DOI: 10.17117/nm.2015.01.061

Поступила (Received): 21.08.2015

<http://ucom.ru/doc/nm.2015.01.061.pdf>

pgu@psu.kz

Жумадина Ш.М.

Роль механорецепторов эпикарда в регуляции гемо- и лимфодинамики у низших позвоночных

Zhumadina Sh.M.

The role of the mechanoreceptors in the regulation of the epicardium and hemo lymphodynamics in lower vertebrates

В острых опытах у низших позвоночных животных выявлено участие механорецепторов эпикарда в регуляции сосудистых реакций. Раздражение механорецепторов сердца у лягушек и черепах вызывают прессорные и депрессорные реакции артериального и венозного давлений увеличение или уменьшение лимфотока. Установлены видовые особенности в осуществлении рефлексорных реакций

Ключевые слова: низшие позвоночные, механорецепторы эпикарда, гемодинамика, лимфодинамика

In the experiments in lower vertebrates revealed mehanoretseptorv epicardium participate in the regulation of vascular reactions. Stimulation of mechanoreceptors heart frogs and turtles cause pressor and depressor responses of arterial and venous pressures increase or decrease lymph flow. Established specific peculiarities in the implementation of reflex reactions

Key words: lower vertebrates, mechanoreceptors epicardium, hemodynamics, lymphodynamics

Жумадина Шолпан Молдажановна

Доктор биологических наук, профессор,
зав. кафедрой

Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова

Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64

Zhumadina Sholpan Moldazhanovna

Doctor of Biological Sciences, Professor,
head of Department

Pavlodar State University named S. Toraigyrov
Kazakhstan, Pavlodar, Lomov st., 64

Введение (Introduction)

Известно, что чувствительность всех органов и тканей обеспечивается множеством разнообразных рецепторов, раздражение которых является исходным моментом рефлексорной деятельности. Из большого числа интерорецепторов, механорецепторы являются самыми древними и распространенными. По функциональной организации они относятся к чувствительным [1]. Аfferентная иннервация тканей низших позвоночных развивается в направлении дифференциации и усложнении рецепторных структур, а также увеличении их общего количества [2]. В сердце обнаружено большое количество рецепторов, чем в любых других внутренних органах. Сердце – важная рефлексогенная зона, импульсы из которой влияют на функциональное состояние ЦНС и могут менять деятельность внутренних органов [3, 4]. Аfferентные волокна механорецепто-

ров сердца проводят чувство боли, а также всю остальную информацию о процессах, происходящих в организме. Аfferентные волокна сердца начинаются от рецепторов в стенке сердца и направляются в центральную нервную систему. Они проходят в составе блуждающего, среднего, нижнего шейных и грудных симпатических нервов. Выявлено, что раздражение аfferентных волокон механорецепторов сердца оказывает рефлекторное влияние на кровообращение у млекопитающих и человека. Установлено, что желудочки сердца не реагируют на прикосновение [3]. Поглаживание их воспринимается как легкое давление, укол – как прикосновение. Тепло и холод не вызывают каких-либо ощущений. Раздражение электрическим током не воспринимается сознанием. В то же время легкое царапанье сердечной сорочки иглой вызывает сильную боль. Если у собаки раздражать слабым электрическим током внутреннюю поверхность сердечной сорочки или оболочку, выстилающую желудочки, у нее сразу падает кровяное давление, между тем как раздражение мышцы сердца не отражается на ее состоянии. Считают, что брадикардия и снижение артериального давления обусловлены расширением резистивных сосудов [5].

В процессе филогенетического развития животного мира адаптация работы сердца к увеличивающейся нагрузке шла как по пути усложнения строения сердца, так и в направлении совершенствования механизмов его регуляции.

Сведения об аfferентных влияниях с механорецепторов сердца на показатели гемодинамики у низших позвоночных в литературе единичны [6]. Так у лягушек при раздражении механорецепторов прямой кишки и мочевого пузыря отмечаются депрессорные или прессорные сдвиги артериального давления [7]. У лягушек и черепах при стимуляции седалищного нерва обнаружено повышение артериального и венозного давления и увеличение лимфотока [8, 9]. Сведения об аfferентных влияниях с механорецепторов сердца на лимфатическую систему у низших позвоночных отсутствуют. Изучение этого вопроса представляет интерес, так как полученные данные позволят понять развитие механорецепторных влияний на крово- и лимфообращение у высших позвоночных и человека. В связи с вышеизложенным целью настоящей работы явилось изучение рефлекторных влияний с механорецепторов эпикарда на лимфо- и гемодинамику у лягушек и черепах.

Материалы и методы (Materials and Methods)

В опытах были использованы представители низших позвоночных, обоего пола: 24 озерных лягушек (*Rana ridibunda*) массой тела 80 - 100 г в осеннем периоде и 26 степных черепах (*Testudo horsfieldi*) массой 700-1200 г. весной. Наркотизация животных осуществлялась путем дачи эфира или внутримышечной инъекции тиопентапа натрия (15-30 мг/кг). Артериальное давление (АД) регистрировали с помощью тензодатчика монитора хирургического – МХ-01 у лягушек – в левой дуге аорты, у черепах - в левой сонной артерии. Венозное давление (ВД) у лягушек регистрировали в брюшной вене, у черепах в подключичной вене. Уровень кровяного давления контролировался ртутным манометром Людвига. Лимфоток из поясничной лимфатической цистерны черепах

регистрировали с помощью модифицированного электромагнитного датчика с капледелителем.

Пробы лимфы у лягушек получали из бедренного подкожного лимфатического мешка путем надрезания кожи с помощью микропипетки и измеряли ее объем. Механограммы кровяного (КС) и задних лимфатических (ЛС) сердец регистрировали с помощью емкостного датчика. Регистрацию всех физиологических показателей осуществляли на бумажной ленте многоканального самописца Н – 338

С целью изучения афферентных влияний с механорецепторов сердца на лимфо- и гемодинамику у амфибий и рептилий осуществляли раздражение эпикарда. Для этого с левой стороны сердечной сумки вводили катетер с тонким резиновым баллончиком. В момент раздражения в баллончике создавали давление, равное 40-70 мм рт.ст., время раздражения составляло 10-20 сек. Экспериментальный материал обработан статистически с использованием *t* - критерия Стьюдента на ЭВМ.

Результаты (Results)

Результаты экспериментов показали, что при раздражении (сила раздражения 50 мм рт. ст.) механорецепторов сердца у лягушек в 80 % случаев наблюдалось понижение артериального давления с $29,3 \pm 0,2$ до $23,7 \pm 0,2$ мм рт.ст. т.е на 23 % от исходного фона, через 2 с после раздражения и, возвращалось к исходному уровню через 59 с. В 20 % случаев артериальное давление повышалось. Венозное давление в брюшной вене в 65 % случаев повышалось, в среднем, на 6 мм вод.ст, в 12 % снижалось и 23 % не изменялось. На механограмме кровяного сердца отмечено учащение ритма и увеличение амплитуды сокращений (таблица 1).

Таблица 1. Средние данные о сдвигах лимфо- и гемодинамики при раздражении механорецепторов эпикарда у озёрных лягушек

Показатели	Исходный фон	Во время раздражения	Латентный период, с	Длительность сдвигов, с
сила раздражения 40-50 мм рт. ст.				
АД (мм рт.ст.)	$29,3 \pm 0,2$	$23,7 \pm 0,2$ *	2,5	66,7
ВД (мм вод.ст.)	$42,2 \pm 0,8$	$48,1 \pm 1,1$ *	5,7	59,6
Частота КС уд/мин	$31,4 \pm 1,5$	$34,7 \pm 2,2$	4,1	80,5
Частота ЛС уд/мин	$31,6 \pm 0,8$	$26,3 \pm 0,9$	9,2	108,5
Объем лимфы, мл	$0,05 \pm 0,001$	$0,03 \pm 0,002$ **	62	420
сила раздражения 60-70 мм рт.ст				
АД (мм рт.ст)	$29,3 \pm 0,2$	$36,2 \pm 0,3$ **	3	69,4
ВД (мм вод.ст.)	$42,2 \pm 0,8$	$50,4 \pm 1,0$	4,8	74,2
Частота КС уд/мин	$31,6 \pm 0,8$	$36,6 \pm 1,2$ *	9,4	112,4
Объём лимфы, мл	$0,05 \pm 0,001$	$0,07 \pm 0,001$ **	73	430

Примечание: достоверно по сравнению с исходным фоном, * $p < 0,05$, ** $p < 0,02$

Следует отметить, что повышение силы раздражения до 70 мм рт.ст при раздражении механорецепторов эпикарда лягушки, вызывало прессорное изменения кровяного давления. На механограмме кровяного сердца в 81 % случаев

отмечено учащение ритма и увеличение силы сокращений, в 10 % уменьшение силы и ритма сокращений и в 9 % наблюдений сдвиги в амплитуде и ритме сердца отсутствовали. Объем лимфы увеличивался на 28 % от исходного фона. Дальнейшее увеличение силы раздражителя вызывает также сильное повышение артериального давления, а частота сокращений сердца почти не изменяется. На механограмме заднего лимфатического сердца наблюдается урежение сокращений, а объем лимфы в подкожных лимфатических мешках увеличивается. Объем лимфы в бедренном подкожном лимфатическом мешке лягушек при раздражении механорецепторов эпикарда в 82 % наблюдений уменьшался с $0,050 \pm 0,001$ до $0,030 \pm 0,003$ мл. В 10 % опытов объем лимфы увеличивался и в 8 % не изменялся (таблица 1).

Обозначения сверху вниз: механограмма лимфатического сердца (1-правого, 2 – левого), отметка времени (интервал 2 с), отметка раздражения

Рис. 1. Изменения деятельности лимфатического сердца при раздражении механорецепторов эпикарда у лягушки (50 мм рт.ст.)

При раздражении механорецепторов эпикарда у лягушек в 72 % случаев наблюдалось урежение частоты сокращений лимфатического сердца с $31,6 \pm 0,8$ до $26,3 \pm 0,9$ сокр./мин ($p < 0,05$). Одновременно наблюдалось уменьшение амплитуды сокращений на 30-40 %. В 27 % случаев частота сокращений увеличилась и в 1 % не изменялось (таблица 1, рисунок 1).

Понижение силы раздражения до 40 мм рт.ст. при раздражении механорецепторов эпикарда у лягушек, наблюдались прессорные реакции артериального и венозного давления, частота сокращений кровяного сердца не изменялись и урежался ритм лимфатического сердца. Объем лимфы в бедренном подкожном, лимфатическом мешке увеличивался, в среднем, на 155 % от исходного фона.

У рептилий, истинно наземных позвоночных животных, происходят морфофункциональные преобразования в сердечно-сосудистой системе. Преобразования в этой системе сводятся к дальнейшему разделению артериального и венозного токов крови [10].

Постановка опытов на черепахах показала, что при раздражении механорецепторов эпикарда умеренной силой (30-40 мм рт.ст), у черепахах

наблюдалось снижение артериального давления в 68 % случаев в среднем с $23,3 \pm 0,2$ до $18,2 \pm 0,1$ мм рт.ст. т.е на 24 % от исходного фона с снижением амплитуды пульсовых колебаний, в 22 % наблюдений повышалось и в 10 % не

изменялось. Венозное давление в подключичной вене в 54 % опытов снижалось на 4 мм вод.ст., в 32 % повышалось и в 14 % не изменялось.

Лимфоток из поясничной лимфатической цистерны в 65 % опытов уменьшался в среднем с $0,11 \pm 0,001$ до $0,07 \pm 0,001$ мл/мин ($p < 0,05$), в 35 % наблюдений лимфоток увеличивался (рис. 2).

Обозначения сверху вниз: артериальное давление (мм рт.ст.);
венозное давление (мм вод.ст.); лимфоток (1 капля 0,02 мл);
отметка времени (интервал 2 с) и отметка раздражения

Рис. 2. Изменения гемо- и лимфодинамики при раздражении механорецепторов эпикарда (30 мм рт.ст.) у черепахи

Из рисунка 2 видно, что раздражение механорецепторов сердца у черепахи вызывало снижение артериального давления в сонной артерии на 5 мм рт.ст., венозного давления в подключичной вене на 3 мм вод.ст. и уменьшение лимфотока с 0,08 до 0,04 мл/мин от исходного фона. На кривой артериального давления снижалась амплитуда пульсовых колебаний. Короткий латентный период изменений лимфотока (6 с) и системного артериального давления (3 с) и последующее восстановление после снятия раздражения позволяет предполагать их рефлекторную природу.

При раздражении механорецепторов эпикарда сердца (50- 60 мм рт.ст.) отмечено повышение артериального давления от $23,0 \pm 0,2$ до $28,2 \pm 0,4$ мм рт.ст и венозного давления на 5 мм вод.ст. Объем лимфы из поясничной лимфатической цистерны возрастал с $0,08 \pm 0,002$ до $0,11 \pm 0,002$ мл/мин

Сдвиги АД и ВД были незначительными и недостоверными при силе раздражения 30-40 мм рт.ст. и имели короткий латентный период и небольшую длительность в пределах 50 с. Следует отметить, что при маленькой силе раздражения (30-40 мм рт.ст.) наблюдались депрессорные сдвиги артериального давления и, только дальнейшее усиление силы воздействия на рецепторы сердца приводило к повышению артериального давления.

Полученный экспериментальный материал свидетельствует о том, что раздражение механорецепторов сердца у лягушек и черепах вызывают прессорные и депрессорные реакции артериального и венозного давлений увеличение или уменьшение лимфотока. У черепах сдвиги АД как повышение, так и его понижение были более слабыми, чем у лягушек.

Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)

Из результатов видно, что афферентная импульсация с механорецепторов эпикарда у лягушек и черепах наряду с изменениями кровяного давления, вызывали рефлекторные сдвиги в лимфатической системе. В наших исследованиях выявлено, что афферентные влияния с механорецепторов сердца у лягушек на лимфатическую систему проявляются преимущественно в виде угнетения деятельности лимфатических сердец, и уменьшения объёма лимфы в бедренном подкожном лимфатическом мешке. Нужно отметить, что угнетение деятельности лимфатического сердца сопровождалось урежением работы кровяного сердца, чаще всего при сильном раздражении. Можно говорить о тормозном действии афферентных сигналов с механорецепторов сердца на спинальные центры лимфатических сердец.

Из полученных данных видно, что при стимуляции механорецепторов эпикарда у лягушек отмечено падение артериального давления, повышение венозного давления и уменьшение объёма лимфы при использовании умеренной силы раздражения (40-50 мм рт.ст). При усилении раздражения механорецепторов эпикарда (до 60-70 мм рт.ст) отмечено повышение артериального давления и увеличение лимфотока. Подобные изменения артериального давления: как повышение или снижение при изменении силы раздражения механорецепторов сердца отмечено другими авторами [6]. Полагают, что от мощности афферентной импульсации из области эпикарда зависят сдвиги кровяного давления и считают типичной формой рефлекторной реакции с эпикарда снижение АД и брадикардию [6, 12].

У черепах в отличие от лягушек на стимуляцию механорецепторов эпикарда, сдвиги артериального и венозного давления были маловыраженными и статистически недостоверными. Кроме сдвигов лимфотока, уменьшение которого было значительное, наряду с угнетением работы задних лимфатических сердец у лягушек. У черепах дальнейшее усиление воздействия на рецепторы приводило к снижению артериального давления, т.е. у них наблюдалась двухфазная реакция, где слабые раздражения вызывают депрессорные, а сильные прессорные реакции. Этот факт, также согласуется с утверждением Б.И.Кулаева [6] о М-образных сдвигах артериального давления при увеличении или уменьшении силы раздражения, наносимого на эпикард, что выражалось в периодической смене депрессорных реакций на прессорные, а затем прессорных на депрессорные реакции. Он считает эту зависимость общей закономерностью для всех видов животных, связанную с определёнными фазами развития. Эта фазность сдвигов кровяного давления, зависящая от мощности афферентных сигналов с рецепторов эпикарда, отражается на объёме лимфы. Было отмечено, что при слабых или умеренных силах стимуляции эпикарда у лягушек объём лимфы

снижался, а при сильных раздражениях наблюдалось увеличение объема лимфы.

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют об участии механорецепторов эпикарда в регуляции сосудистых реакций у низших позвоночных. В адаптивных реакциях участвует не только кровеносная система, но также и лимфатическая система. Выявлены видовые особенности в осуществлении рефлекторных реакций, очевидно, это объясняется, во-первых, положением животного на эволюционной лестнице и с специфическими особенностями функциональной организации афферентной активности, связанных с иннервацией сердца и прилежащих сосудов. Эта афферентная сигнализация позволяет животным адекватно реагировать и вырабатывать адаптивные реакции для приспособления к факторам окружающей среды.

Механорецепторы сердца у низших позвоночных являются главной рефлексогенной зоной, афферентная импульсация из которой определяет вазомоторный тонус, который является существенным звеном рефлекторной саморегуляции гемо- и лимфодинамики у этих животных

Список используемых источников:

1. Prosser C.L., Brown F.A. *Comparative animal physiology*. Philadilphia. London. Sauders, 1962. 766 p.
2. Павлов Н.А. Об ауторегуляции мозгового кровотока у амфибий // Матер. 2-й конф. мол.уч. по биологии и медицине. Л., 1981. С. 55-56.
3. Корнева Е.Л. Эволюция рефлекторной регуляции сердечной деятельности. Л., 1965. 226 с.
4. Кулаев Б.С. Рефлекторная зона сердца и саморегуляция кровообращения. Л., 1972. 258 с.
5. Ткаченко Б.И. Физиология кровообращения. Физиология сосудистой системы. Руководство по физиологии. Л., 1986. 652 с.
6. Жумадина Ш.М. Роль механорецепторов сердца в регуляции гемо- и лимфодинамик и у низших позвоночных. Санкт-Петербург, 1999. С. 174-176.
7. Лагутин П.С. Сравнительное исследование артериальных прессорных и депрессорных реакций у некоторых позвоночных // Журнал эволюции биохимии и физиологии. 1967. Т. 3 (2). С. 154.
8. Сербенюк Ц.В., Ручинская Т.Ю., Балежина Н.П. О природе нисходящих тормозных влияний на спинальный центр лимфатических сердец амфибий // Вестник МГУ. 1973. № 5. С 44-55.
9. Мырзаханова М.Н., Нургалиева К.Б., Лакпаева Ш.Г. Роль афферентных влияний с седалищного нерва в регуляции гемо- и лимфодинамики у низших позвоночных // 111-й Съезд физиол. Казахстана. Алматы, 1995. Р. 125.
10. Антипчук Ю.П., Соболева А.Д. Эволюция респираторных систем. Новосибирск, 1976. 207 с
11. Черниговский В.Н. Интерорецепторы. М., 1960. 658 с.

References:

1. Prosser C. L., Brown F. A., *Comparative animal physiology*. Philadilphia. London. Sauders, 1962. 766 p.
2. Pavlov N.A. About autoregulation of cerebral blood flow in amphibians // Mater. 2nd Conf. mol.ouch. in biology and medicine. L., 1981. P. 55-56.
3. Korneva E.L. the Evolution of reflex regulation of cardiac activity. L., 1965. 226 p.
4. Kulaev B.S. Reflex area of the heart and regulation of blood circulation. L., 1972. 258 p.
5. Tkachenko B.I. Physiology of circulation. Physiology of vascular system. Guide to the physiology. L, 1986. 652 p.
6. Zhumadina Sh.M. The role of the mechanoreceptors of the heart in the regulation of hemo- and lymphogenic and lower vertebrates. St. Petersburg, 1999. P. 174-176.
7. Lagutin P.S. Comparative study of the arterial Pressor and depressor responses in some vertebrates // Journal of evolutionary biochemistry and physiology. 1967. Vol. 3 (2). P. 154.
8. Serbenyuk C.V., Rucinska T.Yu., Balezina N.P. On the nature of the brake descending influences on the spinal center of the lymph hearts of the amphibia // Vestnik MGU. 1973. No. 5. P. 44-55.

9. Mirzakhanova M.N., Nurgaliyeva K.B., Lapaeva Sh.G. *The role of afferent influences from the sciatic nerve in the regulation of hemo – infodynamics in lower vertebrates // 111-th Congress of physiology. Kazakhstan. Almaty, 1995. P. 125.*
10. Antipchuk Yu.P., Sobolev A.D. *the Evolution of respiratory systems. Novosibirsk, 1976. 207 p.*
11. Chernigovskiy V. N. *The interoreceptors. M., 1960. 658 p.*

© 2015, Жумадина Ш.М.

Роль механорецепторов эпикарда в регуляции гемо- и лимфодинамики у низших позвоночных

© 2015, Zhumadina Sh.M.

The role of the mechanoreceptors in the regulation of the epicardium and hemo lymphodynamics in lower vertebrates