar{X}_{RR}}$ (где CV — коэффициент вариабельности, $\bar{X}_{RR}$ — средняя величина интервала RR). Так, в рассматриваемом случае у испытуемой Б. величина CV (повысившись перед этим в НП на 16,72 % к исходному) в ЭП снижа-

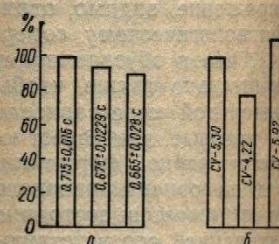


Рис. 1. Длительность интервалов предрабочий период и при выполнении задания

Первая диаграмма — в предрабочий период, третья — при эффективном выполнении в абсолютном значении — число выше велич

Рис. 2. Вариационные пульсограммы неэффективном выполнении задания. По вертикали — число случаев (в процентах); по горизонтали — длительность интервала, пунктирная — при эффективном выполнении проб; а — испытуемая А; б — Б; в — В; г — Г; д — Д; е — Е.

ется на 44,83 % к исходному значению интервала RR , снизившись в ЭП на 10,86 %. Так что величина

едложения с использованием специально организованно произведено 450 записей, проанализировано 11400. Внимание обращали на длительную, с точностью до минуты выполнения задания, обычным методом [7].

Обсуждение

Величины ЧСС в данных условиях значительно различаются, предшествующий выполнению его выполнения. В центральной и вариабельной сред по сравнению с предработным оказываются особенности частоты от того, эффективно (медленно, не всегда) экспериментальное задание. В пробах (ЭП) является длительность интервалов RR и большая предработным периодом, но и иллюстрируется на рис. 1. RR соответствуют следующим: 83,8 уд/мин — в предработном по НП — 88,7 уд/мин (но) и 90,1 уд/мин в ЭП (но). Как видно из приведенных закономерным нарастанием периода к уровню НП и единичной вариабельности 20,4 %, а в ЭП возрастает одновременно в периоды ЭП. Такое соотношение эмоционального напряжения

отражаются некоторыми характеристиками (рис. 2), из которых видно, что в главных типах вариаций [1]: нормотонической, с разной степенью выражения от выведенной особенно наглядно выступают вариационная пульсограммный период по своему виду — 0,880 с, средняя величина — 5,8; разность крайних, значительная полимеризация в НП по своим параметрам закономерности, отражая увеличение ее вариабельности при продолжающемся физиологической аритмии

сердца (до 3,2 %). Лишь дополнительный анализ позволяет предположить в этом феномене своеобразное проявление той же, отмеченной выше закономерности, но выступающей в более широком плане. Речь идет об изменении в таких условиях степени пропорциональности между параметрами вариабельности и частоты ритма сердечной деятельности (диссоциация частотно-ритмических параметров), причем особенно выраженно именно в ЭП. Это легко наблюдать, например, как сдвиг величины отношения $\frac{CV}{\bar{X}_{RR}}$ (где CV — коэффициент вариабельности, $\bar{X}_{RR}$ — средняя величина интервала RR). Так, в рассматриваемом случае у испытуемой Б. величина CV (повысившись перед этим в НП на 16,72 % к исходному) в ЭП снижа-

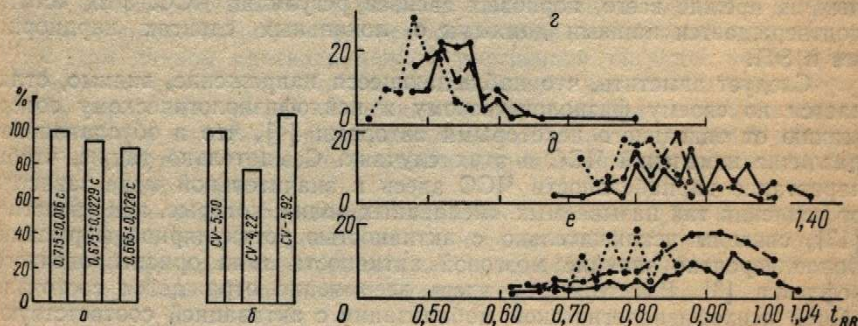


Рис. 1. Длительность интервалов RR электрокардиограммы и их вариабельность в предработный период и при выполнении экспериментальных заданий с умственной нагрузкой.

Первая диаграмма — в предработный период, вторая — при неэффективном выполнении заданий, третья — при эффективном выполнении заданий. а — средние групповые величины интервалов RR , в абсолютном значении — число внутри столбика, в процентах — по вертикали, б — средние групповые величины вариабельности интервалов RR .

Рис. 2. Вариационные пульсограммы в предработный период и при эффективном или неэффективном выполнении экспериментальных заданий с умственной нагрузкой.

По вертикали — число случаев (в процентах) нахождения в выборке интервалов RR данной величины; по горизонтали — длительность интервалов RR в секундах. Сплошная линия — предработный период, пунктирная — при эффективном выполнении проб, штриховая — при неэффективном выполнении проб; а — испытуемая С.; б — испытуемая М.; в — испытуемая Г.; г — испытуемая Пр.; д — испытуемая Б.; е — испытуемая П.

ется на 44,83 % к исходному, в то же время средняя величина интервала RR , снизившись в НП на 4,86 %, затем в ЭП снижается на 10,86 %. Так что величина отношения $\frac{CV}{\bar{X}_{RR}}$, повысившись в НП на

22,69 %, падает в ЭП на 38,11 % к исходному, т. е. меньше чем падение CV . Подобным образом происходят изменения и у испытуемой П. с близким к ваготоническому типу режимом ЧСС (рис. 2, е), где CV падает в ЭП на 30,1 %, RR — на 11,75 %, а величина их отношения на 20,7 % к исходному. Еще более показательны сдвиги степени пропорциональности отношения $\frac{CV}{\bar{X}_{RR}}$, обратные двум описанным случаям, когда в ЭП даже значительное увеличение ЧСС сопровождается еще более значительным увеличением variability. Например, у испытуемой Г. (рис. 2, в) средняя величина RR уменьшилась на 13,04 % к исходному, а variability увеличилась на 40,63 %, что привело к изменению величины отношения $\frac{CV}{\bar{X}_{RR}}$ на 72,08 %.

На основании приведенных данных можно допустить, что в условиях выполнения предложенных экспериментальных заданий, акцентирующих семантическую сторону деятельности, происходит относительное элиминирование двух физиологических механизмов: регуляции средней частоты сердечных сокращений и регуляции «функций разброса» сердечного ритма. Элиминирование выражено тем больше, чем более эффективным оказывается процесс решения экспериментальной задачи. Напрашивается вывод о значительной роли в этом явлении возмущающих сердечную деятельность импульсаций со стороны центрально-нервных, и, прежде всего, корковых звеньев регуляции ЧСС. Это, кстати, подтверждается нашими данными о локальных сдвигах кардиоритма в ЭП.

Следует заметить, что наблюдающееся напряжение, видимо, отличается по своему физиологическому и психофизиологическому содержанию от описанного некоторыми авторами [4], что и обуславливает различие изменений ЧСС в этих случаях. Сомнительно также, чтобы нарастание variability ЧСС здесь в значительной мере зависело от усиления так называемых «медленных волн», которые, как известно, [13], связаны исключительно с активностью ретикулярной формации. Более вероятно влияние мозговой активности типа ориентировочного рефлекса [3]. Вместе с тем здесь несомненно отражается состояние общей психофизиологической мобилизации с активацией соответствующих условнорефлекторных связей [6].

Особенности частотно-ритмического режима деятельности сердца в предрабочий период и в условиях ЭП и НП позволяет предположить, что интенсивность и частота возникновения корковых возмущений в каждом из этих трех случаев различны. Они наибольшие в условиях ЭП, что, по-видимому, связано с особой активностью корковых структур в эти моменты. Такая нервная активность отличается, судя по ее кардиоритмическим эффектам, особым динамизмом, развернутостью индукционных явлений.

В условиях НП, где так же как в ЭП, обычным было сокращение интервалов RR (увеличение ЧСС), тем не менее variability в среднем даже снижалась по сравнению с предрабочим периодом, хотя и не во всех индивидуальных случаях. Причину этого можно видеть прежде всего в том, что предрабочий период в наших условиях никак не являлся состоянием покоя. Напротив, ожидание начала опыта, сама его обстановка способствовали возникновению у испытуемых определенного эмоционально-ориентировочного возбуждения. Так что в ряде случаев уже начавшийся опыт в какой-то мере даже снимал это предрабочее возбуждение, чем и объясняется описанный выше эффект. Основываясь

на нем же можно добавить, вообще является индикатор степени, чем абсолютная величина.

В свою очередь такоеобразие частотно-ритмическое большая здесь variability должна указывать и на в. Однако, вероятно, дело не в пропорциональной активации, сколько по сравнению с имеющимся в большей степени включением тормозные механизмы, которая роль в налаживании и этих отношений в центральных больших полушарий.

1. Частота и variability существенно различны при кратко-временных умственных напряжении, а также

2. В среднем оба показателя эффективного осуществления экспериментального рабочего период, второй —

3. При данной кратко изменение степени пропорциональности сердечного ритма. проявляется в условиях э. ки. В процентном отношении больше, чем его частоты.

4. Отмеченное выражение частоты и variability постоянным физиологическим человеком проблемной ситу.

1. Баевский Р. М., Волков Ю. спектральный анализ пульса тоды анализа сердечного ритма.
2. Бернштейн Н. А. Предисловие к математический аппарат биологии.
3. Вентцель М. Д., Воскресенский В. И. корреляционного анализа для космического полете. — В кн. М.: Наука, 1968, с. 69—79.
4. Зациорский В. М., Сарсания В. А. — В кн.: Математический анализ. с. 31—50.
5. Иванов-Муромский К. А., Жигарев В. П. го стресса. — Физиология человека.
6. Сиротский В. В., Шахова Л. И. ной реактивности и типологическая профотбора. — Материалы профессионального отбора. К.
7. Урбах В. Ю. Биометрические методы.
8. Філатов А. Т. Про складні Матеріали VIII з'їзду Укр. ф.

му, т. е. меньше чем падение и у испытуемой П. ЧСС (рис. 2, е), где CV величина их отношения на быны сдвиги степени про-
е двум описанным случа-
ение ЧСС сопровождается
набельности. Например, у
RR уменьшилась на 13,04 %
на 40,63 %, что привело к
8 %.

можно допустить, что в усло-
альных заданий, акцентирова-
происходит относительное
анизмов: регуляции сред-
ляции «функций разброса»
но тем больше, чем более
экспериментальной задачи.
в этом явлении возмущаю-
о стороны центрально-нерв-
гуляции ЧСС. Это, кстати,
ьных сдвигах кардиорит-
напряжение, видимо, отли-
кофизиологическому содер-
[4], что и обуславливает
Сомнительно также, чтобы
ачительной мере зависело
ин», которые, как известно,
о ретикулярной формации.
ти типа ориентировочного
нно отражается состояние
активацией соответствующ-

има деятельности сердца
I позволяет предположить,
я корковых возмущений в
наибольшие в условиях
ивностью корковых струк-
отличается, судя по ее
анизмом, развернутостью

обычным было сокращение
нее вариабельность в сред-
бочим периодом, хотя и не
того можно видеть прежде
условиях никак не являл-
ачала опыта, сама его об-
испытуемых определенного
и. Так что в ряде случаев
е снимал это предрабочее
выше эффект. Основываясь

на нем же можно добавить, что вариабельность кардиоритма, вероятно, вообще является индикатором эмоционального напряжения в большей степени, чем абсолютная величина ЧСС.

В свою очередь такое заключение еще больше подчеркивает своеобразие частотно-ритмического режима сердца в условиях ЭП. Наибольшая здесь вариабельность (вместе с наибольшей ЧСС) в принципе должна указывать и на высший уровень эмоционального напряжения. Однако, вероятно, дело не столько в количественном нарастании эмоциональной активации, сколько в изменении ее характера, особенно по сравнению с имеющимся в НП. Отмечаются признаки того, что здесь в большей степени включаются наряду с возбуждающими также и тормозные механизмы, которым, как известно, принадлежит существенная роль в налаживании и совершенствовании текущих координационных отношений в центральной нервной системе и, в частности, в коре больших полушарий.

Выводы

1. Частота и вариабельность интервалов RR электрокардиограммы существенно различны при эффективном и неэффективном выполнении кратковременных умственных нагрузок, требующие психофизиологического напряжения, а также в периоды, предшествующие этой работе.
2. В среднем оба показателя оказываются наибольшими в условиях эффективного осуществления умственной работы, связанной с выполнением экспериментального задания, а наименьшими: первый — в предрабочий период, второй — при неэффективном выполнении задания.
3. При данной кратковременной умственной нагрузке характерно изменение степени пропорциональности между частотой и вариабельностью сердечного ритма. Особенно четко указанная закономерность проявляется в условиях эффективного выполнения умственной нагрузки. В процентном отношении сдвиги вариабельности ритма сердца больше, чем его частоты.
4. Отмеченное выраженное изменение степени пропорциональности частоты и вариабельности сердечного ритма является достаточно постоянным физиологическим коррелятором эффективного решения человеком проблемной ситуации семантического характера.

Литература

1. Баевский Р. М., Волков Ю. Н., Нидеккер И. Г. Статистический, корреляционный и спектральный анализ пульса в физиологии и клинике. — В кн.: Математические методы анализа сердечного ритма. М.: Наука, 1968, с. 51—61.
2. Бернштейн Н. А. Предисловие к книге Черныша В. И. и Напалкова А. В. Математический аппарат биологической кибернетики. М., 1964, с. 3—31.
3. Вентцель М. Д., Воскресенский А. Д., Чехонадский Н. А. Применение методов корреляционного анализа для исследования сердечной деятельности человека в космическом полете. — В кн.: Математические методы анализа сердечного ритма. М.: Наука, 1968, с. 69—79.
4. Зацюрский В. М., Сарсания С. К. Исследование физиологических аритмий сердца. — В кн.: Математические методы анализа сердечного ритма. М.: Наука, 1968, с. 31—50.
5. Иванов-Муромский К. А., Лукьянова О. Н. Человек в состоянии операционного стресса. — Физиология человека, 1975, 1, № 3, с. 459—468.
6. Сиротский В. В., Шахова В. И. Использование критериев взаимосвязи вегетативной реактивности и типологических особенностей нервной системы у человека в целях профотбора. — Материалы I Всес. симп. по психо-физиологическим основам профессионального отбора. К., 1973, с. 130—131.
7. Урбах В. Ю. Биометрические методы. М.: Наука, 1964. 408 с.
8. Філатов А. Т. Про складність серцевого компоненту орієнтувального рефлексу. — Матеріали VIII з'їзду Укр. фізіол. товариства. Львів, 1968, с. 595.

9. Черняева С. А. [Цит. по: Баевский Р. М.] Синусовая аритмия с точки зрения кибернетики.— В кн.: Математические методы анализа сердечного ритма. М.: Наука, 1968, с. 9—23.
10. Blaylock B. Some antecedents of directional fraction: effects of «intact-reaction» verbalization requirements and threat of shock on heart rate and skin conductance.— *Psychophysiology*, 1972, 9, N 1, p. 40—50.
11. Dronzejko K. Effect of duration and instructional set on cardiac anticipatory responses to stress field dependent and independent subjects.— *Psychophysiology*, 1972, 9, N 1, p. 1—13.
12. Kaplan B. E., Corby Y. C., Leiderman P. H. Attention and verbalization: differential responsivity of cardiovascular and electrodermal systems.— *J. Psychosom. Res.*, 1971, 15, N 3, p. 323—328.
13. Matsumoto H.— цит. по [4].

Институт физиологии
им. А. А. Богомольца АН УССР,
Сумский педагогический институт

Поступила в редакцию
31.VIII 1979 г.

[V. V. Sirotsky], V. L. Zilman

CERTAIN FREQUENCY-RHYTHMICAL CHARACTERISTICS OF HEART FUNCTIONING DURING A SHORT-PERIOD INTELLECTUAL EXERTION

Summary

A series of experimental semantic assignments simulating an operator activity was fulfilled by 31 persons under conditions of time and information deficit. Electric cardiogram in the second lead was continuously recorded. When measuring the RR intervals some distinctions in the systole frequency and in the heart rhythm variation were revealed between the period that directly preceded the work, the electrocardiogram sections that coincide in time with slowed-down ineffective fulfillment of the task and the electrocardiogram sections that coincide in time with a rapid effective fulfillment of the task. In the last case the average value of the RR intervals was the least and their variation—the highest. Personal data confirm this peculiarity of the periods of effective fulfillment of the test. A conclusion is made on a considerable dissociation between the frequency and variation of the heart rhythm under these conditions and on a special role of the cortex influences in this process.

A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev;
Pedagogical Institute, Sumy

УДК 616.12-008.331.1-012.9:616.127

К ВОПРОСУ О СОКРАЩЕНИИ У СОБАК С РЕВМАТИЧЕСКОЙ ГИПЕРТРОФИЕЙ

Общепринятые критерии сокращения левого желудочка, характеризующие его достаточно совершенные условия артериальной нагрузки на левый желудочек при гипертрофии, одного из основных критериев адекватности при повышении артериальной нагрузки.

Данные о механических свойствах левого желудочка лабораторных животных продолжительности и скорости сокращения, методам измерения состояния сердечной мышцы, к которым относятся об исследовании миокарда, который на [5, 6, 7, 11, 29, 30], даны выше [13, 15, 18].

Данные о сократительной способности артериальной нагрузки.

Мы изучали сократительную способность левого желудочка при ревматической гипертензии.

Опыты проведены на 30 собак. Реноваскулярную гипертензию создавали с помощью стеноза почечных артерий серебряными спиральными клипсами различного диаметра [1]. В остром периоде под морфинно-хлоралозным наркозом изучали гемодинамику и инотропное действие различных сроков развития стеноза почечных артерий после сужения почечных артерий у 5 собак и через 6 мес — 3 собак. Определяли методом термодиффузии (СИ, в мл/мин/кг) сердечный выброс, формулу Франка — Пуазейля (СИ, в мм рт. ст.) измеряли электрическое сопротивление соответствующего отдела сердца (АДер, ЛЖД и его первой ветви) на чернильно-струйном манометрической системе с помощью фильтрации сигнала в