

Скуратова Н.А.¹, Беляева Л.М.², Грицук А.И.³, Чижевская И.Д.², Микульчик Н.В.²

¹ Гомельская областная детская клиническая больница, Гомель, Беларусь

² Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Беларусь

³ Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь

Skuratova N.¹, Belyaeva L.², Gritzuk A.³, Chizhevskaya I.², Mikulchik N.²

¹ Gomel Regional Children's Hospital, Gomel, Belarus

² Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk, Belarus

³ Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Оценка динамики показателей сердечно-сосудистой системы в условиях моделирования острой неизбежной гиперкинезии у крыс

Estimation of dynamical changes of cardiovascular system indicators in conditions of modeling of acute inescapable hyperkinesis in rats

Резюме

В настоящей работе проведена экспериментальная оценка динамики показателей сердечно-сосудистой системы в условиях моделирования острой неизбежной гиперкинезии у белых крыс, подвергшихся однократной пробе с вынужденным плаванием до отказа. В эксперименте изучались особенности электрокардиограммы и показатели кардиоинтервалографии, отражающие функциональную устойчивость вегетативной нервной системы и особенности адаптационных механизмов организма в условиях физического и психоэмоционального стресса. Моделирование однократной неизбежной гиперкинезии в плавательной пробе у экспериментальных животных привело к развитию у последних несвойственных им парасимпатических феноменов, эктопической активности на фоне сдвига вегетативного баланса в сторону вагуса. В связи с этим требуются дальнейшие исследования с целью изучения морфологических и гистологических изменений в структурах организма, возникающих на фоне регулярного запредельного психофизического стресса.

Ключевые слова: эксперимент, психофизический стресс, сердечно-сосудистая система, электрокардиограмма, кардиоинтервалография.

Resume

In this paper an experimental estimation of dynamical changes of cardiovascular system indicators in terms of modeling of acute inescapable hyperkinesis in white rats exposed to a single sample to forced swimming «to failure». In the experiment the electrocardiogram features and results of cardiointervalography, reflecting the functional stability of autonomic nervous system and features of adaptive mechanisms of organism in terms of physical and emotional stress were studied.

Modeling of single inescapable hyperkinesis in the swimming trial in experimental animals led to the development of unusual for them parasympathetic phenomena, ectopic activity on the background of the shift of the autonomic balance towards the «vagus». In this regard, further research is required to examine the morphological and histological changes in structures of the body, occurring against the backdrop of a regular «transcendental» psychophysical stress.

Keywords: experiment, psychophysical stress, cardiovascular system, ECG, cardiointervalography.

■ ВВЕДЕНИЕ

Первым этапом разработки превентивных мероприятий являются доклинические испытания. Важная составляющая – изучение влияния запредельных физических и психоэмоциональных нагрузок на показатели вегетативной и сердечно-сосудистой системы (ССС) организма. Необходимость моделирования различных параметров организма в условиях экстремальных нагрузок не вызывает сомнений при создании программы профилактических мероприятий в педиатрии и детской кардиологии [6].

Физическая нагрузка (ФН) на организм в зависимости от интенсивности может быть и стрессовым раздражителем, и тренирующим агентом, если при выполнении физических упражнений не допускаются сильные перегрузки [2]. Систематические оптимальные по продолжительности и интенсивности ФН способствуют повышению адаптационных возможностей организма и замедлению возрастных нарушений в структуре и функции органов и тканей, тогда как чрезмерные приводят к развитию стресс-реакций. Часто повторяющиеся стрессовые ситуации в значительной мере влияют на развитие преждевременного старения. К общим нарушениям при стрессе и старении относят изменение поведения, ухудшение работоспособности и снижение адаптивных возможностей организма. Интенсивные ФН, сопровождающиеся психоэмоциональными перегрузками, сопутствующие спортивной практике, военному делу и некоторым видам трудовой деятельности, нередко приводят к нарушению функционального состояния сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы (ВНС), возникновению дистресса, развитию заболеваний. Это связано с изменением метаболизма в кардиомиоцитах с последующим нарушением их функции [2, 3].

Важным вопросом физиологических исследований по проблемам адаптации является выяснение адекватности реагирования и функциональной устойчивости систем организма при воздействии на него острого стресса, физическом и психоэмоциональном перенапряжении. Функциональная устойчивость рассматривается как способность организма сохранять достаточно высокую активность различных систем в течение длительного времени, чтобы обеспечить выполнение функций и избежать нарушения гомеостаза [13].

Экстремальные факторы, нарушающие гомеостаз (форсированные физические нагрузки, нервное перенапряжение, гипоксия, иммобилизация, нарушение и лишение сна), вызывают в организме комплекс

Проблема патологических, в том числе плохо поддающихся медикаментозной коррекции, изменений в деятельности сердечно-сосудистой системы, связанных с нерациональными нагрузками, подчас выходящими за рамки человеческих возможностей, с физическим и психоэмоциональным дистрессом, становится актуальной в современной медицине [6, 10].

специфических нарушений и неспецифических адаптивных реакций, изменение деятельности ССС, центральной нервной системы, эндокринных желез, изменение метаболических процессов, снижение иммунитета [4, 12]. Специфический компонент определяется характером действующего раздражителя, а неспецифический сопровождается развитием общего адаптационного синдрома Г. Селье (1960, 1967), который возникает под воздействием любых чрезвычайных раздражителей и характеризует перестройку защитных систем организма. Основные положения концепции Г. Селье касаются того, что стресс может вызывать прямые анатомические повреждения. Он представляет собой неспецифическую реакцию организма на любое требование.

В теории Г. Селье стресс рассматривается с позиции физиологической реакции на физические, химические и органические факторы. Поддержание гомеостаза является жизненно необходимой задачей организма. Организм реагирует на любой стрессор, приятный или неприятный, неспецифическим физиологическим возбуждением. Избыток катехоламинов (адреналин и норадреналин) приводит к развитию гипоксии и даже аноксии миокарда и вызывает значительные изменения в обмене веществ [1, 5]. Согласно теории Г. Селье развитие стресса и приспособление к нему проходит несколько стадий. Время течения и перехода на каждую стадию зависит от резистентности организма, интенсивности и длительности воздействия стрессора. Организм имеет ограниченные резервы адаптационных возможностей по предупреждению и купированию стресса – их истощение может привести к заболеванию и смерти. Стадия истощения отражает нарушение механизмов регуляции, защитно-приспособительных механизмов борьбы организма с чрезмерно интенсивным и длительным воздействием стрессоров. Адаптационные резервы существенно уменьшаются. Сопrotивляемость организма снижается, следствием чего могут стать не только функциональные нарушения, но и морфологические изменения в организме.

Известно, что концепция Г. Селье об общем адаптационном синдроме не включает нервное звено регуляции ответной реакции организма на стресс-воздействия. Такой подход в свое время был подвергнут справедливой критике. В последующих многочисленных исследованиях отчетливо показано, что механизм неспецифической резистентности организма не может быть сведен к изменению уровня адаптивных гормонов в крови. Он имеет гораздо более сложную природу. В регуляции явлений реактивности и адаптации организма нервной системе принадлежит ведущая роль. Эмоциональное напряжение всегда сопровождает так называемый физический стресс. Воздействие стресса нужно рассматривать с двух сторон. Его позитивное влияние является следствием положительных эмоций, физической активности, посильного и приятного труда. Однако следствием продолжительных стрессорных воздействий являются нарушения сердечно-сосудистой деятельности, ишемия, неврозы, депрессии и другие патологические состояния.

Стресс и ишемия играют важную роль в патогенезе основных заболеваний сердца. Стрессорные, а по существу, адренергические, повреждения вызывают нарушения сократительной функции и ме-

таболизма миокарда. Стресс приводит к возникновению сердечных аритмий и потенцирует повреждения, вызванные ишемией миокарда. Устойчивость к стрессорным повреждениям в значительной степени зависит от баланса между регуляторными системами, реализующими стресс-реакцию, и системами, ограничивающими ее развитие. В экспериментальных исследованиях эмоционального стресса были выявлены индивидуальные различия чувствительности животных к развитию негативных последствий стрессорных воздействий [7].

Р.М. Баевский с соавторами (1984) впервые использовали вариабельность сердечного ритма (ВСР) в качестве неинвазивного критерия для прогноза устойчивости к стрессорным повреждениям. Было продемонстрировано, что стрессорные язвы в слизистой желудка реже образуются у крыс со средней вариабельностью ритма сердца, чем у крыс с низкой и высокой вариабельностью. В последние годы для оценки баланса вегетативной нервной системы используются параметры ВСР и артериального давления (АД), которые отражают функционирование систем, регулирующих кровообращение: симпатического и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а также гуморальных систем, например ренин-ангиотензиновой, аденозина, и других систем. В настоящее время оба метода широко применяются для неинвазивного изучения нейрогуморальных механизмов регуляции в эксперименте и клинике с целью прогнозирования и диагностики заболеваний, в том числе заболеваний сердечно-сосудистой системы. Уменьшение ВСР при патологических состояниях рассматривается как неблагоприятный прогностический признак. Так, хорошо известно, что с уменьшением ВСР риск смерти от инфаркта миокарда и сердечной недостаточности увеличивается. В то же время проблема взаимосвязи вариабельности параметров гемодинамики с устойчивостью к стрессорным повреждениям остается малоизученной [16].

При нарастании процессов дезадаптации в ответ на чрезмерные нагрузки возможны два типа реакций сердечного ритма: формирование маловариабельного ритма на фоне брадикардии и резко выраженная нерегулярность ритма с увеличением частоты сердечных сокращений. В первом случае, очевидно, происходит крайняя степень «эмансипации» СА-узла от вегетативных и гемодинамических влияний. Во втором – при резко выраженной нерегулярности ритма, вероятно, имеет место гиперчувствительность СА-узла к экстракардиальным воздействиям [9].

Отмечено, что при гипоксии нарушается мобилизация гликогена, что обусловлено уменьшением запасов катехоламинов в миокарде и снижением адренореактивности сердца [12, 13]. С этим явлением может быть связано развитие миокардиодистрофии физического перенапряжения (как острого, так и хронического), которая может маскироваться вагозависимыми феноменами, которые свидетельствуют о нестабильности электрических процессов в миокарде и угрожают в экстремальных условиях [12]. В частности, у спортсменов патологические сдвиги в процессе выполнения физических упражнений происходят только при нагрузках, граничащих с предельными возможностями. Это может случиться на начальном этапе тренировки с применением больших нагрузок без учета принципа постепенного их увеличения

С учетом тенденции к омоложению спорта и привлечению к спортивным занятиям и интенсивной соревновательной деятельности детей и подростков первостепенной задачей педиатрии и кардиологии становится первичная профилактика заболеваний сердца и нарушений ритма, связанных с интенсивными занятиями спортом, в том числе спортом высших достижений [6].

или же при резком несоответствии возможностей спортсмена тренировочным нагрузкам.

До сих пор объективная оценка развившихся «вагозависимых» феноменов у интенсивно тренирующихся детей-спортсменов затруднена, что связано с противоречивыми мнениями исследователей по поводу данных изменений [9].

Э.И. Аршавской (1983) установлено, что усиление тонуса вагуса связано с развитием скелетной мускулатуры. Это выражается в увеличении регуляторных влияний блуждающего нерва на ССС по мере развития и усложнения двигательных функций – стояния и ходьбы. Результаты работ И.А. Аршавского (1983) показали, что уровень деятельности ССС определяется степенью нагрузки скелетных мышц. Ученый отметил увеличение массы миокарда и урежение сердечного ритма, связанное со степенью двигательной активности.

С позиций современных научных исследований эксперимент является основным эмпирическим методом познания, посредством которого возможно расширить и углубить сведения о функциональном состоянии органов и систем организма (человека и животных) в различных условиях жизнедеятельности. Исследование не должно быть случайным или бесполезным, оно должно приносить результаты, полезные для развития медицины [7, 14].

Для моделирования состояния организма при ФН, вызывающей стресс-реакцию, у животных часто используются следующие виды физических нагрузок: плавание с грузом на хвосте, бег на тредбане, имитация эффекта психоэмоционального и физического напряжения посредством фармакологического воздействия [8].

В числе методик исследования физической работоспособности и выносливости животных в доклинических испытаниях обычно используют тредбан (беговая дорожка). Устройство представляет собой движущуюся ленту, оборудованную электродами, которые являются отрицательным подкреплением и стимулируют животное двигаться по ленте. На современных тредбанах возможна регулировка угла наклона дорожки, скорости движения ленты, силы тока, подаваемого на электроды, времени бега [7, 8].

Вынужденное плавание представлено классической методикой теста Порсолта, предназначенного для оценки «депрессивного поведения» (в частности, «отчаяния»). Однако после модификации, проведенной в НЦБМТ РАМН, ее можно использовать для оценки выносливости и работоспособности в условиях стресса. Для этого применяется груз (оптимально –10% от массы тела животного), который крепится к задним лапам животного. После прикрепления груза животное аккуратно опускают в воду и засекают время до полного отказа от плавания. Установка представляет собой стеклянную емкость для воды. Высота и диаметр зависит от вида животного (для крыс, к примеру, $h=40$ см, $d=18$ см). Температура воды должна быть приближена к температуре тела животных [8, 9].

В процессе эксперимента у лабораторных животных возможно исследование ССС посредством оценки ЭКГ. Особенности математического расположения и измерения интервалов и сегментов ЭКГ у белых крыс представлены на рис. 1.

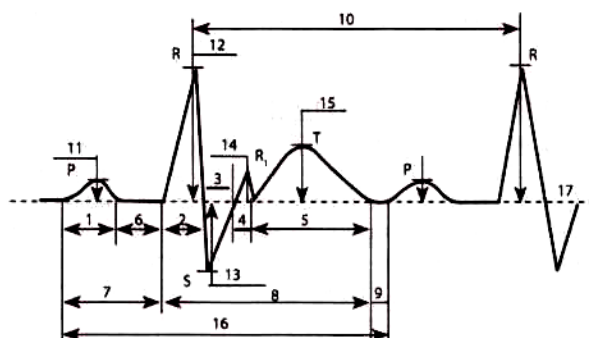


Рис. 1. Математическое расположение интервалов и сегментов ЭКГ крысы во втором стандартном отведении (Б.Д. Абрамов, Р.А. Рязанова, 2003)

В частности, у крыс как наиболее распространенных экспериментальных животных оценка ЭКГ проводится согласно следующим требованиям [8, 9]:

- в первом отведении зубец R очень низкий, а остальные зубцы отсутствуют или различимы с трудом. В связи с этим первое отведение у белых крыс не имеет никакого значения. Во втором и третьем отведении регистрируются отчетливые ЭКГ;
- зубец P почти всегда положительный, хотя в редких случаях может быть отрицательным как во втором, так и в третьем отведениях. Величина PII колеблется в пределах 0,1–0,35 мВ, а PIII – 0,1–0,3 мВ. Их длительность – 0,01–0,02 с. Зубец Q почти всегда отсутствует во всех отведениях. Интервал PQ (до точки Q) равен 0,04–0,05 с;
- высота зубца RII составляет 0,3–0,85 мВ, RIII – 0,35–0,7 мВ;
- зубец S во втором отведении встречается в 10,2% случаев, а в третьем – в 37,5%. Интервал ST у белых крыс отсутствует, и если на ЭКГ отмечается зубец S, то он сразу же переходит в зубец T, образуя соединение ST. В подавляющем большинстве случаев зубец S отсутствует и нисходящее колено зубца R непосредственно переходит в зубец T;
- длительность интервала QRS – 0,01–0,025 с;
- зубец T всегда положительный, его величина колеблется в пределах: TII – 0,3–0,7 мВ, TIII – 0,35–0,65 мВ, т. е. почти не уступает по величине зубцу R. Интервал QRST составляет 0,07–0,1 с.

Интервал T–P, указывающий на величину диастолической паузы, нередко может вовсе отсутствовать: зубец T сразу переходит в зубец P – или составляет 0,01–0,05 с.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования явилась оценка динамики показателей ССС в условиях моделирования острой неизбежной гиперкинезии (ОНГ) у лабораторных крыс, подвергшихся однократной пробе с вынужденным плаванием «до отказа». В эксперименте изучались особенности ЭКГ и показатели кардиоинтервалографии (КИГ), отражающие функциональную устойчивость вегетативной нервной системы, и особенности адап-

тационных механизмов организма в условиях физического и психоэмоционального стресса.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент проводился на базе центральной научно-исследовательской лаборатории Гомельского государственного медицинского университета на 10 белых беспородных молодых крысах-самках массой 180–220 г. Исследования проходили в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите экспериментальных животных (86/609 ЕЕС). Животные содержались в стандартных условиях вивария при температуре 23 ± 2 °С без ограничения в воде и пище в условиях относительной гиподинамии.

В качестве пробы с ФН у крыс использовали плавание с грузом-гайкой –10% от массы тела, которое проходило в аквариуме диаметром 45 см, глубиной 60 см, с температурой воды 34–36 °С, окружающего воздуха – 20–22 °С. Критерием окончания пробы являлась нагрузка «до отказа» (падение на дно). Перед началом эксперимента у крыс была проведена ЭКГ в 6 отведениях (стандартных и усиленных) и запись КИГ. Запись ЭКГ у крыс проводилась на трехканальном электрокардиографе Shiller после внутримышечного введения диазепама в дозе 0,02 мг/кг с целью седации. КИГ осуществлялась на автоматизированном аппарате «Полиспектр-Ритм» без седативной поддержки.

После моделирования острого стресса у животных проводилась динамическая оценка ЭКГ и КИГ. При этом рассчитывались следующие показатели: вариационный размах (ВР), Мода (Мо), амплитуда моды (АМо), индекс напряжения (ИН), индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный показатель ритма (ВПР), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели ЭКГ, проведенной до нагрузки, у всех экспериментальных животных соответствовали нормативным параметрам. Фрагмент одной ЭКГ приведен на рис. 2.

Количественные показатели КИГ крыс также сравнивались в динамике (до и после эксперимента). На рис. 3 представлен фрагмент КИГ крысы до проведения эксперимента.

После острого стресса (первые 5 мин восстановительного периода) на ЭКГ животных были зарегистрированы следующие изменения: замедление внутрижелудочкового проведения (4 случая – 21%), экстрасистолия (5 случаев – 27%), увеличение вольтажа ЭКГ (2 случая – 11%), ишемические изменения (2 случая – 11%), замедление АВ-проведения (2 случая – 11%), синусовая аритмия (4 случая – 21%) (рис. 4). В литературных источниках указано, что синусовая аритмия нехарактерна для крыс [4, 8].

Данные количественного анализа показателей КИГ представлены в таблице.

В результате эксперимента выявлено, что после плавательной пробы имело место снижение ЧСС, увеличение значений Амо и расширение диапазона значений ПАП – показателя, отражающего повышенную активность парасимпатической нервной системы (рис. 5).



Рис. 2. Исходная ЭКГ крысы (I, II, III отведения)

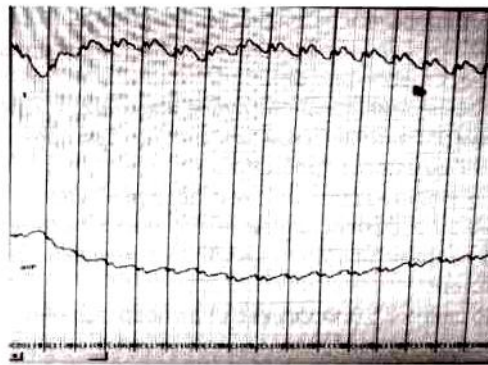


Рис. 3. Фрагмент КИГ крысы (до эксперимента)

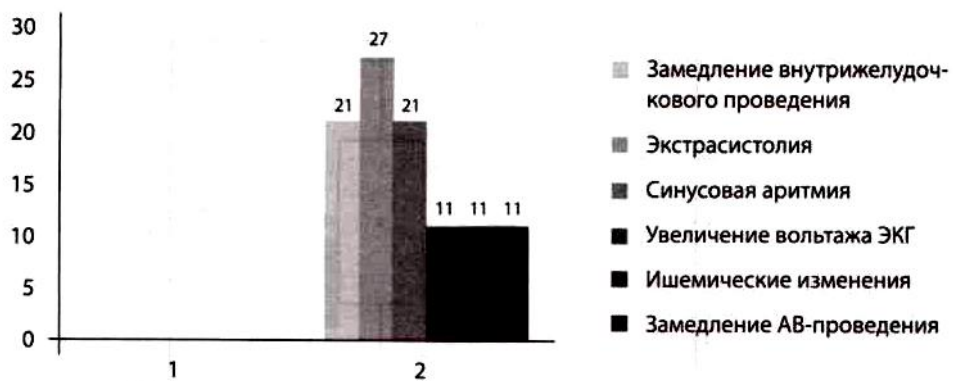


Рис. 4. Структура изменений на ЭКГ у экспериментальных животных в восстановительном периоде после проведения ОНГ при плавательной пробе

Оценка динамики показателей сердечно-сосудистой системы в условиях моделирования острой неизбежной гиперкинезии у крыс

Сравнительная характеристика показателей КИГ в эксперименте (до и после ОНГ), (n=9)**

Показатель (M±m)	До ОНГ	После ОНГ
ЧСС _{ср.} *	504	402
ВР	0,022±0,01	0,025±0,01
Мо*	0,119±0,007	0,149±0,02
Амо	0,29±0,07	0,31±0,08
ИН	71,0± 41,8	52,6±22,4
ИВР	16,7±9,7	15,6±7,4
ВПР	506,8±244,5	338,9±136,3
ПАПР*	2,47±0,66	3,94±5,5

Примечания:

* – достоверность различий (p<0,05);

** – в связи с техническими погрешностями и помехами при проведении КИГ оценка математических показателей после эксперимента была проведена у 9 животных из 10.

Выявлено, что после плавательной пробы у большинства животных регистрировалась эктопическая активность (5 случаев – 27%). На рисунках представлен фрагмент ЭКГ крыс, подвергшихся острому физическому стрессу (рис. 6).

В экспериментальной группе животных с зарегистрированной по данным ЭКГ эктопической активностью был проведен анализ показателей КИГ до и после пробы (рис. 7).

Как видно из рис. 7, после плавательной пробы у крыс с зарегистрированной экстрасистолией имело место значительное снижение индекса напряжения, указывающего на смещение баланса ВНС в сторону ваготонии.

По данным В.В. Фролькиса, при повреждении сердца увеличивается ваготонус, что является следствием усиленной работы уцелевших элементов миокарда. Блуждающий нерв и его медиаторы способствуют анаболическим процессам, и рефлекторное усиление холинергических процессов в сердце наблюдается до тех пор, пока в миокарде преобладают явления деструкции [18].

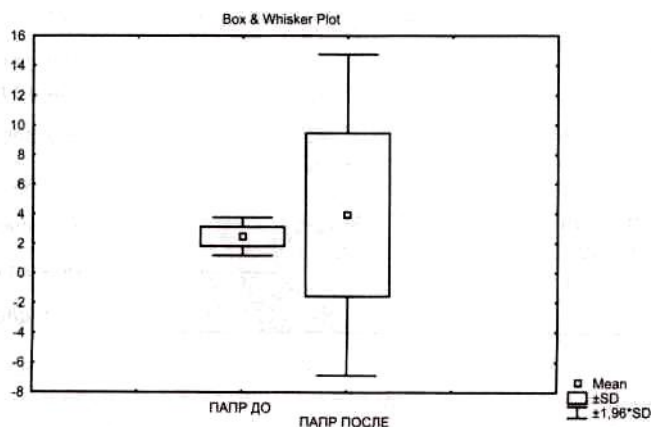


Рис. 5. Графическое представление диапазона значений ПАПР, полученных в эксперименте

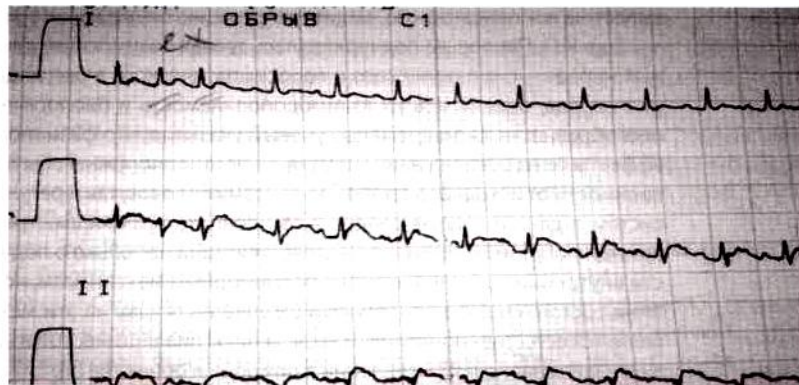


Рис. 6. Парная суправентрикулярная экстрасистолия после ОНГ в эксперименте

Усиление деятельности парасимпатической нервной системы необходимо для стимуляции синтеза, накопления и сохранения энергетических ресурсов, необходимых для нормального функционирования сердца и сосудов. В литературе описаны случаи рефлекторной брадикардии на фоне введения адреналина у гипертензивных крыс, что свидетельствует о возможном нарушении компенсаторных механизмов регуляции ССС и ответной реакции блуждающего нерва на стресс [11]. Также установлено, что у крыс, подвергшихся неизбежной гиперкинезии, по сравнению с крысами, имевшими физиологическую гиперкинезию, отмечались высокие показатели физической работоспособности, но нестабильная реактивность и плохая обучаемость [15].

В экспериментальных исследованиях (С.И. Ордынский и др., 1995) подтверждено, что блуждающий нерв – это анаболический нейрорегулятор, усиливающий анаболические процессы в миокарде и уменьшающий энергозатраты сердца. В настоящее время доказано, что парасимпатические нервы тормозят окислительное расщепление макроэргов. Это ука-

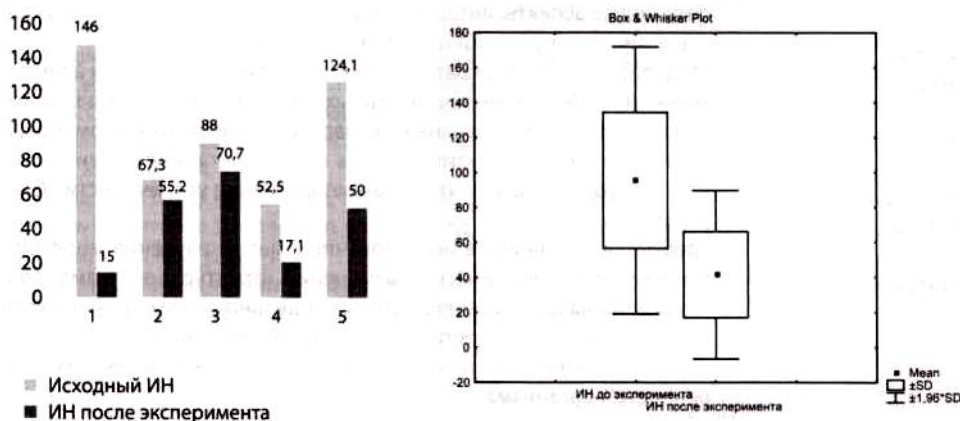


Рис. 7. Показатели КИГ у крыс с зарегистрированной после плавательной пробы экстрасистолией

зывает на компенсаторную, защитную функцию блуждающего нерва [17].

Еще И.П. Павловым подчеркивалась тесная взаимосвязь двух основных нервов – симпатического и парасимпатического в регуляции функции сердца, отмечалась их взаимодополняемость и биологическая целесообразность. Одновременно ученый указывал, что физиологические эффекты от их раздражения могут быть противоположны обычным в зависимости от исходного состояния как самих нервов, так и регулируемых систем, в данном случае сердца и сосудов. Этот факт, иллюстрирующий принцип обратной связи и свидетельствующий не только о подчиненности внутренних органов (сердце) регуляторным механизмам, но и о влиянии состояния рабочих структур (сердце и сосуды) на эти механизмы, является естественно-научным выражением диалектической взаимосвязи и взаимозависимости явлений в природе и обществе [9].

Таким образом, согласно вышеизложенному парасимпатическая регуляция и симпатическая регуляция не являются антагонистами. Они выполняются для оптимального обеспечения функций организма в зависимости от предъявляемых требований. Так как продукция основных симпатических медиаторов осуществляется симпатико-адреналовой системой, ее роль в регуляции функции сердца весьма значительна, а повышение тонуса блуждающего нерва является отражением не только истощения ее резервов, но и возможного повреждения клеток миокарда.

Без расхода энергии невозможна жизнь, адаптация, деятельность, поэтому симпатическая регуляция функции сердца благодаря стимуляции освобождения и использования энергии обеспечивает учащение ритма, повышение ударного объема сердца, т. е. усиление его сократительной функции, тем самым выполняя не менее существенные задачи, чем парасимпатическая.

■ ВЫВОДЫ

1. Эксперимент с запредельной психофизической стрессовой нагрузкой как пробой, моделирующей выход за рамки функциональных возможностей организма, не соответствующей его биологическим потребностям, необходим для понимания причин и механизмов развивающихся деструктивных изменений в миокарде. Это открывает новые аспекты интерпретации изменений ССС индивидуума в зависимости от условий их возникновения.
2. Моделирование однократной неизбежной гиперкинезии в плавательной пробе у экспериментальных животных привело к развитию у последних несвойственных им парасимпатических феноменов, а также эктопической активности на фоне сдвига вегетативного баланса в сторону вагуса, что отражает снижение устойчивости ССС в условиях стресса.
3. Требуются дальнейшие исследования с целью изучения морфологических и гистологических изменений структур организма, возникающих на фоне регулярного запредельного психофизического стресса, и их обратимости, а также оценка восприятия стрессовых нагрузок в зависимости от эмоциональных и поведенческих особенностей организма.



■ ЛИТЕРАТУРА

1. Биотехнологические принципы формирования экспериментального некроза миокарда / А.Г. Бабаева [и др.] // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2012. – Т. 13, № 1. – С. 11–15.
2. Борисова, Ю.А. Изменение объема сердца у спортсменов в условиях воздействия «острой» физической нагрузки. Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов : сб., посвящ. 25-летию каф. спорт. медицины им. проф. В.Л. Карпмана / РГАФК / Ю.А. Борисова. – М., 1994. – С. 162–167.
3. Геворкян, Э.С. Реакция функциональных систем организма студентов на физическую нагрузку / Э.С. Геворкян // Новые исследования. – 2008. – Т. 1. – С. 15–18.
4. Глушковская-Семячкина, О.В. Половые особенности кардиоваскулярной чувствительности к адреналину у здоровых и гипертензивных крыс / О.В. Глушковская-Семячкина, Т.Г. Анищенко, В.А. Бенрдникова // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 3. – С. 33–34.
5. Грязных, А.В. Особенности восстановления некоторых показателей желудочковой секреции в условиях последствий острой физической нагрузки / А.В. Грязных // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 4. – С. 45–52.
6. Детская кардиология и ревматология : практ. рук. / Л.М. Беляева [и др.] / под ред. Л.М. Беляевой. – М.: Мед. информ. агентство, 2011. – 584 с.
7. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте / И.П. Западнюк [и др.]. – Киев : Вища школа, 1983. – 215 с.
8. Каркищенко, В.Н. Методики изучения физиологических функций лабораторных животных для доклинических исследований в спортивной медицине / В.Н. Каркищенко // Биомедицина. – 2012. – № 4. – С. 15–21.
9. Михайлов, В.М. Вариабельность сердечного ритма: опыт практического применения / В.М. Михайлов. – Иваново : Иван. гос. мед. акад., 2002. – 290 с.
10. Ройтберг, Г.Е. Влияние острой физической нагрузки различной интенсивности на состояние липидного обмена у мужчин среднего возраста / Г.Е. Ройтберг // Рац. фармакотерапия в кардиологии. – 2010. – № 6. – С. 4–8.
11. Шканд, Т.В. Морфологічні характеристики серця щурів за умов експериментального некрозу міокарда / Т.В. Шканд, М.О. Чиж, О.В. Наумова // Морфологія. – 2013. – Т. II, № 2. – С. 17–22.
12. Effects of endurance exercise on bone histomorphometric parameters in intact and ovariectomized rats / E.I. Barenholts [et al.] / Bone Miner. – 1994. – № 26 (2). – P. 133–140.
13. Kaplanskiĭ, A.S. Role of the hypophysis, hormonal growth inducers and physical exercises in the regulation of function of thyrocytes, C-cells and parathyrocytes in rats during simulated weightlessness / A.S. Kaplanskiĭ, R.E. Grindeland // Aviakosm Ekolog Med. – 1995. – № 29 (4). – P. 47–52.
14. Nakaya, M. Effects of exercise on rats subjected to tail suspension / M. Nakaya, K. Kosugi, S. Takeuchi // J. Gravit. Physiol. – 1994. – № 1 (1). – P. 67–68.
15. Purushothaman, S. Temporal relation of cardiac hypertrophy, oxidative stress, and fatty acid metabolism in spontaneously hypertensive rat / S. Purushothaman, N. Renuka, V. Harikrishnan // Mol. Cell. Biochem. – 2011. – Vol. 351. – P. 59–64.
16. Schwartz, P.J. Vagal stimulation for heart failure / P.J. Schwartz // Curr. Opin. Cardiol. – 2011. – Vol. 26. – P. 51–54.
17. Seiva, F.R. Energy expenditure, lipid profile, oxidative stress, and cardiac energy metabolism after growth hormone treatment in obese young rats / F.R. Seiva, C.M. Berbert // Horm. Metab. Res. – 2010. – Vol. 42. – P. 496–501.
18. Tipton, C.M. Animal models and their importance to human physiological responses in microgravity / C.M. Tipton // Med. Sci. Sports Exerc. – 1996. – Vol. 28. – P. 94–100.

Поступила в редакцию 14.01.2014
 Контакты: nataliaskuratova@rambler.ru
 (Наталья Александровна Скуратова)