

УДК 599.88+612.821.6+612.833.1

ДИНАМИКА СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПРИ ПОПЫТКЕ ВЫПОЛНЕНИЯ НЕ РЕШАЕМОГО ЗАДАНИЯ

© 2007 И.Ю. Голубева, Т.Г. Кузнецова, Е.А. Соколова, К.Н. Фомкина¹

У детей дошкольного возраста изучали поведенческие реакции, работоспособность, тревожность и сердечный ритм до, во время и после сборки пазлов. Сердечный ритм анализировался методом корреляционной ритмографии и оценки параметров активности регуляторных систем. Выделены сердечно-сосудистые паттерны, сопровождающие исходное состояние, сосредоточение на выполнении задания, «трудное состояние», положительную эмоцию при получении подкрепления. Показано, что дети, находящиеся в состоянии умеренного напряжения регуляторных систем лучше справлялись с заданием, чем дети, находящиеся в оптимальном рабочем напряжении.

Введение

Идея раннего развития, популярная в последнее время, неизбежно приводит к значительному увеличению нагрузки, к которой ребенок может быть не готов физиологически, что приводит к появлению отклонений в поведении, эмоциональных расстройств, психофизиологических нарушений. Для их предупреждения, оптимизации процесса обучения и снижения эмоционального напряжения необходимы разработки методов адекватного анализа функционального состояния детей.

Одним из наиболее адекватных показателей в оценке функционального состояния является сердечный ритм [1-4].

Ранее методом корреляционной ритмографии по зарегистрированным реакциям сердечно-сосудистой системы нами были получены паттерны, характеризующие различные состояния шимпанзе при выполнении ими заданий различной степени сложности в исходном состоянии, в момент сосредоточения на задаче, при возникновении ориентировочной, эмоционально положительной и эмоционально отрицательной реакций [5, 6].

Целью работы явилось выявление сердечно-сосудистых паттернов, отражающих изменение функционального состояния детей при выполнении ими задания, когда они не могут его выполнить и у них развивается «трудное состояние».

¹ Голубева И.Ю., Кузнецова Т.Г., Соколова Е.А., Фомкина К.Н. (antrop@kolt.infran.ru), Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6.

Методика исследования

Исследование проведено на 16 детях 4-5 лет детского сада № 41 Невского района г.Санкт – Петербурга. Ребенку предлагали собрать пазлы из 54 элементов. Задание не представляло сложности для детей данного возраста, но оно не могло быть выполнено полностью, поскольку несколько сюжетных элементов были заменены на элементы из другого набора, идентичные по форме и похожие по цветовой гамме.

По инструкции ребенок мог отказаться от продолжения работы в случае затруднения. Если дети упорно искали решение, их через 15 минут работы оставляли, а в качестве награды (подкрепления) предлагали на выбор картинку-наклейку.

В ходе исследования проводили:

1. Регистрацию поведенческих реакций с помощью видеокамеры на видеокассету с последующей обработкой полученных записей.
2. Восьми цветовой тест Люшера в компьютерной версии [7] для определения тревожности и работоспособности до начала работы.
3. По результатам выполненного задания для каждого ребенка вычисляли успешность в процентах от правильно составленных деталей пазлов за весь период работы.
4. Регистрацию сердечного ритма (СР) во втором грудном отведении aVL с использованием беспроводного кардиопередатчика, разработанного в нашей лаборатории [8]. Обработку СР проводили на диагностическом комплексе “Валента”, разработанного НПО “НЕО” (Санкт-Петербург) в исходном состоянии, в процессе выполнения всего задания и при получении приза (подкрепления).

При обработке сердечного ритма использованы:

1. Метод корреляционной ритмографии, который основан на анализе скаттерграмм, формируемых на плоскости координат, где по оси абсцисс фиксировалось предыдущее значение RR интервала, а по оси ординат – последующее. В результате образуется совокупность точек – «облако» (рис. 1), в котором выделяется геометрический центр (RR_{ср}), характеризующий среднее значение RR интервала, длина ($B = B_0 \times \cos 45^\circ$, где B_0 – длина аттрактора), отражающая вариативность СР, и ширина ($A = A_0 \times \cos 45^\circ$, где A_0 – ширина аттрактора), косвенно характеризующую аритмию [1, 3].

2. Метод оценки параметров активности регуляторных систем – ПАРС [2].

Вычисление ПАРС осуществляется по алгоритму, учитывающему статистические показатели, показатели гистограммы и данные спектрального анализа кардиоинтервалов, описываемых по пяти критериям:

А. Средняя частота пульса ($X_{R-R \text{ ср.}}$), отражающая суммарный эффект регуляции.

Б. Среднее квадратичное отклонение (σ), отражающее суммарную активность регуляторных механизмов.

В. Индекс напряженности ($ИН = A Mo / (2 Mo * \Delta R-R)$), где $A Mo$ – частота наиболее часто встречающегося значения, а $\Delta R-R$ – степень выраженности аритмии. ИН характеризует степень напряжения систем адаптации организма к условиям внешней среды.

Г. Мощность спектра медленных волн 1-го порядка (LF), отражающая активность вазомоторного центра, регулирующего сосудистый тонус.

Д. Мощность спектра медленных волн 2-го порядка (VLF), отражающая активность подкоркового сердечно-сосудистого нервного центра (надсегментарных уровней) регуляции.

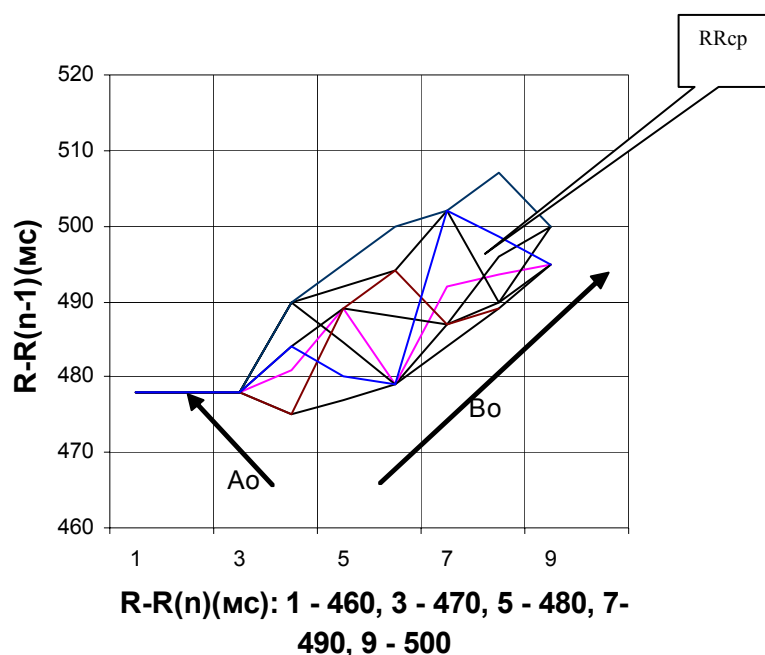


Рис. 1. Нормальная скаттерограмма (фрагмент)

Значения ПАРС выражались в баллах от 1 до 10 и при оценке их значений условно выделены три зоны функциональных состояний: состояние удовлетворительной адаптации (ПАРС = 1-3 баллам), состояние функционального напряжения (ПАРС = 4-5 баллам) и перенапряжения (ПАРС = 6-7 баллам), указывающее на необходимость проведения оздоровительных и профилактических мероприятий; состояние истощения регуляторных систем или срыв адаптации (ПАРС = 8-10 баллам).

Результаты исследования

Совместный анализ поведения и сердечного ритма показал наличие определенных изменений в процессе решения поставленной задачи:

1. В исходном состоянии, включающем знакомство с ребенком, его инструктирование, проведение теста Люшера, дети, как правило, были спокойны, заинтересованы. Исходному состоянию соответствовала размытая по плоскости координатного пространства скаттерограмма (рис. 2, а). Диапазон R-R-интервалов проявился в пределах 500-800мс (табл.).

2. На начальных этапах работы лица у детей были спокойными, довольными, заинтересованными, а движения рук уверенными, быстрыми и четкими. Диапа-

зон R-R-интервалов сужался до 650-750 мс (табл.). Скаттерограмма занимала центр координатного пространства, где можно выделить область аттрактора (рис. 2, б). Показатели аритмии и вариабельности уменьшались относительно исходного состояния (табл.).

3. Через 5 мин от начала работы, когда у детей появились первые затруднения, их лица становились сосредоточенными, брови слегка хмурились, движения рук явно замедлились, взгляд подолгу задерживался на деталях и на картинке. Но работу они не прекращали. Сосредоточению соответствовало еще большее сужение диапазона R-R-интервалов до 500-600 мс и уменьшение показателей вариабельности и аритмии (табл.). Сгущение скаттерограммы сопровождалось ее смещением в левый нижний угол координатного пространства (рис.2, в).

4. Спустя 10 мин от начала работы у детей возникли еще большие затруднения при решении задачи (развилось «трудное состояние») – рисунок не складывался, картинка не получалась. Сосредоточение сменилось отрешенностью, лица детей застывали, взгляды устремлялись в одну точку, наблюдались почесывания. Диапазон R-R-интервалов увеличился до 450-800мс, также увеличились показатели вариабельности и аритмии (табл.), скаттерограмма рассыпалась (рис.2 г).

5. После 15 минут выполнения задания работу детей прекращали, хвалили и вручали поощрение. Возникла положительная эмоция. Они улыбались, вновь появлялся интерес. Диапазон R-R-интервалов оставался большим (600-800 мс). При этом происходило некоторое смещение облака скатерограммы в правый верхний угол координатного пространства (рис.2 д). Показатели аритмии и вариабельности приблизились к исходным значениям (см. табл.).

Таблица

Изменения показателей скатерограммы при различных состояниях в процессе решения задачи.

Состояния	Аритмия (А, мсек)	Вариабельность (В, мсек)	Диапазон R-R интервалов, (мсек)	Разность между максимальной и минимальной величиной R-R интервалов (Δ, мсек)
Исходное состояние	7	12	535 – 849	314
Начало ра- боты	3	7	572 – 733	161
Сосредото- чение	2	4	564 – 667	103
Трудное состояние	5	8	509 – 740	231
Положи- тельная эмоция	5	12	599 -920	321

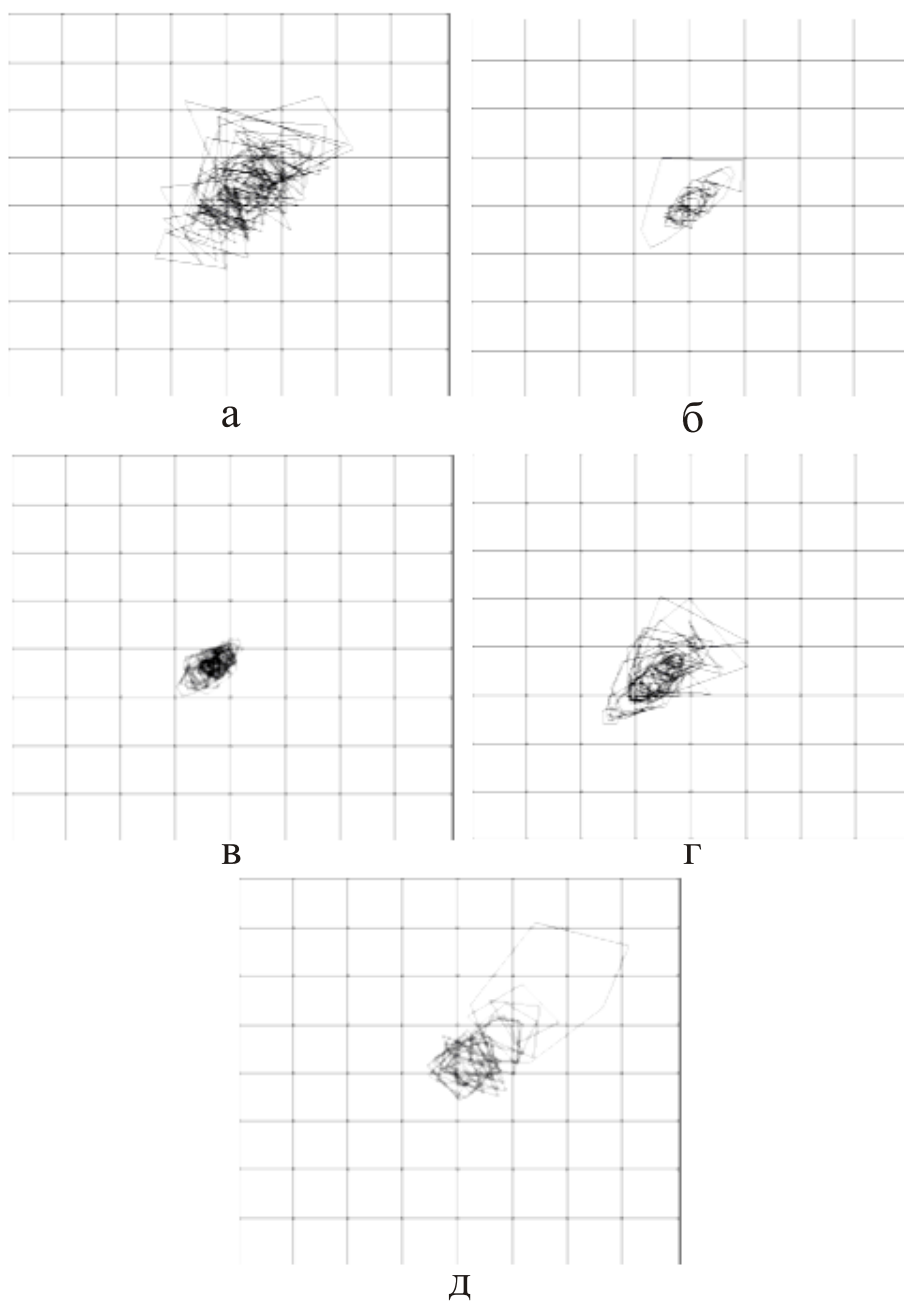


Рис. 2. Скаттерограммы одного из испытуемых (М.Н.), соответствующие различным состояниям, формирующимся в процессе выполнения задания. Обозначения: а – исходное состояние, б – начало работы, в – через 5 мин работы, г – «трудное состояние», д – эмоционально положительное состояние. По оси абсцисс – предыдущее значение R-R-интервала, по оси ординат – последующее

Для определения индивидуальных особенностей детей по цветовому тесту Люшера были рассчитаны показатели тревожности и работоспособности для каждого ребенка, представленные на рис. 3 и отражающие зависимость работоспособности от уровня тревожности. Из рис. 3 видно, что, чем выше у ребенка уровень тревожности, тем ниже его работоспособность.

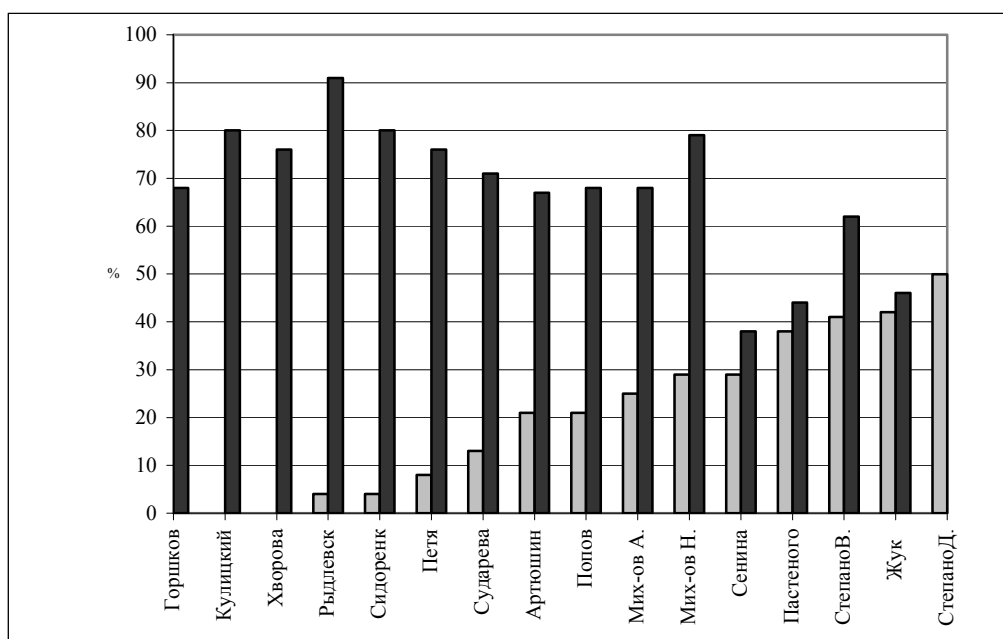


Рис. 3. Зависимость работоспособности детей от уровня их тревожности. Обозначения: темные столбики – работоспособность, светлые – тревожность; по оси абсцисс – испытуемые, по оси ординат – выраженность тревожности и работоспособности в %

При оценке значений ПАРС были определены две группы детей.

Первую группу составили дети, у которых значение ПАРС составило от 0 до 3 баллов, что соответствовало оптимальному рабочему напряжению регуляторных систем. Вторую группу – дети, ПАРС которых составил от 4 до 7 баллов, что соответствовало состоянию умеренного напряжения регуляторных систем.

При совокупном анализе параметров тревожности, работоспособности и успешности были обнаружены четкие отличия между группами детей, выделенными на основании ПАРС.

Так, работоспособность детей оказалась практически одинаковой в обеих группах. Однако показатель тревожности был выше у детей второй группы. При этом вторая группа детей в условиях умеренного состояния напряжения регуляторных систем ($4 < \text{ПАРС} < 7$) оказалась более успешной в выполнении задания по сравнению с первой, где дети находились в оптимальном рабочем напряжении ($0 < \text{ПАРС} < 3$), что показано на рис.4.

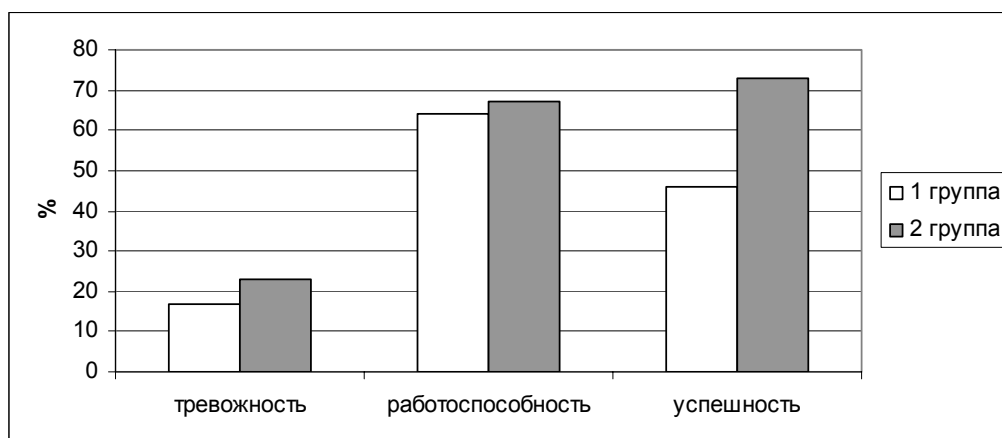


Рис. 4. Показатели тревожности, работоспособности и успешности в двух группах испытуемых. Обозначения: по оси абсцисс – тревожность, работоспособность и успешность, по оси ординат – выраженность этих реакций в %

Обсуждение результатов

Анализ ПАРС дал основание для выделения двух групп детей. Первая характеризовалась оптимальным (рабочим) напряжением регуляторных систем сердечно-сосудистой системы, вторая – находилась в состоянии умеренного напряжения, когда организму требуется включение дополнительных функциональных резервов.

Сопоставление данных теста Люшера и ПАРС привело к заключению, что вторая группа детей характеризовалась повышенным уровнем тревожности, тогда как уровень работоспособности в обеих группах достоверно не различался.

Логично было бы предположить, что дети с низким уровнем тревожности и достаточной работоспособностью, находящиеся в оптимальном состоянии напряжения регуляторных систем организма, будут успешнее справляться с решением задачи. Однако более успешной была вторая группа, т.е. более тревожные, но достаточно работоспособные дети и находящиеся в состоянии умеренного напряжения регуляторных систем. Этот факт дал основание для заключения, что дети, находящиеся по всем показателям в состоянии оптимального рабочего напряжения и обладающие высокой работоспособностью, не используют свои возможности для достижения более высоких результатов.

Ограничение времени нахождения ребенка в «трудном состоянии» во время эксперимента, а также поощрение, получаемое ребенком за работу вне зависимости от результата, позволило исключить развитие состояния перенапряжения регуляторных систем и недостаточность включения защитно-приспособительных механизмов.

Эти факты дают основание для рекомендаций педагогам и воспитателям дошкольных учреждений регулировать время выполнения предлагаемых заданий во избежание перенапряжения высшей нервной деятельности, а также вводить в практику поощрение тем детям, которые старались, но не смогли добиться необходимых результатов, чтобы не вызвать закрепления у них негативного результата и сохранить интерес к работе.

Одновременно следует отметить, что ПАРС позволяет получать лишь дискретные оценки функциональных состояний после выполненного задания, что недостаточно при динамическом контроле за состоянием ребенка в ходе выполнения задания.

Геометрический метод оценки состояния механизмов регуляции сердечного ритма по изменению формы и локализации «облака» скаттерограммы в пространстве позволяет проследить текущее состояние детей при решении задачи. В частности были найдены сердечно-сосудистые паттерны, сопровождающие исходное состояние, сосредоточение на выполнении задания, «трудное состояние», когда ребенок не мог справиться с заданием, положительную эмоцию при получении подкрепления.

Известно, что адаптация организма к факторам, вызывающим эмоциональное напряжение, осуществляется взаимодействием симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [10]. В наших исследованиях исходное состояние детей характеризовалось высокой степенью вариативности R-R интервалов, что свидетельствует о слабой централизации управления сердечным ритмом и о преобладании влияний парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в пределах автономного контура [3,11].

Во время сосредоточенной и напряженной работы на скаттерограмме имело место сгущение авторегрессионного облака, что указывает на нарастающее напряжение регуляторных систем организма, на активацию центрального контура регуляции и о преобладании влияний симпатического отдела вегетативной нервной системы.

При возникновении затруднений в процессе выполнения задания отмечено нарушение кучности авторегрессионного облака, свидетельствующее о доминировании влияний парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. По данным литературы, умеренное парасимпатическое влияние, уравнивающее чрезмерный повреждающий эффект симпато-адреналовой системы в стрессовой ситуации, является одним из факторов индивидуальной устойчивости организма к возможным поражениям сердечно-сосудистой системы в условиях эмоционального напряжения [9].

Ранее в нашей лаборатории [12,5,6] были получены сходные сердечно-сосудистые паттерны, характеризующие различные состояния шимпанзе в исходном состоянии, в момент сосредоточения на задаче, при возникновении ориентировочной, эмоционально положительной и эмоционально отрицательной реакций при конструировании фигур по образцу различной степени сложности, а также во время экспериментов с использованием методики приближающейся цели [13].

Результаты данной работы не только подтверждают ранее полученные факты, но и позволяют проводить диагностику функционального состояния детей дошкольного возраста при решении ими учебных задач и корректировать подачу информации с учетом их индивидуальных особенностей и адаптационных возможностей.

Заключение

Использование метода корреляционной ритмографии во время эксперимента дает возможность видеть динамику состояния детей в ходе выполнения заданий и вносить при этом коррективы с целью предупреждения перенапряжения нервных процессов. Оценка функционального состояния детей по параметру активности регуляторных систем (ПАРС) создает возможность регулировать их функциональное напряжение, повышая тем самым эффективность обучения. Проведенное изучение функционального состояния детей в процессе обучения позволило дать следующие методические рекомендации для педагогов и родителей:

Чередовать простые и сложные задания для сохранения интереса к работе.

Осуществлять поощрение детей за выполняемую деятельность, чтобы она протекала на фоне положительных эмоций.

Экстренно прекращать работу и переходить к другим видам деятельности с целью восстановления исходного состояния.

Изменение уровня сложности заданий проводить постепенно.

Перечисленные методические рекомендации необходимо учитывать при создании высокоэффективных программ обучения.

Литература

- [1] Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кирилов, С.З. Клецкин. – М., 1984. – 242 с.
- [2] Баевский, Р.М. Оценка адаптивных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 205 с.
- [3] Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани норм и патологий / Р.М. Баевский. М.: Медицина, 1979. – 205 с.
- [4] Дембо, А.Г. Эхокардиография и корреляционная ритмография в оценке функционального состояния спортсменов: учеб. пособие / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский, В.А. Фролов. – Л., 1979. – 60 с.
- [5] Костыгова, К.Н. Целенаправленное поведение шимпанзе с позиций аттракторного метода анализа сердечного ритма / К.Н. Костыгова, В.В. Иванов, Т.Г. Кузнецова // Мозг и поведение / Материалы молодежной конференции. – СПб., 2001. – С. 56-57.
- [6] Кузнецова, Т.Г. Лабораторные информационные системы ЛИС в практике научно-исследовательского физиологического эксперимента / Т.Г. Кузнецова // Лабораторные информационные системы. – М.: Прайм, 2006. – С. 66-79.
- [7] Карелин, А.А. Психологические тесты / А.А. Карелин. – М.: Владос, 2003. – 312 с.

- [8] Пат. Российская Федерация. Устройство для регистрации пульса / Т.Г. Кузнецова [и др.]. – № 54503.
- [9] Реакция сердечной деятельности старшеклассников школ с дифференцированным обучением на экзаменационный стресс . А.В. Даян [и др.] // Физиология человека. – 2003. – Т. 29. – № 2. – С. 37.
- [10] Щербатых, Ю.В. Саморегуляция вегетативного гомеостаза при эмоциональном стрессе / Ю.В. Щербатых // Физиология человека. – 2000. – Т.26. – № 5. – С. 151.
- [11] Особенности регуляции ритма сердца абитуриентов при вступительных экзаменах / Э.С. Геворкян // Физиология человека. – 2004. – Т. 30. – № 3. – С. 54.
- [12] Сердечный ритм шимпанзе при различных эмоциональных состояниях в процессе целенаправленной деятельности / В.В. Иванов // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2002. – Т. 88. – № 9. – С. 1225-1229.
- [13] А.с. Способ диагностики состояния центральной нервной системы / Т.Г. Кузнецова. – № А 61В5/0452.

Статья поступила в редакцию 26/XII/2006;
в окончательном варианте – 26/XII/2006.

CARDIAC RATE DYNAMICS AT PRE-SCHOOL CHILDREN DURING SOLVING AN UNSOLVABLE PROBLEM

© 2007 I.Yu. Golubeva, T.G. Kyznetsova, E.A. Sokolova, K.N. Fomkina²

Behavior reactions, the capacity for work, an anxiety and cardiac rhythm of pre-school children are studied before, during and after the gathering of puzzles. The cardiac rhythm is analysed by correlated cardio-rhythmography method and estimation of parameters of regulation systems' activity. Cardiovascular patterns for initial state, for reacting a concentration on fulfilling the task, for "difficult state", for positive emotion when getting a prize are established. We found that children in moderate effort of regulatory systems state managed with task better than children in normal working state.

Paper received 26/XII/2006.

Paper accepted 26/XII/2006.

² Golubeva I.Yu., Kyznetsova T.G., Sokolova E.A., Fomkina K.N., (antrop@kolt.infran.ru)
I.P. Pavlov Institute of Physiology of the Russian Acad. Sci., 199034, St. Peterburg, Nab. Makarova, 6.