

Л. Ф. ШЕРДУКАЛОВА, Н. Г. АГАДЖАНОВА

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ РЕГУЛЯЦИИ РАБОТЫ СЕРДЦА У ЗДОРОВЫХ СОБАК В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ПНЕВМОТОРАКСА

Изучению показателей внутрисердечной гемодинамики, гемодинамики малого и большого кругов кровообращения и функционального состояния миокарда у интактных собак посвящен ряд сообщений [2, 6, 14, 15]. Эти исследования авторы проводили катетеризацией сердца через наружную яремную вену при закрытой грудной клетке, непосредственной пункцией полостей сердца в условиях открытого пневмоторакса и методом поликардиографии.

Однако сведения, полученные вышеперечисленными авторами, часто несопоставимы из-за различной частоты сердечных сокращений (ЧСС) и не дают четкого представления о функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы (ССС) у собак в норме. Тем не менее такие сведения крайне необходимы, так как эти животные широко используются для создания различных моделей патологии ССС. Особенно полезна такого рода информация при изучении вопросов работы сердца в процессе обратного развития недостаточности миокарда, когда требуется проведение динамических наблюдений.

В связи с этим в настоящей работе у здоровых собак было проведено комплексное изучение показателей внутрисердечной гемодинамики, гемодинамики малого и большого кругов кровообращения, газового состава крови из полостей сердца и магистральных сосудов, а также величины объемного кровотока.

Материал и методика исследования. Исследования были проведены на 60 собаках обоего пола (весом от 20 до 32 кг) в условиях интратрахеального наркоза и открытого хирургического пневмоторакса при автоматически управляемом дыхании. Методом прямой пункции у каждого животного осуществляли забор проб крови из полостей сердца и магистральных сосудов, а также запись кривых давления при помощи осциллографа «Мингограф-81», шведской фирмы «Elema». Синхронно с кризами давления регистрировали ЭКГ во II отведении при скорости движения ленты 50—100 мм/сек.

Насыщение крови кислородом определяли при помощи оксиметра 0-57 завода «Красногвардеец». Объемный кровоток регистрировали электромагнитным флоуметром РКЭ-1. Работу желудочков, сопротивление большого и малого кругов кровообращения рассчитывали по общепринятым формулам.

Результаты исследований подвергнуты статистической обработке и представлены в табл. 1. Разбор материала проводили с учетом ЧСС, в связи с чем подопытные животные были распределены в 3 группы. В

I группе (20 животных) ЧСС колебалась в пределах 60—100 уд. в мин. и составляла в среднем $87,0 \pm 5,6$ уд. в мин., во II (20 животных) — от 101 до 130 уд. в мин. и составляла в среднем $105,0 \pm 5,6$ уд. в мин., в III группе (20 животных) — от 131 до 200 уд. в мин. и составляла в среднем $142,0 \pm 8,0$ уд. в мин. Различия ЧСС между группами статистически достоверны ($P < 0,01$). Колебания ЧСС в наших наблюдениях соответствовали литературным данным [2, 4, 16]. О. А. Березовский значительные колебания ЧСС у собак объясняет различием их возраста. У молодых животных ритм сокращений значительно чаще ($141,4 \pm 6,7$), чем у старых ($117,3 \pm 4,3$). Значительное влияние на ЧСС при различных исследованиях [4, 6, 16, 21] оказывали различные условия опытов, глубина наркоза, гормональный фон, а также открытый хирургический пневмоторакс.

В наших исследованиях, как видно из табл. 1, несмотря на значительные колебания ЧСС, давление в полостях сердца и магистральных сосудах у всех групп животных изменялось незначительно (различия статистически недостоверны, $P > 0,5$).

Из приведенных данных видно, что величина давления в полостях сердца и магистральных сосудах соответствовала, в основном, литературным данным [9, 13, 14, 17]. К тому же уровень давления в легочной артерии и в правом желудочке по данным вышеперечисленных авторов не зависел от условий опыта (катетеризация сердца и магистральных сосудов при закрытой грудной клетке и пункция их в условиях управляемого дыхания и открытого пневмоторакса). Некоторое различие с литературными данными было получено в величинах систолического градиента давления между левым желудочком и аортой. По нашим данным он составлял 2—5 мм рт. ст., по данным О. А. Чантурая, был значительно выше ($18,0 \pm 2,0$ мм рт. ст.). Это обусловлено, по-видимому, различием последовательности измерения давления в левом желудочке и аорте, а также и различием времени между этими измерениями.

Исследование газового состава крови, как и гемодинамики, не выявило различий между группами животных. Так, насыщение крови в бедренной артерии и левом желудочке составило $96,8 \pm 0,3$, в бедренной вене, правом желудочке и в легочной артерии — $71,4$ — $72,6 \pm 0,5$. Артерио-венозная разница по кислороду составляла $24,0 \pm 2,0$. Полученные данные близки к литературным [2, 8, 11]. Не было в наших исследованиях зависимости между ЧСС и такими гемодинамическими показателями, как минутный объем кровообращения (МОК), работа левого и правого желудочков, сопротивление большого и малого кругов кровообращения ($P > 0,5$) (см. табл. 1). МОК в различных группах животных колебался от $3,6 \pm 0,06$ до $3,8 \pm 1,05$ л/мин. Эти данные МОК, полученные при помощи электромагнитной флоуметрии, соответствуют литературным [1, 7, 10, 12]. По данным этих авторов МОК для собак весом 25—30 кг составлял 2,5—3,8 л/мин. О. А. Чантурая определял МОК рентгенокимографически по методике А. Кейса и получил несколько заниженные цифры ($2352 \pm 82,0$ мл/мин.) ($P < 0,001$). В. И. Бу-

раковский и др. расхождение своих данных (МОК-1800—2500 мл/мин.) с литературными объясняют глубиной наркоза.

Внешняя работа правого желудочка ($W_{\text{вн. пр. жел.}}$) по нашим данным колебалась от 0,70 до 0,79 кгм/мин., а внешняя работа левого желудочка ($W_{\text{вн. лев. жел.}}$)—от 4,7 до 4,9 кгм/мин.

Сопротивление большого круга кровообращения ($R_{\text{б. кр.}}$) изменялось в пределах 2023—2080 дин. сек. см⁻⁵, а сопротивление малого круга ($R_{\text{м. кр.}}$)—276—374 дин. сек. см⁻⁵.

Таким образом, при колебании ЧСС статистически значимых изменений среди вышеперечисленных гемодинамических показателей не выявлено. Исключение составили лишь величины ударного объема (УО) (табл. 1). По мере увеличения ЧСС величина УО снижалась, что соответствует литературным данным [3]. И тем не менее несмотря на значительное учащение ЧСС от I группы животных к III и снижение в связи с этим величин УО, в наших опытах не отмечалось заметных изменений МОК. Это полностью соответствует данным [20], показывающим, что увеличение ЧСС на сердечно-легочном препарате от 60 до 160 уд. в мин. при постоянном суммарном венозном притоке не сопровождается изменением минутного выброса.

Полученные данные позволяют обсудить некоторые вопросы функционального состояния левого и правого желудочков сердца у собак в норме, и в частности, вопросы взаимоотношений гетерометрического и гомеометрического механизмов регуляции работы сердца. Взаимосвязь этих механизмов можно выразить графически в виде кривых функции желудочков [18, 19]. Они представляют собой зависимость между величинами конечного диастолического давления ($P_{\text{к. д.}}$) желудочка и ударной (внешней) работой. Мы воспользовались предложением Ю. Д. Волинского [5] и составили групповые кривые функции для левого и правого желудочков.

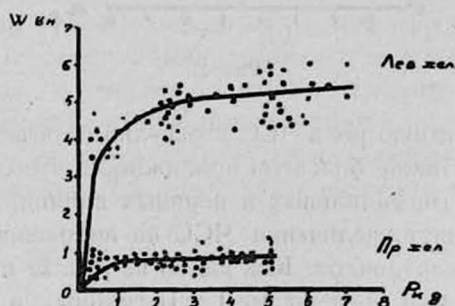


Рис. 1.

Как видно на рис. 1, у здоровых животных отмечается закономерное увеличение и $W_{\text{вн. лев. жел.}}$ и $W_{\text{вн. пр. жел.}}$ по мере роста их $P_{\text{к. д.}}$, т. е. работа сердца у них осуществляется в соответствии с механизмом Франка-Старлинга (чем больше растянуто мышечное волокно, тем больше сила произведенной работы, и наоборот). Однако при дос-

тижении определенного уровня $P_{к.д.}$ (для правого желудочка около 4—5 мм рт. ст., а для левого желудочка около 8 мм) подъем W вн. замедляется и на кривых функции появляется плато, свидетельствующее о достижении физиологического предела растяжимости миокарда. Характеризуясь вышеописанным общим свойством, кривые функции левого и правого желудочков в то же время имеют и значительные количественные отличия из-за крутизны подъема W вн. А именно, кривая функции левого желудочка значительно круче и выше кривой функции правого желудочка. Это различие положения в системе координат кривых функций левого и правого желудочков сердца обусловлено различием их функционального состояния [18]. Действительно, левый желудочек совершает работу в 5 раз большую, чем правый, ибо он гонит кровь по системе, сопротивление которой в 5 раз выше, т. е. миокард левого желудочка в ответ на большее сопротивление выбросу крови усиливает мощность сокращений без существенных изменений исходной длины мышечного волокна. Такой механизм регуляции носит название гомеометрического. Эти данные показывают, что у здоровых собак в условиях хирургического пневмоторакса работа сердца осуществляется при тесном взаимодействии гетерометрического и гомеометрического механизмов саморегуляции.

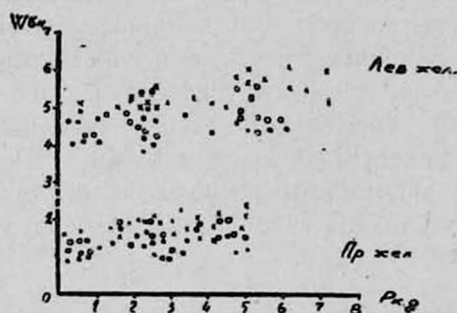


Рис. 2.

Учитывая огромную роль ЧСС в регуляции объемного кровотока и работы сердца, а также большую подвижность этого показателя в связи с изменением гормональных и нервных влияний, интересно было выяснить, как влияет увеличение ЧСС на положение кривой функции левого и правого желудочков. Как видно из рис. 2, при колебании ЧСС от 60 до 105 уд. в мин. (животные I и II группы) в системе координат не отмечалось существенных различий в положении точек, отражающих взаимосвязь $P_{к.д.}$ лев. жел. и W вн. лев. жел. У животных же III группы с наиболее выраженной тахикардией (105—200 уд. в мин.) эти точки занимали более высокие положения (особенно для левого желудочка). Причем кривая функции левого желудочка сдвинута вверх и влево резче, чем кривая функции правого желудочка. Это смещение кривой у животных с частым ритмом напоминает гиперэфективные

Таблица 1
Показатели гемодинамики у собак в норме с учетом ритма сердечных сокращений

Показатели гемодинамики		I группа	II группа	III группа
Р прав. жел. (мм рт. ст.)	сист.	21,0±1,3	20,5±0,7	20,8±0,7
	кон. диаст.	1,8±0,3	2,0±0,05	2,0±0,05
Р лег. арт. (мм рт. ст.)	сист.	21,0±1,1	20,0±1,2	21,0±1,1
	диаст.	11,0±1,0	10,0±1,0	11,0±1,0
	средн.	17,0±1,0	14,4±0,5	15,0±1,5
Р лев. жел. (мм рт. ст.)	сист.	102,0±2,4	107,7±1,6	110,0±2,1
	кон. диаст.	3,0±0,3	5,0±0,5	4,7±0,6
Р аорты (мм рт. ст.)	сист.	101,0±2,9	102,4±1,5	107,0±2,0
	диаст.	81,0±3,5	95,0±1,4	91,0±2,4
	средн.	96,0±0,3	98,5±3,1	97,0±3,2
МОК (л/мин.)		3,841±1,05	3,6±0,05	3,7±1,2
УО (см³)		44,1±0,05	34,0±0,2	26,0±0,1
W вн. (кгм/мин)	пр. жел.	4,94±0,27	4,7±0,1	4,85±0,7
	лев. жел.	0,79±0,05	0,70±0,02	0,75±0,02
R (дин. сек. см⁻⁵)	м. кр.	174,0±4,1	276,0±9,9	280,0±5,0
	б. кр.	2023±156,0	2048±42,2	2080±42,2

кривые по Sarnoff. Их происхождение автор связывает с влиянием гормональных и нервных факторов.

Вариабельность функционального состояния животных в разных экспериментах [4] объясняют различием гормонального фона, биохимических сдвигов, возраста животных, глубиной наркоза и, следовательно, степенью центрального контроля.

Таким образом, у подопытных животных со значительным колебанием ЧСС при стойком поддержании показателей внутрисердечной и периферической гемодинамики отмечаются существенные различия в функциональном состоянии миокарда правого и левого желудочков сердца. Это различие необходимо учитывать при проведении экспериментов с целью изучения сократительных свойств миокарда, особенно в условиях открытого хирургического пневмоторакса.

Ин-т кардиологии МЗ Арм. ССР.

Филиал ВНИИК и ЭХ, г. Ереван

Поступило 29/IV 1976 г.

Л. З. ՇԵՐՏՈՒԿԱՆՈՎԱ, Ն. Գ. ԱՂԱՋԱՆՈՎԱ

ԱՌՈՂՋ ՇՆՆՐԻ ՍՐՏԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՄԻ ՇԱՐՔ
ՀԱՐՑՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ ՎԻՐԱՔՈՒԺԱԿԱՆ ԲԱՑ ՊԵՆՎՄՈԹՈՐԱՔՄԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Վիրաբուժական բաց պնևմոթորաքսի պայմաններում նկատվում են ձախ և աջ փորոքների գործունեության զգալի տարբերություններ: Սրտամկանի կծկողականության հատկությունը փորձարարական ճանապարհով ուսումնասիրելու ժամանակ այդ պետք է հաշվի առնել:

L. F. SHERDUKALOVA, N. G. AGADZHANOVA

SOME QUESTIONS OF HEART WORK REGULATION IN
CONDITIONS OF OPEN SURGICAL PNEUMOTHORAX
IN HEALTHY DOGS

S u m m a r y

The essential function differences of left and right ventricles in open surgical pneumothorax are marked in healthy dogs. It is necessary to take it into account during the experiments in study of myocardial contractile properties.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абаскулиева Л. И. Кровообращение, 1969, 6, 61—65.
2. Березовский О. Н., Лойко И. К., Вайда Р. И. Кровообращение, 1972, 5, 10—15.
3. Браунвальд Е., Росс Дж., Зонненблик Е. Х. В кн.: Механизмы сокращения сердца в норме и при недостаточности. М., 1974.
4. Бураковский В. И., Лищук В. А., Соколов Н. Р. Докл. АМН СССР, 1976, 10, 57—68.
5. Волинский Ю. Д. Докт. дисс., М., 1969.
6. Карлман В. Л. В кн.: Фазовый анализ сердечной деятельности. М., 1965.
7. Катков В. Г. Канд. дисс., 1974.
8. Кобулина В. Г. Автореф. канд. дисс., 1966.
9. Лазарис Я. А., Серебровская И. А. В кн.: Легочное кровообращение. М., 1963.
10. Микаелян А. Л., Шердукалова Л. Ф., Манасян Л. А. Кровообращение, 1972, 1, 3—9.
11. Саноцкая Н. В. Бюлл. эксперим. биол. и мед., 1960, 8, 40—45.
12. Харнас С. Ш., Селиваненко В. Г., Кейлин Б. Б. Кровообращение, 1969, 2, 16—21.
13. Хомазюк А. И. Автореф. докт. дисс. Киев, 1961.
14. Чантурая О. А. Автореф. докт. дисс., 1975.
15. Francis Abel et al. J. Thoracic and cardiovascular Surgery.
16. Deavers S., Smith E. L., Huggins R. H. Amer. J. Physiol., 1960, 199, 5, 797—799.
17. Kuramoto K., Rodbard S. Circulat. Res., 1962, 11, 2, 240—246.
18. Sarnoff C. J. et al. Circulat. Res., 1960, 8, 1087.
19. Sarnoff C. J. Mitchell Amer. Physiological Society, 1962, 15, 484—532.
20. Patterson S. W., Starling E. A. J. Physiol., 1914, 48, 357—379.
21. Wiggers C. J. Amer. J. Physiol., 1921, 56, 3, 415.