

ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РИТМОГЕНЕЗА СЕРДЦА

Горст В.Р.¹, Полуни И.Н.¹, Горст Н.А.², Шебеко Л.В.¹, Полукова М.В.²

¹ГБОУ ВПО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Астрахань, Россия (414000, Астрахань, ул. Бакинская, 121), e-mail: horst1955@mail.ru

²ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет» Минобрнауки РФ, Астрахань, Россия (414056, Астрахань, ул. Татищева, 20а), e-mail: nagorst@mail.ru

Изучены пространственно-временные взаимоотношения компонентов механизма регуляции ритмообразовательного процесса сердца с учетом вегетативного статуса в условиях относительного функционального покоя, а также при физических и умственных нагрузках. Пространственные характеристики оценивали по мощности спектра волн variability сердечного ритма разной частоты. В качестве временных параметров ритмообразовательного процесса сердца были использованы частота сердечных сокращений, наиболее часто встречающийся кардиоинтервал (мода) и разброс кардиоинтервалов. В покое наиболее выраженные связи между временными и пространственными характеристиками системы формирования сердечного ритма и его регуляции проявляются у испытуемых с выраженным преобладанием центральной и автономной вегетативной регуляции сердечного ритма, а также при преобладании активности симпатической нервной системы и балансе между отделами вегетативной нервной системы. Физическая и интеллектуальная нагрузки вызывают увеличение пространственно-временной сопряженности характеристик механизма регуляции ритмообразовательной функции сердца.

Ключевые слова: пространство-временной континуум, ритм сердца, вегетативная регуляции

AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM AND THE SPATIAL - TEMPORAL ORGANIZATION OF RHYTHMOGENESIS HEART

Gorst V.R.¹, Polunin I.N.¹, Gorst N.A.², Shebeko L.V.¹, Polukova M.V.²

¹Astrakhan State Medical University , Astrakhan, Russia (414000, Astrakhan, Bakinskaya street, 121), e-mail: horst1955@mail.ru

²Astrakhan State University, Astrakhan, Russia (414056, Astrakhan, Tatishev street , 20A), e-mail: nagorst@mail.ru

We studied the spatial and temporal relationships of components of the mechanism regulation of rhythmogenesis considering the vegetative status in relative functional rest, as well as physical and mental stress. Spatial characteristics evaluated by the power spectrum of heart rate variability waves of different frequencies. As the timing of the formation of the heart rhythm were used heart rate, the most common cardiac interval (fashion) and scatter the duration of cardiac cycles. At rest, the most prominent link between temporal and spatial characteristics of the formation of the heart rate and its regulation occur in subjects with marked predominance of the central and autonomic autonomic regulation of heart rate, as well as the predominance of sympathetic nervous system activity and the balance between the divisions of the autonomic nervous system. Physical and intellectual stress causes an increase in the space-time characteristics of the contingency mechanism rhythmogenesis regulation of cardiac function.

Keywords: the space-time continuum, heart rate, autonomic regulation

Жизнедеятельность человека, его адаптация к постоянно меняющимся условиям внешней и внутренней среды осуществляется в сложном мире пространственно-временных взаимоотношений. Живой организм, являясь открытой термодинамической системой, обменивается с окружающей средой энергией, пластическими веществами, продуктами жизнедеятельности, информацией [4]. Формирование «продуктов» обмена и непосредственно обменные процессы связаны с функциональной активностью соматических и висцеральных систем организма и состоянием окружающей среды. В этих взаимодействиях времени отводится особая роль. Время является мерой активности физиологических

процессов, характеризует скорость протекания биохимических реакций и выступает связующим звеном пространственных структур.

Пространственная организация биологической системы традиционно изучалась в основном с морфологической точки зрения. Однако, элементами биологического пространства являются не только морфологические структуры, но и пространственно распределенные в них параметры физиологических процессов организма. Пространственная организация живой системы представляет собой совокупность взаимодействующих между собой гетерогенных структур, объединенных функциями, иерархически упорядоченными в пространстве [3].

Общая структура пространственно-временной организации организма сохраняется при экзогенных воздействиях, что дает возможность говорить об устойчивости системы к неблагоприятным условиям внешней среды. В этой связи изучение механизма компенсаторно-приспособительных реакций организма должно осуществляться при обязательном исследовании вклада отдельных элементов пространственно-временной организации живой системы в общий адаптационный процесс.

Диагностика состояния адаптационных механизмов человека является важной задачей современной медицины. В многочисленных работах по адаптации отмечается, что наиболее быстро реагирующим звеном в адаптационных реакциях организма является система кровообращения, а вариабельность сердечного ритма наиболее полно отражает изменение напряжения деятельности регуляторных систем при различных состояниях [1, 5].

В сердечно-сосудистой системе наблюдается четкое проявление пространственно-временных параллелей. Так, в сердце имеются пространственно обособленные генераторы ритма с различной пейсмекерной активностью, создающие каскад внутрисердечных ритмообразовательных структур с нисходящим градиентом автоматии [2]. Пространственную ориентацию имеет также многоконтурная и многоуровневая нейрогуморальная система, управляющая ритмообразовательным процессом сердца. В системе нервной регуляции ритма сердца выделяют центральный и периферический контуры, которые представлены симпатическим и парасимпатическим звеньями вегетативной нервной системы, гемодинамическим центром, внутрисердечными механизмами. Каждая из этих структур вносит свои коррективы в функционирование синоатриального узла. В связи с этим одной из актуальных задач современной физиологии и кардиологии является изучения механизмов формирования ритма сердца с учетом пространственной и временной организации биологической системы.

Целью нашей работы является комплексное изучение пространственно-временных взаимоотношений механизма регуляции ритмообразовательного процесса сердца с учетом

вегетативного статуса в условиях относительного функционального покоя, а также при физических и умственных нагрузках.

Для достижения поставленной цели нами были сформулированы следующие **задачи**:

1. Определить гемодинамические и антропометрические показатели у испытуемых в состоянии покоя с последующим расчетом интегральных показателей.

2. Исследовать взаимосвязь между временными и пространственными характеристиками системы формирования сердечного ритма у человека с различной активностью вегетативной нервной системы в условиях функционального покоя.

3. Исследовать пространственно-временной статус механизма регуляции сердечного ритма у испытуемых при физической нагрузке средней интенсивности.

4. Исследовать пространственно-временной статус механизма регуляции сердечного ритма у испытуемых при интеллектуальной нагрузке.

Материалы и методы

Исследования проводились на кафедре нормальной физиологии Астраханской государственной медицинской академии с 2010 по 2013г в соответствии с планом НИР в рамках кафедральной проблемы «Ритмообразовательная функция сердца», на студентах 2 курса АГМА в возрасте от 17 до 23 лет. Всего под наблюдением находились 348 человек, из них 193 девушки и 155 юношей.

В работе использовались антропометрические, клинико-физиологические, электрофизиологические и психофизиологические методы. Для исследования пространственно-временных характеристик ритма сердца и контуров регуляции ритмообразовательного процесса проводили спектральный анализ ВСР с помощью аппаратного комплекса «Варикард 2.51» и программы ИСКИМ6.

Известно, что частотные компоненты спектра ВСР отражают вклад различных контуров регуляции в управление ритмообразовательным процессом. Так, HF (высокочастотные волны спектра ВСР) – отражают уровень активности парасимпатического звена регуляции; LF (низкочастотные волны) — отражают уровень активности гемодинамического центра; VLF (очень низко частотные волны) — отражают уровень активности симпатического звена регуляции.

В качестве временных параметров ритмообразовательного процесса сердца нами были использованы частота сердечных сокращений, наиболее часто встречающийся кардиоинтервал (мода) и разброс кардиоинтервалов.

Полученные результаты статистически обработаны по программе электронных таблиц EXCEL в системе WINDOWS. Использовался t - критерий Стьюдента; корреляционный анализ.

Результаты исследований

У всех испытуемых, находящихся в условиях относительного функционального покоя, гемодинамические показатели и показатели анализа variability сердечного ритма соответствовали возрастной норме. Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы (Баевский, Берсенева) у подавляющего большинства испытуемых соответствовал удовлетворительной степени адаптации. Тонус парасимпатической нервной системы (по Кердо) преобладал у 24,4% испытуемых, тонус симпатической нервной системы у 33,6%, баланс между отделами вегетативной нервной системы наблюдался у 42% испытуемых. Деление испытуемых на группы по типам вегетативной регуляции (по Н.И.Шлык) позволили сформировать 4 варианта: с умеренным преобладанием автономной вегетативной регуляции (УПАР) (40% обследованных), с выраженным преобладанием центральной регуляции (ВПЦР) (37% обследованных); с умеренным преобладанием центральной регуляции (УПЦР) (18% обследованных) и выраженным преобладанием автономной регуляции (ВПАР) (5% обследованных).

Для изучения пространственно-временной характеристики механизмов регуляции ритмообразовательных процессов сердца в условиях функционального покоя мы провели корреляционный анализ между временными параметрами деятельности сердца и показателями ВСР, которые отражают вклад различных контуров регуляции в управление ритмообразовательным процессом (табл.1). Обращают на себя внимание сильные корреляционные связи, выявленные между разбросом максимальных и минимальных значений кардиоинтервалов и мощностью высокочастотных, низкочастотных и очень низкочастотных волн спектра ВСР в абсолютных величинах. Полученный результат закономерен, потому что при расчете мощности спектра волн ВСР учитывается разброс кардиоинтервалов.

Таблица 1

Корреляционные связи между временными характеристиками ритма сердца и показателями суммарной мощности компонентов спектра variability сердечного ритма у студентов в покое, после физической и интеллектуальной нагрузок

Сравниваемые показатели	В покое (n=348)	После физическая нагрузка (n=50)	После интеллектуальной нагрузки (n=58)
HR – HF	-0,23*	-0,22	-0,45*
HR – LF	-0,16	-0,25	-0,45*
HR – VLF	-0,13	-0,17	-0,50*
HR – HFP	-0,37*	-0,44*	-0,46*
HR – LFP	0,30*	0,09	0,39*
HR – VLFP	0,27*	0,60*	0,05
MxDMn – HF	0,73*	0,85*	0,81*

MxDMn – LF	0,71*	0,79*	0,75*
MxDMn – VLF	0,68*	0,74*	0,73*
MxDMn – HFP	0,24*	0,37*	0,47*
MxDMn – LFP	-0,16	-0,16	-0,36*
MxDMn – VLFP	-0,21*	-0,42*	-0,10
Mo – HF	0,22*	0,16	0,42*
Mo – LF	0,17	0,26	0,42*
Mo – VLF	0,15	0,15	0,48*
Mo – HFP	0,33*	0,31*	0,43*
Mo – LFP	-0,28*	0,02	-0,36*
Mo – VLFP	-0,22*	-0,50*	-0,05

Примечание: * - $P < 0,01$

Корреляционный анализ между временными параметрами сердечной деятельности и показателям мощности волн спектра ВСР в группах испытуемых с различными типами вегетативной регуляции организма показал, что наиболее сильные и множественные связи между изучаемыми параметрами складываются в группах с выраженным преобладанием центральной и автономной регуляции сердечного ритма (табл.2). Вероятно высокая активность механизмов регуляции сердечного ритма требует большой пространственно-временной сопряженности.

Таблица 2

Корреляционные связи между временными характеристиками ритма сердца и показателями суммарной мощности компонентов спектра variability сердечного ритма у студентов с различными типами вегетативной регуляции организма в покое

Сравниваемые показатели	Типы вегетативной регуляции организма			
	УПЦР (n=58)	ВПЦР (n=116)	УПАР (n=125)	ВПАР (n=16)
HR – HF	-0,20	-0,39*	0,14	0,55*
HR – LF	-0,14	0,04	0,26*	0,65*
HR – VLF	-0,04	-0,16	0,24	0,65*
HR – HFP	-0,28	-0,40*	-0,12	-0,27
HR – LFP	0,03	0,43*	0,12	0,28
HR – VLFP	0,37*	0,16	0,04	0,04
MxDMn – HF	0,29	0,65*	0,73*	0,69*
MxDMn – LF	0,18	0,52*	0,63*	0,77*
MxDMn – VLF	0,17	0,43*	0,55*	0,65*
MxDMn – HFP	0,26	0,35 *	0,28*	-0,06
MxDMn – LFP	-0,07	-0,17	-0,21	0,22
MxDMn – VLFP	-0,30*	-0,41*	-0,19	-0,21
Mo – HF	0,18	0,36*	-0,23	-0,16
Mo – LF	0,17	-0,07	-0,28*	-0,37*
Mo – VLF	0,04	0,17	-0,21	-0,29
Mo – HFP	0,22	0,37*	0,06	0,49*
Mo – LFP	0,04	-0,43*	-0,09	-0,51*
Mo – VLFP	-0,35*	-0,11	0,02	-0,07

Примечание: * - $P < 0,05$

Состояние вегетативного тонуса человека также отражается на формировании

корреляции между пространственно-временными характеристиками механизмов регуляции ритмообразовательных процессов сердца. По нашим данным наиболее выраженные корреляционные связи зарегистрированы в группе с балансом между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы (табл.3). Интересным на наш взгляд является обнаружение отрицательных корреляционных связей между HR и HFP и положительных корреляционных связей между HR и VLFP в группах испытуемых с преобладанием тонуса симпатического отдела ВНС и балансом отделов вегетативной нервной системы. В этих же группах зафиксированы высокие значения стресс-индекса и индекса централизации регуляторных систем. Таким образом стрессированность организма и централизация механизмов вегетативной регуляции способствуют усилению пространственно-временной организации ритмообразовательного процесса сердца.

Таблица 3

Корреляционные связи между временными характеристиками ритма сердца и показателями суммарной мощности компонентов спектра variability сердечного ритма у студентов с различными типами вегетативного тонуса в покое

Сравниваемые показатели	Типы вегетативного тонуса		
	Преобладание тонуса парасимпатического отдела ВНС (n=85)	Баланс отделов вегетативной нервной системы (n=146)	Преобладание тонуса симпатического отдела ВНС (n=117)
HR – HF	-0,24*	-0,12	-0,07
HR – LF	-0,19	-0,04	-0,12
HR – VLF	-0,01	0,00	-0,02
HR – HFP	-0,19	-0,32*	-0,32*
HR – LFP	0,12	0,18	0,22
HR – VLFP	0,18	0,32*	0,27*
MxDMn – HF	0,72*	0,76*	0,77*
MxDMn – LF	0,74*	0,66*	0,87*
MxDMn – VLF	0,72*	0,65*	0,73*
MxDMn – HFP	-0,03	0,29*	0,17
MxDMn – LFP	0,10	-0,19	-0,08
MxDMn – VLFP	-0,07	-0,26*	-0,19
Mo – HF	0,19	0,16	-0,13
Mo – LF	0,11	0,12	-0,02
Mo – VLF	0,01	0,08	-0,08
Mo – HFP	0,20	0,27*	0,22
Mo – LFP	-0,14	-0,17	-0,16
Mo – VLFP	-0,17	-0,25*	-0,16

Примечание: * - $P < 0,05$

После физической нагрузки средней интенсивности у студентов отмечена адекватная реакция организма: увеличились ЧСС, АДс, АДд, МОК, SI, IC, VLF, LF/HF, PARS; снизились Mo и HFP. На ряду с этим наблюдались изменения степени корреляции между пространственными и временными характеристиками ритмообразовательной функции

сердца (табл.1). В целом изменения были не сильно выраженными и в отдельных комбинациях сопоставляемых показателей имели тенденцию к уменьшению корреляционного индекса. Лишь только корреляционные связи между разбросом кардиоинтервалов и мощностью высокочастотных, низкочастотных и очень низкочастотных волн ВСР в абсолютных и относительных величинах имели стабильную динамику роста. По нашему мнению такая реакция обусловлена низким эмоциональным фоном при проведении пробы с физической нагрузкой.

После интеллектуальной нагрузки произошло достоверное повышение гемодинамических показателей (ЧСС, АДс, ЭПК, ИФАСНС, АП, МОК), свидетельствующих о повышении тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы. Среди показателей variability сердечного ритма существенные изменения произошли с продолжительностью наиболее часто встречающегося кардиоинтервала, стресс-индексом, показателем активности регуляторных систем. При этом обнаружено снижение абсолютной мощности спектра волн всех частотных диапазонов. Снижение мощности спектра волн может свидетельствовать о напряжении адаптационных механизмов на фоне эмоционального стресса.

Интеллектуальная нагрузка, которая заключалась в тестовой проверке знаний студентов по физиологии, привела к повышению корреляционных связей практически между всеми изучаемыми нами пространственными и временными характеристиками процесса формирования ритма сердца (табл.1). Мотивированное учебным процессом возбуждение, эмоциональный стресс, активация деятельности высших отделов головного мозга приводили к значительному сопряжению пространственных и временных характеристик механизма формирования ритма сердца.

Выводы

1. Частота, ритм сердечных сокращений, центральный и автономный контуры механизмов регуляции сердечного ритма формируют пространственно-временной континуум системы ритмообразовательной функции сердца.
2. В условиях относительного функционального покоя наиболее тесные корреляционные связи образуются между взаимодействующими компонентами, такими как показатели суммарной мощности высокочастотных, низкочастотных и очень низкочастотных волн спектра variability сердечного ритма в абсолютных величинах, разброс максимальных и минимальных значений кардиоинтервалов.
3. В состоянии относительного функционального покоя наиболее выраженные связи между временными и пространственными характеристиками системы формирования сердечного ритма и его регуляции проявляются у испытуемых с выраженным преобладанием

центральной и автономной вегетативной регуляции сердечного ритма, а также при преобладании активности симпатической нервной системы и балансе между отделами вегетативной нервной системы.

4. Физическая и интеллектуальная нагрузки вызывают увеличение пространственно-временной сопряженности характеристик механизма регуляции ритмообразовательной функции сердца.

Список литературы

1. Баевский, Р.М. Адаптационные возможности организма и понятие физиологической нормы / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // XVIII съезд физиол. общества им И.П. Павлова. Тез. докл. / Казань - М.: ГЭОТАР – МЕД, 2001. – С. 304.
2. Полунин И.Н. Ритмогенез сердца / И.Н. Полунин. – Астрахань, 1997. – 285 с.
3. Романов Ю. А. Пространственно-временная организация биологических систем / Ю. А. Романов // Владикавказский медико-биологический вестник, 2001, №2.- С. 4-12.
4. Чернышева М. П. Об особенностях временных процессов в живых организмах/ Сб. «Человек в пространстве концептуальных времен». Ред. В. С. Чуракова.– Новочеркасск: «НОК».– 2008.– С. 94–101.
5. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. — Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. — 259 с.

Рецензенты:

Курьянова Е.В., д.б.н., доцент, профессор кафедры физиологии и морфологии человека и животных, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет» Минобрнауки РФ, г. Астрахань;

Котельников А.В., д.б.н., доцент, профессор кафедры гидробиологии и общей экологии, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань.