
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЦА ПРИ ОСТРОЙ ГЕМОДИНАМИЧЕСКОЙ ПЕРЕГРУЗКЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

М.Л. Благодиров

Кафедра общей патологии и патологической физиологии
Медицинский факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8, Москва, Россия, 117198

В эксперименте на модели острой гемодинамической перегрузки левого желудочка сердца, вызванной искусственным стенозом восходящей аорты, изучали особенности сократительной активности и диастолической функции левого и правого желудочков. Установлено, что внезапное увеличение постнагрузки приводит к значительному снижению сократительной активности и потенциальной работоспособности обоих желудочков. В левом желудочке также развивается диастолическая дисфункция.

Ключевые слова: острая перегрузка, миокард, левый желудочек, правый желудочек, сократительная активность, диастолическая функция.

Известно, что хроническая перегрузка сердца приводит к значительным изменениям функциональных характеристик миокарда. Так, согласно данным экспериментальных исследований, начиная со 2-й недели артериальной гипертензии, происходит выраженное увеличение показателей внутрисердечной гемодинамики, отражающих как реальную, так и потенциальную сократительную способность левого желудочка (ЛЖ). В правом желудочке (ПЖ) повышение аналогичных показателей наблюдается на 6—10-й неделях [6]. Таким образом, на ранних стадиях гипертонического процесса включаются механизмы, обеспечивающие адаптацию сердца к постепенно нарастающей постнагрузке. С другой стороны, уже на первой стадии экспериментальной артериальной гипертензии развивается диастолическая дисфункция обоих желудочков [1].

Принципиально иным характером воздействия на сердце обладает острая перегрузка ЛЖ, при которой сопротивление сердечному выбросу возрастает внезапно и резко, в результате чего истощение энергетических ресурсов кардиомиоцитов развивается гораздо быстрее. Кроме того, большая часть энергии расходуется на совершение работы, а не на синтез белков саркомера, направленный на развитие компенсаторной гипертрофии. В клинике подобная ситуация может наблюдаться при определенных формах гипертонического криза. На этом фоне создается угроза возникновения таких опасных осложнений, как острая левожелудочковая недостаточность и острый коронарный синдром [2, 3].

Некоторые функциональные и структурные изменения миокарда, вызванные острой перегрузкой ЛЖ, изучались и ранее в различных экспериментальных исследованиях [5, 7, 8]. Вместе с тем для более полного понимания процессов, сопровождающих работу сердца в «аварийном» режиме, требуется комплексный анализ, учитывающий особенности как систолического, так и диастолического компонентов сердечного цикла.

Цель работы: изучить особенности сократительной активности и диастолической функции сердца при острой гемодинамической перегрузке ЛЖ.

Материал и методы. Эксперименты проводились на 20 взрослых кроликах-самцах породы шиншилла массой тела 3—3,5 кг, которые были разделены на 4 группы: 1 контрольная (интактные кролики) и 3 опытных. Каждая группа включала в себя 5 кроликов. У животных опытных групп под наркозом выполняли операцию по моделированию острой гемодинамической перегрузки ЛЖ сердца путем создания искусственного стеноза восходящей аорты с помощью металлической спирали меньшего диаметра. Далее исследование выполняли в сроки 1, 3 и 5 суток. Содержание и работа с животными проводились в соответствии с приказом Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 г.

У всех животных регистрировали давление в полостях сердца на аппаратно-программном комплексе «МИКАРД», представляющем собой совмещенный с персональным компьютером аналогово-цифровой преобразователь с электроманометрическими датчиками. Для этого у кроликов под общим наркозом вскрывали грудную клетку, после чего в полости ЛЖ и ПЖ вводили катетеры, соединенные с электроманометрическими датчиками, и производили запись кривых реального внутрижелудочкового давления. Для оценки потенциальной работоспособности миокарда регистрировали кривые максимально развиваемого внутрижелудочкового давления в левом и правом желудочках во время пятисекундной окклюзии восходящей аорты (для ЛЖ) и легочного ствола (для ПЖ) [4]. Все кривые сохранялись в памяти компьютера и затем с помощью специальной программы по ним определялись следующие показатели для ЛЖ и ПЖ: ВДр (реальное внутрижелудочковое давление), ВДм (максимально развиваемое внутрижелудочковое давление), КДД (конечно диастолическое давление). Для оценки потенциальной работоспособности желудочков сердца также вычисляли значения расчетных показателей — ФР (функционального резерва) и η (коэффициента потенциальной работоспособности) согласно следующим формулам [6]:

$$\text{ФР} = \frac{(\text{ВДм опыт.})^2}{\text{ВДр контр.} \times \text{ВДм контр.}},$$

$$\eta = \frac{(\text{ВДм опыт.})^2}{(\text{ВДм контр.})^2} \times 100\%,$$

где ВДр контр. — реальное внутрижелудочковое давление контрольного животного; ВДм контр. и ВДм опыт. — максимально развиваемое внутрижелудочковое давление контрольного и опытного животного соответственно.

Результаты исследования. Как следует из данных табл. 1, к концу 1 суток исследования наблюдается выраженное снижение ВДр ЛЖ. Следует предположить, что это происходит за счет уменьшения сократительной силы ЛЖ по причине нарушения энергообразования в кардиомиоцитах (КМЦ), а также за счет повреждения структурных элементов миокарда в результате чрезмерной нагрузки

на него. На 3-и сутки эксперимента ВДр ЛЖ достоверно повышается относительно первых суток, но контрольного уровня не достигает. Далее, вплоть до 5 суток, значение данного показателя практически не меняется.

Таблица 1

Показатели функциональной активности ЛЖ сердца кроликов в контроле и при стенозировании восходящей аорты ($M \pm m$)

| Показатель | Контроль | Сроки эксперимента | | |
|--------------------|-------------|--------------------|--------------|--------------|
| | | 1-е сут | 3-и сут | 5-е сут |
| ВДр ЛЖ, мм рт. ст. | 146,3 ± 7,4 | 114,2 ± 3,7* | 127,4 ± 3,3* | 128,4 ± 2,5* |
| ВДм ЛЖ, мм рт. ст. | 247,9 ± 6,5 | 167,7 ± 4,3* | 189,0 ± 6,3* | 195,0 ± 6,0* |
| ФР | 1,70 | 0,78 | 0,99 | 1,05 |
| η, % | 100 | 45,8 | 58,1 | 61,9 |
| КДД ЛЖ, мм рт. ст. | 6,5 ± 0,5 | 8,6 ± 0,3* | 7,9 ± 0,3* | 8,0 ± 0,4* |

Примечание: здесь и в табл. 2 для ФР и η не указаны погрешности, поскольку данные коэффициенты рассчитывались по средним значениям ВДр и ВДм в соответствующих группах исследования; звездочкой отмечены показатели, достоверно отличающиеся от контроля при $p \leq 0,05$.

Динамика ВДм ЛЖ выглядит аналогично: резкое снижение на 1-е сутки эксперимента, частичное восстановление на 3 сутках и дальнейшая стабилизация к 5-м суткам. Вместе с тем анализ расчетных показателей (ФР и η) указывает на значительный дефицит резервных возможностей ЛЖ на всех сроках исследования.

Таким образом, в первые 5 суток от начала стенозирования восходящей аорты для ЛЖ характерно выраженное снижение сократительной активности, а также глубокое угнетение его потенциальной работоспособности, что косвенно свидетельствует о наличии энергодефицита в миокарде.

КДД ЛЖ достоверно повышается на 1-е сутки исследования и остается на данном уровне до 5 суток. Следовательно, острая гемодинамическая перегрузка ЛЖ становится также причиной нарушения его диастолической функции.

Результаты исследования функции ПЖ на фоне острой перегрузки ЛЖ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели функциональной активности ПЖ сердца кроликов в контроле и при стенозировании восходящей аорты ($M \pm m$)

| Показатель | Контроль | Сроки эксперимента | | |
|--------------------|------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | 1-е сут | 3-и сут | 5-е сут |
| ВДр ЛЖ, мм рт. ст. | 37,5 ± 1,5 | 28,0 ± 1,5* | 29,8 ± 2,1* | 30,2 ± 1,2* |
| ВДм ЛЖ, мм рт. ст. | 54,7 ± 2,3 | 40,7 ± 2,3* | 43,0 ± 3,6* | 44,2 ± 1,8* |
| ФР | 1,46 | 0,81 | 0,90 | 0,95 |
| η, % | 100 | 55,4 | 61,8 | 65 |
| КДД ЛЖ, мм рт. ст. | 3,2 ± 0,3 | 2,6 ± 0,2 | 2,5 ± 0,2 | 3,1 ± 0,2 |

Полученные данные свидетельствуют о следующем. ВДр ПЖ и ВДм ПЖ достоверно снижаются на 1-е сутки эксперимента и далее вплоть до 5 суток практически не меняются. Как и в ЛЖ, расчетные показатели, характеризующие функциональный резерв и потенциальную работоспособность ПЖ (ΦP и η), значительно снижены по сравнению с контрольной группой на всех сроках исследования.

По-видимому, в первые часы от начала стенозирования аорты довольно быстро развивается застой крови в малом круге кровообращения, что резко увеличивает нагрузку на ПЖ. Уже к концу первых суток эксперимента это может привести к истощению энергетического ресурса КМЦ, проявляющемуся в виде снижения сократительной активности и потенциальной работоспособности ПЖ. Необходимо подчеркнуть, что в отличие от ЛЖ, в ПЖ практически отсутствует тенденция к восстановлению сократительной способности миокарда как в условиях реальной гемодинамики, так и при изометрическом сокращении.

Для КДД ПЖ статистически значимых отличий от контрольного уровня не характерно ни на одном из сроков эксперимента.

Выводы

1. При острой гемодинамической перегрузке ЛЖ происходит снижение сократительной активности и потенциальной работоспособности обоих желудочков сердца.

2. Внезапное увеличение постнагрузки на ЛЖ приводит к развитию его умеренной диастолической дисфункции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Благодаров М.Л., Фролов В.А.* Артериальное давление и сократительная функция желудочков сердца на ранних стадиях гипертонического процесса // Бюлл. эксперим. биологии и медицины. — 2005. — Т. 140. — № 8. — С. 133—135.
- [2] *Верткин А.Л., Полосьянюк О.Б., Лукашиов М.И.* Гипертонический криз: тактика ведения на догоспитальном этапе // Cons. Med. — 2006. — Т. 8. — № 12. — С. 24—30.
- [3] *Задюнченко В.С., Горбачёва Е.В.* Гипертонические кризы // Русс. мед. журн. — 2001. — Т. 9. — № 15. — С. 628—630.
- [4] *Меерсон Ф.З.* Гиперфункция, гипертрофия и недостаточность сердца. — М.: Медицина, 1968. — 388 с.
- [5] *Рамдавон П.* Взаимоотношения правого и левого желудочков сердца при острой и хронической перегрузке левого желудочка в эксперименте: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. — М., 1993. — 39 с.
- [6] *Фролов В.А., Дроздова Г.А.* Гипертоническое сердце. — Баку: Азер. гос. изд-во, 1984. — 247 с.
- [7] *Bregagnollo E.A., Mestrinel M.A., Okoshi K. et al.* Relative role of left ventricular geometric remodeling and of morphological and functional myocardial remodeling in the transition from compensated hypertrophy to heart failure in rats with supravalvar aortic stenosis // Arq. Bras. Cardiol. — 2007. — V. 88. — № 2. — P. 225—233.
- [8] *Nediani C., Formigli L., Perna A.M. et al.* Early changes induced in the left ventricle by pressure overload. An experimental study on swine heart // J. Mol. Cell Cardiol. — 2000. — V. 32. — № 1. — P. 131—142.

CHARACTERISTICS OF CARDIAC FUNCTION STATE IN AN ACUTE EXPERIMENTAL HEMODYNAMIC OVERLOAD OF THE LEFT VENTRICLE

M.L. Blagonravov

Department of general pathology and pathological physiology

Medical faculty

Peoples' Friendship University of Russia

Miklukho-Maklaya str., 8, Moscow, Russia, 117198

On animal model of an acute hemodynamic overload of the left ventricle (LV) caused by the artificial aortic stenosis, some characteristics of left and right ventricular contractive activity and diastolic function were studied. It was found that a sudden increase in afterload leads to a significant reduction of contractive activity and potential working capacity of both ventricles. LV also suffers from diastolic dysfunction.

Key words: acute overload, myocardium, left ventricle, right ventricle, contractive activity, diastolic function.