

ЧЕРНОВ
Артём Николаевич

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АУТОРЕГУЛЯЦИИ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ У ШИМПАНЗЕ (*Pan troglodytes*)
И ДЕТЕЙ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ЦЕЛИ**

03.03.01. – Физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург
2010

Работа выполнена в Лаборатории высшей нервной деятельности Учреждения Российской академии наук Института физиологии им. И.П. Павлова РАН

Научный руководитель: Доктор биологических наук
Кузнецова Тамара Георгиевна

Официальные оппоненты: Доктор медицинских наук, профессор
Соллертинская Татьяна Николаевна

Доктор биологических наук
Дудкин Кирилл Николаевич

Ведущая организация: Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова.

Защита диссертации состоится «15» марта 2010 г. в 13 часов на заседании Диссертационного совета (Д. 002.020.01) по защите докторских и кандидатских диссертаций при Учреждении Российской академии наук Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН по адресу: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Учреждения Российской академии наук Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН
Автореферат разослан «11» февраля 2010 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета,
доктор биологических наук

Н.Э. Ордян

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Нервные механизмы ауторегуляции, а также их роль в становлении целостного поведения, наиболее активно исследовались в последней трети XX века отечественными физиологами и изначально основывались на работах школ И.П. Павлова, П.С. Купалова и П.К. Анохина. Данная проблема является актуальной в плане изучения механизмов организации целенаправленного поведения и разработки мер предупреждения критических и патологических состояний высшей нервной деятельности.

В последнее время появляются физиологические работы, рассматривающие внутримозговые предпосылки тонкой подстройки функционального состояния человека при выполнении различных интеллектуальных (когнитивных), сенсорных и моторных задач (Nikolaus et al., 1995; Zimmerman, Kitsantas, 1996; Кирой, Асланян 2005, 2006; Соколова, Мачинская, 2007). Психологами и психофизиологами исследуется роль психических закономерностей самоконтроля при выполнении той или иной деятельности, принятии решений и выбора целей (Bandura, 1997; Kahneman, Tversky, 2000; Адрианов, Василюк, 2001). Изучалось функциональное состояние человека-оператора в процессе трудовой деятельности (Забродин, 1983; Медведев, Миролюбов, 1984; Илюхина, 1986; Фролов, 1987; Данилова, 1999; Дикая, 2002; Леонова и др., 2004).

Некоторые общие закономерности возникновения ауторегуляторных реакций у высших обезьян, взрослых людей и детей при различных условиях достижения цели изучались В.И. Сыренским и Т.Г. Кузнецовой (1990). Доказано, что шимпанзе являются наиболее адекватной моделью для изучения высшей нервной деятельности человека и целенаправленного поведения (Вацуро, 1948; Воронин, 1977; Фирсов, 1987; Сыренский, Кузнецова, 1990; Новоселова, 2001, Кузнецова и др., 2006).

Несмотря на то, что в литературе представлены обширные данные о различных формах поведенческого реагирования приматов и их влиянии на функциональное состояние организма, детальный анализ сравнительно-физиологических закономерностей проявления комплекса поведенческих ауторегуляторных реакций в процессе достижения цели не проводился, что во многом было связано с отсутствием релевантной методики для моделирования целенаправленного поведения (Павлов, 1951; Анохин, 1973; Сыренский, Кузнецова, 1990).

Процесс достижения цели универсальным образом входит в состав любого поведенческого акта, поэтому закономерности ауторегуляции функционального состояния в этом процессе способны пролить свет на стратегии и тактики решения широкого класса проблемных задач не только обезьянами, но и человеком. Понимание характера отличий между человеком и шимпанзе в организации целостных форм деятельности способствует раскрытию многих эволюционных аспектов поведения. Тем не менее, детальный сравнительный анализ проявления реакций ауторегуляции у шимпанзе и человека до сих пор не проводился. До сих пор не исследованы и закономерности проявления реакций

ауторегуляции у детей дошкольного возраста в процессе инструментальной деятельности.

Именно это обстоятельство побудило нас специально исследовать ауторегуляцию в процессе достижения цели и выявить закономерности изменения функционального состояния организма шимпанзе и ребёнка при решении такой проблемной задачи, трудность которой обусловлена физическими параметрами достижения — преодолением отсрочки получения конечного положительного результата.

Цель и задачи исследования. Цель работы – сравнительный анализ поведенческих реакций ауторегуляции и показателей функционального состояния у шимпанзе и ребёнка дошкольного возраста в процессе инструментальной деятельности, направленной на получение конечного результата (достижение цели-объекта). Поставлены следующие задачи исследования:

1. В сравнительно-физиологическом аспекте исследовать у шимпанзе и детей 5-6 лет изменение реакций избегания, реакций эффекторного и сенсомоторного переключений при изменении скоростей приближения цели-объекта в диапазоне от 250 мм/с до 5 мм/с при многократном повторении высоких скоростей и контрастном сочетании высокой скорости приближения с более низкими скоростями в одном задании.

2. В сравнительно-физиологическом аспекте исследовать изменение продуктивности инструментальной деятельности у шимпанзе и детей 5-6 лет и некоторых показателей variability сердечного ритма у детей при изменении скоростей приближения цели-объекта в диапазоне от 250 мм/с до 5 мм/с при многократном повторении высоких скоростей и контрастном сочетании высокой скорости и более низкой в одном задании.

3. Исследовать закономерности проявлений реакций избегания и эффекторного переключения при изменении состояния у шимпанзе и детей 5-6 лет при сенсомоторном разобщении деятельности, направленной на достижение цели-объекта при различных скоростях его приближения.

Научная новизна.

Впервые проведен сравнительный анализ реакций ауторегуляции у шимпанзе и детей в процессе выполнения деятельности, направленной на решение инструментальных задач различной сложности. Впервые описано воздействие контрастного сочетания разных скоростей приближения цели и их смены в убывающем порядке (модель задания нарастающей сложности) в одном задании на изменение некоторых показателей функционального состояния у шимпанзе и ребёнка.

Кроме того, впервые было найдено соответствие изменений показателей кардиоритмограммы, характеризующих функциональное состояние организма, и поведенческих реакций у детей при возникновении состояния монотонии при многократном повторении и уменьшении скорости (увеличении времени) приближения объекта-цели и прогностической неопределённости ситуации, в которой осуществляется целедостижение.

Положения, выносимые на защиту:

1) реакции ауторегуляции, возникающие в процессе достижения цели – это произвольный ответ организма на изменение скорости (времени) достижения конечного результата деятельности у шимпанзе и человека (в частности, ребёнка);

2) существенную роль в эффективной компенсации отклонений функционального состояния посредством реакций ауторегуляции у приматов (шимпанзе и детей) при приближении объекта играет получение зрительной сенсорной информации о скорости его движения;

3) отражение изменений функционального состояния в процессе достижения конечного результата деятельности в показателях variability сердечного ритма может быть использовано для мониторинга и объективной оценки изменений функционального состояния ребёнка при реализации задания по инструкции взрослого для предупреждения психоэмоционального перенапряжения.

Практическое значение. Данные, полученные в исследовании, могут служить основой для дальнейшего физиологического анализа механизмов целостного поведенческого реагирования при изменении параметров достижения конечного результата деятельности у человека и животных. Исследование ауторегуляции у шимпанзе и детей, позволяет более полно понять закономерности рефлекторного поведенческого реагирования на действие неврогенных факторов, таких, как: задержка получения подкрепления, возникновение состояния монотонии, дефицит прогностической информации. Данные, полученные в ходе исследования, могут быть использованы для коррекции невротических состояний, в физиологии трудовых процессов с целью разработки нормативов деятельности, в педагогике для предупреждения психоэмоционального перенапряжения ребёнка в процессе обучения.

Апробация работы. Результаты работы были представлены на Международной конференции «Биология XXI века: теория, практика, преподавание», Черкассы – Киев, 2007 г.; XII Международной Пущинской школы-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века», Пущино, 2008 г.; Международной научной конференции «Проблемы регуляции висцеральных функций», Минск, 2008 г; заседаниях отдела физиологии и патологии ВНД Института физиологии им. И.П. Павлова РАН и лабораторных сессиях в 2007, 2008 гг.; педагогической конференции «Инновационные технологии в образовании», Санкт-Петербург, 2009 г.

Публикации. По результатам работы опубликовано 3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из разделов «Введение», «Обзор литературы», «Материалы и методы», «Результаты исследования», «Обсуждение», «Заключение», «Выводы», «Список литературы». Работа изложена на 173 страницах машинописного текста, содержит 28 рисунков и 2 таблицы. Список литературы включает 210 источников, из них 159 на русском языке и 51 иностранный.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

В исследование участвовали 4 половозрелые особи и дети дошкольного возраста 5-6 лет (69 воспитанников 5-6 лет, соответствующих возрастным нормам). Шимпанзе (2 самца и 2 самки) содержались в антропоиднике Института физиологии им. И.П.Павлова РАН. Работа с детьми проводилась на базе дошкольного детского образовательного учреждения (ДОУ) г. Санкт-Петербурга. У родителей каждого ребёнка предварительно было получено письменное согласие на проведение исследования.

Экспериментальная установка состояла из лентопротяжного механизма, переключателя, задающего скорость движения ленты, кнопок управления, находящихся у испытуемого. Кнопка, присутствующая в стандартном варианте методики, (стандартная кнопка) была подпружинена и запускала движение ленты с помещаемым на неё объектом только при её активном удержании. Модифицированная кнопка представляла собой двухпозиционный переключатель – она использовалась в эксперименте с выключением эффекторного контроля деятельности. После команды к нажатию кнопки испытуемый пассивно ожидал приближения объекта. Сам объект помещался на расстоянии 1000 мм от испытуемого. Препятствовал взятию объекта с ленты до его выпадения в приемный лоток прозрачный экран, который заменялся непрозрачным в эксперименте с выключением зрительного контроля. В качестве приближаемого объекта использовался малозначимый раздражитель – изюмина у шимпанзе, у детей – деревянная фишка.

Шимпанзе в подготовительной серии обучались нажимать на кнопку по команде. В отличие от обезьян, детям было достаточно однократно показать, что происходит при нажатии на кнопку, а затем дать инструкцию оперировать кнопкой до выпадения объекта в приемный лоток.

При самопроизвольном прерывании инструментальной деятельности шимпанзе и дети не принуждались к её продолжению; спонтанное возобновление деятельности до 5 мин расценивалось как временная пауза (прерывание деятельности). Перерыв более 5 мин. расценивался как отказ от деятельности.

В первой серии экспериментов анализировалось влияние заданий с последовательностью высоких скоростей приближения цели, предъявленных как одиночно (250 мм/с, 125 мм/с), так и при их чередовании (250 мм/с и 125 мм/с) на изменение функционального состояния и характер проявлений реакций ауторегуляции.

1. Первое задание — многократное (21 повторение) предъявление цели-объекта на высокой скорости приближения 250 мм/с.

2. Второе задание — многократное (21 повторение) предъявление цели-объекта в последовательности чередования высокой 250 мм/с и менее высокая 125 мм/с скорости.

3. Третье задание — многократное (21 повторение) предъявление цели-объекта менее высокой скорости приближения цели-объекта 125 мм/с.

Нечетное количество повторений обусловлено тем, что каждое задание с чередованием скоростей было необходимо завершать высокой скоростью достижения для того, чтобы сохранить у испытуемых мотивацию продолжать эксперимент и устранить остаточное воздействие низкой скорости на эмоциональное состояние.

Во второй серии экспериментов исследовалось влияние на функциональное состояние и характер ауторегуляторных реакций заданий с чередованием высокой скорости и низкой.

Изначально для сравнительного анализа предполагалось использовать задания, включающие следующие последовательности скоростей в их чередовании (всего 21 предъявление скоростей в одном повторении): 1) 250 мм/с и 125 мм/с; 2) 250 мм/с и 50 мм/с; 3) 250 мм/с и 25 мм/с; 4) 250 мм/с и 10 мм/с; 5) 250 мм/с и 5 мм/с. В связи с тем, что два последних задания (последовательности 250/10 мм/с и 250/5 мм/с) оказались слишком трудными для достижения шимпанзе – был зафиксирован отказ на скорости 10 мм/с, – детям эти задания не предлагались.

В третьей серии экспериментов исследовалось влияние на проявление ауторегуляции и психоэмоциональное состояние испытуемых таких факторов деятельности, как визуальная оценка скорости приближения объекта и эффекторный контроль достижения (необходимость активного удержания кнопки пуска в нажатом положении для реализации задания). Эта серия включала:

1. Задание с однократным предъявлением цели-объекта на всё более низкой скорости. В этом случае скорости движения объекта следовали в убывающей последовательности 250–125–50–25–10–5 мм/с, где использовалась стандартная кнопка, которую было необходимо постоянно удерживать в нажатом положении, и стандартный (прозрачный) экран, позволяющий наблюдать за движением цели-объекта.

2. Задание с последовательностью скоростей аналогичной той, что использовалась в предыдущем случае, стандартным (прозрачным) экраном, но с модификацией кнопки пуска. Вместо стандартной кнопки использовался двухпозиционный переключатель (положения выключено–включено). Испытуемый после команды нажимал на кнопку, после чего объект приближался к нему с заданной скоростью вне зависимости от действий самого испытуемого, таким образом, тот находился в состоянии пассивного ожидания получения результата. Это позволяло оценить влияние на состояние испытуемых различных типов оперирования органом управления.

3. Задание с аналогичной последовательностью скоростей, стандартной кнопкой и непрозрачным экраном, исключающим возможность наблюдать за движением объекта вплоть до выпадения его в приемный лоток.

В ходе исследования возникали различные реакции ауторегуляции (зевота, мочеиспускание, вокализации), среди которых проявляющиеся наиболее часто и характерные для всех испытуемых обрабатывались статистически: 1) реакции избегания (отведения взгляда и отворачивание от цели-объекта,

прерывающие зрительный контакт с последним); 2) эффекторного переключения (двигательная «разрядка», подпрыгивания, хождение по вольеру у шимпанзе и т.д.); 3) сенсомоторного переключения (чесательные движения, подобные автогрумингу). Подсчитывался коэффициент продуктивности инструментальной деятельности. $KП=(ПВ/ОВ)*100\%$. ПВ – полезное время деятельности (исключая паузы); ОВ – общее время достижения (от подачи команды до выпадения объекта в лоток). У детей анализировалась кардиоритмограмма методами гистографического анализа (по Баевскому) и спектрального. Сердечный ритм регистрировался в отведениях V1, V2 с помощью блока усиления "Мицар-ЭЭГ" и приложения WinHRV (разработаны Институтом экспериментальной медицины, г. Санкт-Петербург).

Статистическая обработка данных производилась в программе Statistica 6.0 с использованием Т-критерия Уилкоксона. В соответствии с современными статистическими рекомендациями указывалась точная величина Р-значения для каждого случая.

Результаты исследования и обсуждение

Особенности поведенческого реагирования и продуктивность инструментальной деятельности при приближении цели-объекта в заданиях с последовательностями скоростей 250 мм/с, 250-125 мм/с, 125 мм/с

В первой серии экспериментов оценивалось влияние инструментального задания с последовательностью высоких скоростей на ауторегуляторную активность шимпанзе и детей.

В задании со скоростью движения цели-объекта 125 мм/с наблюдалась тенденция к увеличению количества реакций избегания как у шимпанзе, так у детей (*рис. 1*). Задние с последовательностью скоростей приближения цели-объекта 125 мм/с (задание III) различалось по количеству реакций избегания в сравнении с заданием I (250 мм/с) на высоком уровне значимости ($P \ll 0,01$), причем у шимпанзе реакций избегания при скорости приближения цели-объекта 125 мм/с (задание III) было достоверно больше, чем у детей.

Что касается реакций эффекторного переключения, то как у шимпанзе, так и у детей данные реакции в заданиях со скоростями приближения цели-объекта 250 мм/с, 250-125 мм/с и 125 мм/с (первая серия эксперимента) отмечались лишь в единичных случаях.

На фоне других шимпанзе выделялась одна самка (Доня), у которой возникали многочисленные сенсомоторные переключениями, изменение количества которых представлено на *рис. 2* (различия между всеми заданиями достоверные). Максимальное количество реакций наблюдалось в задании с последовательностью скоростей 250-125 мм/с (задание II) – 27% ($P=0,003$), а затем, в задании III (последовательность скоростей 125 мм/с) их количество уменьшилось на 19% ($P=0,017$).

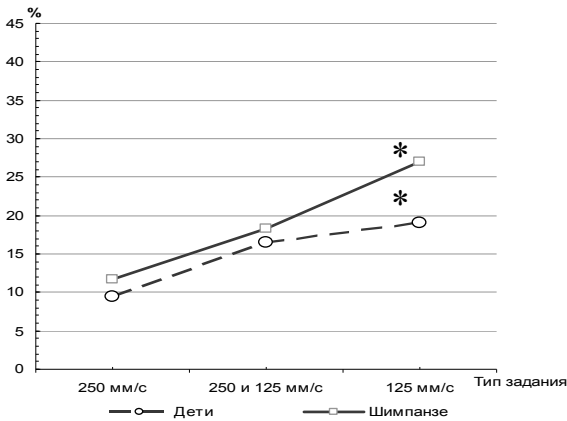


Рис.1. Количество реакции избегания у шимпанзе и детей при приближении цели-объекта в последовательности скоростей 250 мм/с (первое задание), 250-125 мм/с (второе задание) и 125 мм/с (третье задание). Условные обозначения: по оси абсцисс – тип задания, по оси ординат – количество реакций в процентах.

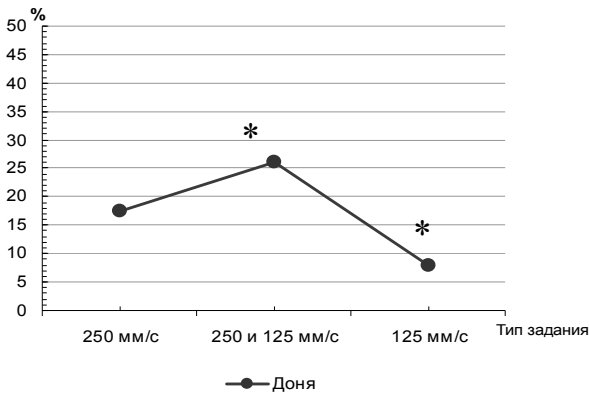


Рис.2. Количество сенсомоторных переключений у шимпанзе Дони в последовательностях скоростей 250 мм/с (первое задание), 250-125 мм/с (второе задание) и 125 мм/с (третье задание). Условные обозначения как на рисунке 1.

У детей и шимпанзе было установлено наличие индивидуальных различий в проявлениях реакций избегания, на основе которых группа детей была разбита на две подгруппы. У 45% детей количество реакций избегания увеличивалось более чем на 25% в третьем задании с последовательностью скоростей 125 мм/с относительно первого (250 мм/с). Их мы объединили в подгруппу I. У испытуемых этой подгруппы произошло в среднем двукратное увеличение ($P=0,017$) количества реакций избегания уже в задании с последовательностью скоростей 250-125 мм/с (задание II) по сравнению с заданием с последовательностью скоростей 250 мм/с (задание I). При приближении цели в последовательности скоростей 125 мм/с (задание III) в этой подгруппе было зафиксировано закономерное увеличение количества реакций в два раза ($P=0,0039$).

У 55% детей максимальное увеличение количества реакций избегания при достижении цели в третьем задании (последовательность скоростей 125 мм/с) по сравнению с первым (последовательность скоростей 250 мм/с), не

превышало 25% - их объединили в подгруппу II. В среднем количество реакций при переходе от задания I (последовательность скоростей 250 мм/с) к заданию II (последовательность скоростей 250-125 мм/с) у детей этой подгруппы возросло только на 6% ($P=0,031$), в третьем задании (последовательность скоростей 125 мм/с) достоверных различий не было.

Таким образом, если у детей первой подгруппы количество реакций избегания двукратно возросло при переходе к заданию с меньшей скоростью приближения, то у детей второй осталось практически на прежнем уровне.

Что касается индивидуальных реакций шимпанзе, то для всех особей была характерна тенденция к увеличению количества реакций избегания, совпадающая с общей тенденцией (рис. 1).

Закономерности изменения КП инструментальной деятельности у шимпанзе и детей различались наиболее сильно. КП инструментальной деятельности в среднем группы шимпанзе характеризовался тенденцией к возрастанию при переходе от задания I (последовательность скоростей 250 мм/с) к заданию II (последовательность скоростей 250-125 мм/с) и закономерно увеличился в задании III (последовательность скоростей 125 мм/с) на 15% ($P=0,022$) по сравнению с первым.

У детей КП в этих заданиях был существенно выше, чем у шимпанзе и находился на отметке 96-98% с минимальной индивидуальной вариабельностью во всех заданиях первой серии.

Таким образом, задание, в которое входила только последовательность скорости 125 мм/с, оказалась более оптимальной для выполняемой деятельности (отмечалась более высокая продуктивность), чем задание с последовательностью скоростей приближения цели-объекта 250 мм/с. На высокой скорости у шимпанзе возникал азарт, моторное гипервозбуждение, они часто нажимали на кнопку без команды. У детей столь выраженных эмоциональных проявлений не наблюдалось, они действовали спокойно и сосредоточенно.

Задание с чередованием скоростей приближения цели-объекта 250 мм/с и 125 мм/с оказывало эффект, промежуточный по сравнению с входящими в него скоростями по отдельности, что позволяет использовать такое сочетание скоростей для моделирования «сшибки» нервных процессов, возникающей по причине того, что более низкая скорость на фоне более высокой действует как отрицательный раздражитель, уменьшая стремление к получению конечного результата и усиливая избегание деятельности.

Особенности поведенческого реагирования, продуктивность деятельности и показатели вариабельности сердечного ритма при чередовании скоростей приближения цели-объекта 250-125 мм/с, 250-50 мм/с, 250-25 мм/с, 250-10 мм/с, 250-5 мм/с.

Вторая серия экспериментов позволила оценить эффект контрастного сочетания скоростей при замене низкой скорости в последовательности на ещё более низкую, и таким образом, исследовать проявление реакций ауторегуляции в заданиях, трудность которых связана с необходимостью преодоления «сшибки» для успешного завершения деятельности.

Было установлено, что количество реакций избегания у шимпанзе достоверно увеличилось ($P=0,0028$) уже при переходе от первого задания (сочетание скоростей приближения цели-объекта 250-125 мм/с) ко второму (сочетание скоростей приближения цели-объекта 250-50 мм/с), в то время как у детей значимых изменений количества данных реакций не произошло. В третьем задании (сочетание скоростей приближения цели-объекта 250-25 мм/с) количество реакций у шимпанзе сохранилось на прежнем уровне, однако у детей произошло значимое увеличение ($P=0,015$) (рис. 3).

Количество реакций эффекторного переключения у шимпанзе (рис. 3) возрастало при переходе от задания с последовательностью скоростей 250-125 (первое задание) ко второму (последовательность скоростей 250-50) ($P=0,011$), и от второго к третьему (последовательность скоростей 250-25) ($P=0,027$). У детей (рис. 4) значимое возрастание количество реакций эффекторного переключения произошло только в задании с последовательностью скоростей приближения объекта, равной 25 мм/с (третье задание) ($P=0,0087$).

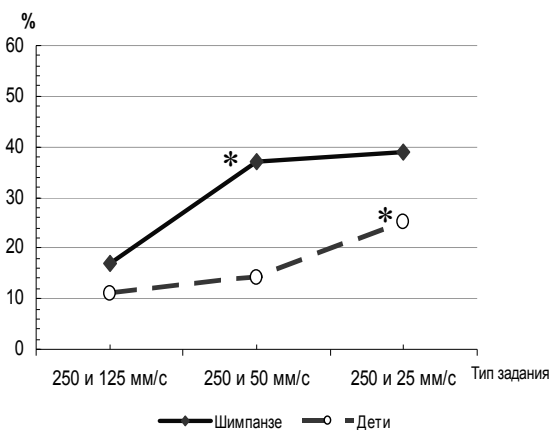


Рис. 3. Количество реакций избегания у шимпанзе и детей в зависимости от типа задания. Условные обозначения как на рисунке 1.

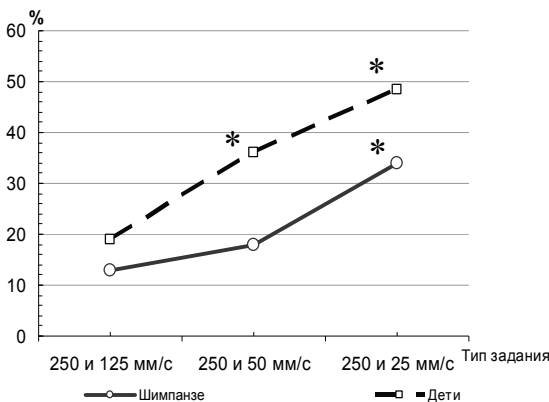


Рис. 4. Количество реакций эффекторного переключения у шимпанзе и детей в зависимости от типа задания. Условные обозначения как на рисунке 1.

Аналогично тому, как это было сделано в первой серии (задания с последовательностями скоростей 250 мм/с, 250-125 мм/с, 125 мм/с), были выделены две подгруппы детей, у которых проявление реакций ауторегуляции носили различный характер. Так, у детей первой подгруппы количество реакций избегания и эффекторного переключения в заданиях с последовательностями скоростей приближения объекта, равных 250-50 мм/с и 250-25 мм/с было больше в среднем на 20%, чем у детей первой. Помимо этого, отмечалось резкое увеличение их количества при введении в последовательность более низкой скорости (50 мм/с, а затем 25 мм/с). У детей второй подгруппы достоверное увеличение количества реакций избегания ($P=0,016$) и эффекторного переключения ($P=0,0073$) произошло только при последовательности скоростей приближения объекта, равных 250-25 мм/с (третье задание).

Что касается величины КП инструментальной деятельности, то у шимпанзе при контрастном сочетании скоростей приближения цели-объекта зависимость его величины от типа задания имела следующий характер (*рис. 5*): во втором задании (последовательности скоростей приближения объекта, равной 250-50 мм/с), по сравнению с первым (последовательность скоростей приближения объекта 250-125 мм/с) КП значимо понизился у шимпанзе Дони ($P=0,003$) и Гриши ($P=0,001$) и имел тенденцию к понижению у Джины ($P=0,07$) и Гоши ($P=0,09$). Одна самка шимпанзе, у которой в предыдущей серии возникали реакции сенсомоторного переключения и отмечалась максимальная работоспособность, смогла выполнить задание со скоростью приближения цели-объекта 10 мм/с, однако при попытке дать более низкую скорость, у неё сразу возник отказ, который у других особей шимпанзе был отмечен уже сразу после задания со скоростью 25 мм/с в контрастном сочетании.

Продолжительность самопроизвольных прерываний в ходе инструментальной деятельности у шимпанзе значимо увеличилась при переходе к заданию с последовательностями скоростей приближения объекта, равных 250-50 мм/с (второе задание) от задания с последовательностями скоростей приближения объекта, равных 250-125 мм/с (*рис. 6*).

Поскольку КП инструментальной деятельности равен отношению полезного времени к общему, а последнее складывается из времени латентного периода и суммы всех пауз в деятельности, то повышение КП в данном случае происходило за счёт увеличения латентного периода времени реакции после команды к деятельности. Этот вывод следует из того, что средняя продолжительность пауз в задании с последовательностью скоростей приближения цели-объекта 250-50 мм/с (II задание) у шимпанзе увеличилось (*рис. 6*). Таким образом, было выявлено, что присутствие в этой последовательности скорости движения цели-объекта, равной 50 мм/с, приводит к увеличению латентного интервала (торможению инициации деятельности), тогда как присутствие более низкой скорости 25 мм/с — приводит к увеличению длительности самопроизвольных прерываний, возникающих уже непосредственно в процессе достижения цели, после начала деятельности.

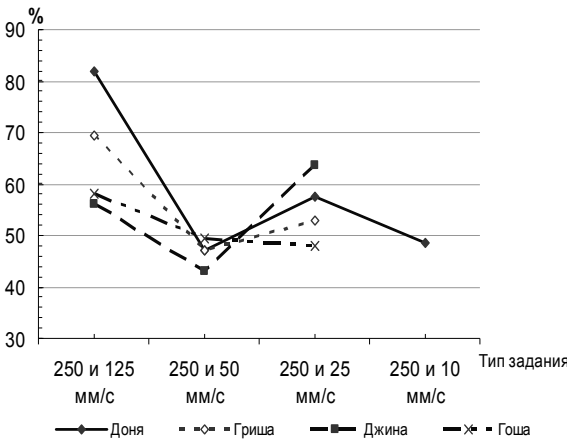


Рис.5. Изменение коэффициента продуктивности инструментальной деятельности у каждой особи шимпанзе в отдельности. Условные обозначения как на рисунке 1.

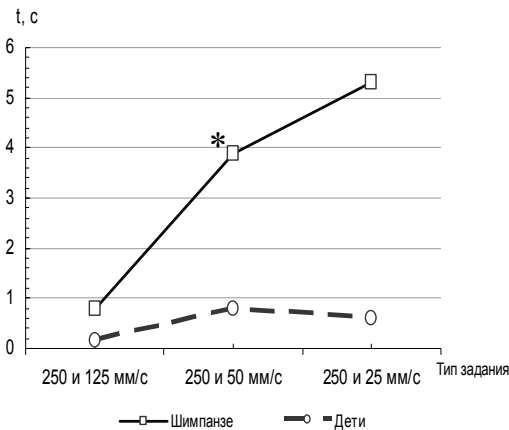


Рис.6. Средняя продолжительность пауз в работе у шимпанзе и детей в зависимости от типа задания. Условные обозначения как на рисунке 1.

У детей средняя продолжительность прерываний значимо не изменялась и в среднем не превышала 0,8 с (рис. 6). Величина КП в заданиях 250-25 мм/с, 250-50 мм/с, 250-25 мм/с у них не имела значимых различий и составляла 96-99%.

Таким образом, как и в первой серии, дети продемонстрировали способность поддерживать высокую продуктивность инструментальной деятельности при всех предъявленных чередованиях скоростей приближения объекта, однако физиологическую цену деятельности в этих трудных условиях позволил выявить анализ показателей вариабельности сердечного ритма (BCP).

Наиболее информативными оказались такие показатели BCP, как стресс-индекс (SI) и разность величины SI между средними значениями во второй и первой половинах каждого из заданий (ΔSI), амплитуда моды и разность между средними значениями величины АМо во второй и первой половинах каждого из

заданий (Δ АМо), вегетативный показатель ритма (ВПР) и вариационный размах (ВР).

Таблица 1

Тип задания:	Фон	Задание I (250-125 мм/с)	Задание II (250-50 мм/с)	Задание III (250-25 мм/с)
Показатель ВСР	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
SI, у.е.	85,44±7,2	215,45*±22,4	109,90±12,7	97,4*±8,9
Δ SI, у.е.	-	81,23±27,6	-28,03*±9,8	28,85*±5,7
АМо, у.е.	32,39±	36,53±2,7	33,61±1,9	31,52±2,8
Δ АМо, у.е.	-	10,71±4,1	-3,12*±1,8	4,14*±1,1
ВР, %	0,33±	0,36±0,04	0,40±0,04	0,47*±0,02
ВПР, у.е.	5,08±	5,25±0,51	4,22±0,48	3,57**±0,33
Δ ВПР, у.е.	-	1,53±0,99	-0,47±0,63	-1,23±1,67

Условные обозначения: звёздочка – значимое различие с предыдущим заданием, две звёздочки – значимое различие с первым заданием (последовательность скоростей приближения цели 250-125 мм/с), подчеркнуты величины, значимо различающиеся по сравнению с фоном. Точные P-значения (все меньше 0,05) для каждой величины приведены в тексте.

У детей значимых отличий величины АМо относительно фонового значения этого показателя во всех заданиях обнаружено не было — отмечалась лишь тенденция к его снижению при использовании более низкой скорости в последовательности (таб. 1), однако анализ показателя Δ АМо выявил значимый, существенный характер различий между заданиями.

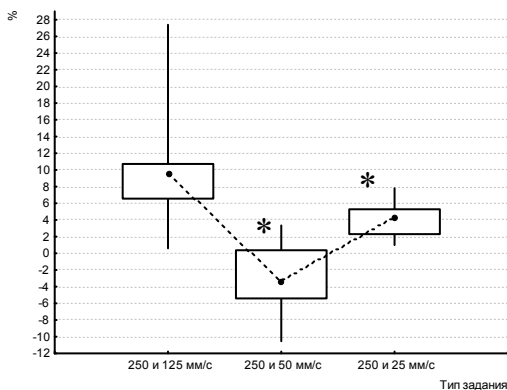


Рис. 7. Изменение Δ АМо в различных заданиях у детей. Обозначения: по оси абсцисс – тип задания, по оси ординат – величина Δ АМо в процентах. Условные обозначения: по оси абсцисс – тип задания, по оси ординат – величина ВПР в усл. ед. Обозначены квартили и разброс значений.

Изменение Δ АМо у большей части детей представлено на рис. 7. Тем не менее, у 20% детей не произошло смещения Δ АМо в область отрицательных значений в задании II (последовательность скоростей 250-50 мм/с). Эти дети были выделены в отдельную подгруппу. Они характеризовались высокими значениями SI (более 500 усл.ед.) уже в исходном состоянии (фоновая запись ЭКГ), превышающими значениями SI у остальных детей (80% испытуемых), что

свидетельствовало о ситуации хронического дистресса у них, не связанного с проводимым исследованием.

Следует отметить, что подгруппы детей, выделенные по количеству реакций ауторегуляции, и подгруппы детей с различными значениями показателей ВСП, не коррелировали между собой. 12% детей с завышенными показателями SI относились к выделенной в первой серии подгруппе I (с резким увеличением количества реакций избегания), а 6% — к подгруппе II (с незначительным увеличением количества реакций избегания).

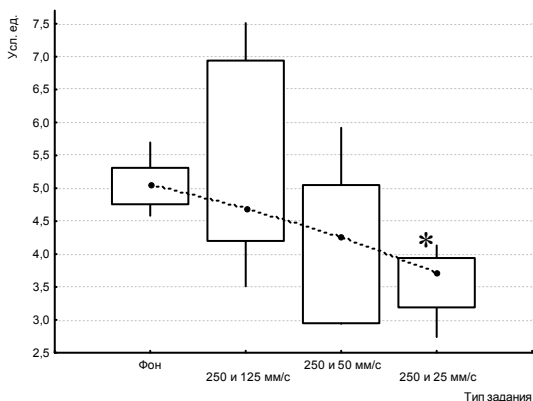


Рис. 8. Изменение ВПР в различных заданиях. Условные обозначения как на рисунке 7.

Фоновое среднее значение SI детей в основной группе было равно 85,44 усл.ед (таб. 1). В задании I (последовательность скоростей 250-125 мм/с) его величина составила 215,45 усл.ед ($P=0,003$). При реализации заданий II (последовательность скоростей 250-50 мм/с) и III (последовательность скоростей 250-25 мм/с) обнаружилась тенденция к его уменьшению до 109,90 усл.ед. и 97,42 усл.ед. соответственно ($P=0,0069$).

Вегетативный показатель ритма (ВПР) в фоновом состоянии равнялся 5,08 усл.ед. и не изменился значимо при достижении цели в I задании (последовательность скоростей 250-125 мм/с) (рис. 8). В ходе выполнения задания II (последовательность скоростей 250-50 мм/с) проявилась тенденция к его уменьшению (4,23 усл.ед.), а в третьем (последовательность скоростей 250-25 мм/с) его величина уменьшилась до 3,57 усл.ед. ($P=0,017$).

Таким образом, уменьшение ВПР у всех детей отмечалось при наиболее трудном из заданий.

Продуктивность инструментальной деятельности у шимпанзе в заданиях последовательности скоростей 250 мм/с – 125 мм/с – 50 мм/с – 25 мм/с – 10 мм/с – 5 мм/с

Известно, что реакции избегания в виде отведения взгляда и отворачивания возникают в совершенно различных ситуациях и оказывают на функциональное состояние достаточно неспецифический ауторегуляторный эффект. Учитывая, что данные реакции проявились уже на высоких скоростях,

возник вопрос о том, насколько универсальной реакцией они являются и как связаны со слежением за движущейся целью-объектом? Для выяснения роли зрительного контроля достижения – использовался непрозрачный экран. При этом возникает сенсомоторное разобщение и ситуация неопределенности, которая, как отмечают многие исследователи, оказывает стрессорное воздействие на организм (Хананашвили, 1983; Сыренский, 1989; Попов, 2007). Смогут ли дети и шимпанзе выполнять деятельность в этих условиях с учетом приобретенного опыта и способности к экстраполяции? Для того, чтобы отделить фактор зрительного отключения при сенсомоторном разобщении от участия эффекторного звена использовалось экспериментальное задание с модифицированной кнопкой.

Было установлено, что количество реакций избегания в ситуации приближения цели-объекта на скоростях 250 мм/с и 125 мм/с у шимпанзе различалось незначимо как в задании со стандартной кнопкой, так и в заданиях с модифицированной и непрозрачным экраном.

Скорость приближения цели-объекта, равная 50 мм/с, вызвала увеличение количества реакций избегания у шимпанзе на 8-10% по сравнению со скоростью 125 мм/с ($P=0,017$) в каждом из заданий.

В задании с непрозрачным экраном количество данных реакций оказалось сопоставимым с тем, которое наблюдалось в задании со стандартной кнопкой на скоростях 250 мм/с, 125 мм/с 50 мм/с, однако на скорости 25 мм/с их было меньше ($P=0,015$).

Реакции эффекторного переключения у шимпанзе в задании с стандартной кнопкой проявились только при скорости приближения объекта, равной 125 мм/с, на более низких скоростях наблюдалась тенденция к увеличению количества данных реакций.

В задании с модифицированной кнопкой реакции эффекторного переключения у шимпанзе также проявились только на скоростях ниже 250 мм/с. В этом задании их было достоверно меньше, чем в задании со стандартной кнопкой на скорости 50 мм/с ($P=0,0056$) и 10 мм/с ($P=0,007$). В задании же с непрозрачным экраном реакций эффекторного переключения было значимо больше, чем в задании со стандартной кнопкой ($P=0,011$; 0,008 и 0,015 соответственно при скоростях приближения 125, 50 и 25 мм/с). В задании с модифицированной кнопкой количество данных реакций было достоверно меньше по сравнению с заданием со стандартной только при скоростях 50 мм/с ($P=0,0056$) и 10 мм/с ($P=0,007$) (на других скоростях незначимые различия).

Таким образом, сенсомоторное разобщение путём установки непрозрачного экрана привело к увеличению количества реакций эффекторного переключения, а отключение эффекторного контроля выполняемой деятельности изменением типа органа управления (кнопки) – к уменьшению количества данных реакций у шимпанзе.

Основной закономерностью, характерной для детей в проявлении реакций ауторегуляции, было значимо меньшее количество реакций избегания на скоростях приближения цели-объекта 25 мм/с (меньше на 7%, $P=0,011$), 10 мм/с

(на 6%, $P=0,029$), и 5 мм/с (на 7%, $P=0,008$) в задании со стандартной кнопкой и непрозрачным экраном по сравнению с двумя другими заданиями этой серии (с сенсомоторным разобщением посредством отключения зрительного или эффекторного контроля).

Реакции эффекторного переключения в задании со стандартной кнопкой у детей фиксировались на скорости приближения цели 125 мм/с и менее. Их количество достоверно возросло в этом задании только при скорости приближения цели-объекта 50 мм/с ($P=0,043$) и 25 мм/с ($P=0,018$). На минимальных скоростях приближения цели-объекта достоверных различий в количестве данных реакций между заданиями не выявлено, как не было обнаружено и значимого увеличения реакций в каждом из заданий.

Таким образом, характеризуя деятельность в целом, можно констатировать, что реакций избегания у детей возникает достоверно меньше, чем у шимпанзе в заданиях убывающей последовательности скоростей при сенсомоторном разобщении. Однако и у детей, и у шимпанзе количество обоих типов реакций ауторегуляции увеличивалось при снижении по меньшей мере до 25 мм/с скорости приближения объекта. Кроме того, в задании с непрозрачным экраном реакции избегания продолжали возникать и у тех, и у других.

У шимпанзе КП инструментальной деятельности значительно снизился в задании с непрозрачным экраном и был зафиксирован ранний отказ от деятельности – при скорости движения цели-объекта 25 мм/с. У детей КП деятельности приближался к 100% без значимых отклонений.

В данном случае геометрический анализ кардиоритмограммы по Р.М. Баевскому не обнаружил значимых различий между заданиями, однако показательным оказался волновой анализ – оценка суммарной мощности спектра: у детей в задании с непрозрачным экраном было зафиксировано значительное её снижение ($P=0,013$). Согласно литературным данным это интерпретируется как истощение компенсаторных возможностей регуляции, сопоставимое с теми изменениями кардиоритмограммы, которые могут быть обнаружены при хроническом истощении функциональных резервов, дистрессе (Михайлов, 2002). Тем не менее, дети стремились продолжать деятельность.

Подводя итог, можно заключить, что шимпанзе, в отличие от детей, характеризовались и большим количеством проявлений ауторегуляторных реакций в заданиях повышенной трудности (с низкими скоростями в последовательности), раньше отказывались от продолжения деятельности при снижении скорости приближения. Эти закономерности можно объяснить стремлением к более скорому получению результата у шимпанзе по сравнению с детьми, что, возможно, связано с меньшими резервами ауторегуляции у первых. Эмоциональный компонент реагирования на скорость приближения цели-объекта также был более выражен у шимпанзе. Кроме того, у детей КП инструментальной деятельности не снижался даже при значительной трудности задания (максимально низких скоростях). Выполняя инструкцию экспериментатора достигать цель, они упорно продолжали деятельность при выраженном увеличении психоэмоционального напряжения. Таким образом,

несмотря на относительную незрелость фронтоталамической регуляторной системы (Мачинская, Крупская, 2001), для детей характерны более высокий КП и меньшее количество реакций избегания, чем для шимпанзе. По-видимому, это указывает на то, что уже к этому возрасту на первый план выходят эволюционные различия между человеком (ребёнком) и шимпанзе в развитии корково-подкорковых связей (Суворов, 1980; Соколова, Мачинская, 2007) и межцентральных (Карамян, 1976).

В работе были получены данные, показывающие, что прямой зрительный контроль движения объекта и оценка скорости его приближения к испытуемому (т.е., скорости, с которой выполняется деятельность по целедостижению), важен для прогнозирования вероятности получения положительного конечного результата. Последний фактор непосредственно влияет на функциональное состояние (Хананашвили, 1983; Сыренский, Кузнецова, 1990). В отсутствии зрительной информации в ситуации неопределённости снижается или исчезает мотивация к инструментальной деятельности вплоть до раннего отказа от неё при относительно высоких скоростях, увеличивается психоэмоциональная напряженность. Деятельность по приближению объекта-цели, сопровождается вовлечением системы внимания. Согласно моторной теории (Рибо, 1916, Kahneman, 1973), в настройке и поддержании внимания имеет большое значение целенаправленная и избирательная активация и торможение движений, а также мышечное усилие, которые можно соотнести с реакциями эффекторного переключения. У детей и шимпанзе внимание при слежении за целью носит непостоянный характер и активируется непроизвольно, по-видимому, как компонент оценки расстояния до объекта и скорости его приближения. Наблюдение показывает, что при достижении цели-объекта во время переключения внимания шимпанзе фокусировались на кнопке гораздо чаще, чем это делали дети (особенно во время пауз при низких скоростях приближения цели-объекта). Этот факт требует отдельного изучения. Вероятно, при низких скоростях приближения цели система внимания является одним из компонентов, функционирование которого критично для сохранения оптимального состояния деятельности (для сосредоточения на объекте необходимо поддерживать высокий уровень активации мозга). При приближении цели-объекта концентрация внимания на нём усиливается (Сыренский, Кузнецова, 1990). Дополнительным отрицательным фактором в данном случае является то, что реакции избегания уже в меньшей степени компенсируют нарастающее психоэмоциональное напряжение. В этих условиях дети и шимпанзе оказались качественно близки в своих поведенческих реакциях.

Для поддержания высокой работоспособности путем подстройки условий деятельности необходимо учитывать наличие периодов снижения уровня функционального состояния, а не только периода устойчивой работоспособности (Ильин, 2005). К этому выводу пришли и другие исследователи, изучавшие способы поддержания внимания на высоком уровне. Так, Лепла (Leplat, 1964) и Маквортс (Macworth, 1964) считают, что в условиях монотонного наблюдения за сигналами нужно увеличивать количество

поступающей к человеку информации. Зрительно-моторное разобщение при однообразной деятельности, приводя к дефициту прогностической информации, вызывает истощение регуляторных резервов. В конечном итоге, у шимпанзе развивается состояние, несовместимое с возможностью выполнять деятельность, а у детей, несмотря на то, что они продолжают нажимать на кнопку, отмечается значительное снижение уровня функционального состояния. Это подчеркивает необходимость объективной оценки состояния у детей при определении допустимых пределов психоэмоциональных нагрузок в процессе выполнения различных заданий и обучении, например, с помощью кардиоритмографии.

Таким образом, несмотря на качественное сходство проявления реакций ауторегуляции у шимпанзе и детей, принимая во внимание количественные расхождения, следует предположить существование различий в механизмах поддержания целенаправленной активности, которые обуславливают возможность достижения более отсроченного конечного результата у ребёнка-дошкольника (даже при незавершении процесса созревания модулирующих структур мозга) по сравнению со взрослым шимпанзе.

ВЫВОДЫ

1. При сравнительном анализе было выявлено, что у шимпанзе и детей ответ со стороны организма на изменение трудности задания качественно сходен, однако в проявлении ауторегуляторных реакций имеются количественные различия: у шимпанзе реакций избегания достоверно больше на скорости 125 мм/с и в заданиях с контрастным сочетанием скоростей (250 мм/с – 50 мм/с; 250 мм/с – 25 мм/с), что касается реакций эффекторного переключения, то у детей их возникает больше, чем у шимпанзе.

2. Показатели продуктивности деятельности у шимпанзе и детей различаются: у первых она значительно меньше, чем у вторых. У шимпанзе продуктивность инструментальной деятельности меньше, чем у детей. При контрастном сочетании скоростей 250-50 мм/с наибольший вклад в снижение продуктивности у шимпанзе вносит пауза перед началом деятельности (торможение инициации деятельности), а при сочетании 250-25 мм/с – паузы, возникающие уже после начала выполнения деятельности. У детей продуктивность сохраняется на стабильно высоком уровне во всех заданиях, показатели ВСП у детей при усложнении задания свидетельствуют о возникновении психоэмоционального напряжения, внешне себя не проявляющего, что чревато риском развития предневротического состояния.

3. В ситуации зрительной неопределённости психоэмоциональная напряженность увеличивается и у шимпанзе и у детей. У шимпанзе это проявляется в раннем отказе от деятельности (25 мм/с), у детей – в снижении суммарной мощности спектра волн кардиоритмограммы. Таким образом, и для шимпанзе, и для детей важно получение достаточного количества информации о процессе достижения конечного результата для сохранения мотивации к деятельности.

Список публикаций по теме диссертации

1. Чернов А.Н., Веюкова М.А., Кузнецова Т.Г. Особенности ВСР в ходе выполнения задания у детей дошкольного возраста // Сб. научн. статей Межд. конф. «Проблемы регуляции висцеральных функций». – Минск: РИВШ, 2008 г.; кн. 2. – С. 212
2. Чернов А.Н., Радченко М.В., Кузнецова Т.Г. Анализ функционального состояния шимпанзе (*Pan troglodytes*) в процессе достижения цели. Вестник ТвГУ. Серия «Биология и Экология». – №31, Вып. 10, 2008 г. – С. 45-50.
3. Чернов А.Н., Кузнецова Т.Г. Вариабельность ритма сердца и реакции ауторегуляции у детей 5-6 лет при достижении цели, приближающейся с различными скоростями. Вестник ТвГУ. Серия «Биология и Экология». – №6, Вып. 12, 2009 г. – С. 35-41.
4. Чернов А.Н. Сравнительный анализ некоторых реакций саморегуляции при достижении цели у шимпанзе (*Pan troglodytes*) и детей 5-6 лет. Естественные и технические науки. – №3, 2009 г. – С. 99-101.
5. Кузнецова Т.Г., Радченко М.В., Чернов А.Н. Достижение цели, активационные системы и реакции саморегуляции у детей дошкольного возраста. Тез. докл. в сб. «Механизмы функционирования висцеральных систем», IV Всерос. конф. с межд. участ. посвящ. 80-летию инст. физ. им. И.П. Павлова РАН. – СПб, 2005 г.
6. Кузнецова Т.Г. Радченко М.В. Чернов А.Н., Сравнительный анализ процесса достижения цели ребенком и шимпанзе по данным сердечного ритма. Тез. докл. в сб. Межд. конф. «Биология XXI века: теория, практика, преподавание». – Черкассы, 2007 г.
7. Кузнецова Т.Г. Чернов А.Н. Реакции ауторегуляции как форма стабилизации функционального состояния при достижении цели. Тез. докл. в сб. «Человек и его здоровье» (Всерос. конф. молод. уч. «Фундаментальная наука и клиническая медицина». – СПб, 2007 г.
8. Кузнецова Т.Г. Чернов А.Н. Реакции саморегуляции шимпанзе при достижении цели. Тез. докл. в сб. «IV Всероссийская конференция по поведению животных». – Москва, 2007 г. – С. 96-97.
9. Чернов А.Н. Конфликт «стремление-избегание» при достижении цели, приближающейся с различными скоростями, у шимпанзе и детей дошкольного возраста. Тез. в сб. «Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Традиции и перспективы развития зоопсихологии в России» посвященной памяти Н.Н. Ладыгиной-Котс». – Пенза, 2007 г.
10. Радченко М.В., Чернов А.Н., Кузнецова Т.Г. Диагностика функционального состояния детей и шимпанзе в процессе обучения. Тез. докл. в сб. «Механизмы регуляции и взаимодействия физиологических систем организма человека и животных в процессах приспособления к условиям среды», межинститутская конференция молодых ученых, посвященная 100-летию академика В.Н. Черниговского. – СПб-Колтуши, 2007 г.
11. Чернов А.Н., Радченко М.В. Влияние высокой скорости приближающейся цели на стремление к её достижению. Тез. докл. в сб. «VI Сибирский физиологический съезд», – Барнаул, 2008 г. – С. 201.
12. Веюкова М.А., Радченко М.В., Чернов А.Н., Кузнецова Т.Г. Характеристика сердечного ритма у «спокойных» и «тревожных» детей 5-7 лет при выполнении учебных заданий. Тез. докл. в сб. «Механизмы функционирования висцеральных систем. IV Всерос. конф. с межд. уч., посвященная 50-летию открытия А.М. Уголевым мембранного пищеварения», – СПб, 2008.
13. Чернов А.Н. Показатели ВСР при достижении цели детьми 5-7 лет. / Научн.труды II Съезда физиологов СНГ «Физиология и здоровье человека». – Москва, Кишинэу, 2008 г. – С.195
14. Чернов А.Н., Кузнецова Т.Г. Анализ показателей ВСР и саморегуляции у детей 5-7 лет при увеличении трудности задания. / Тез. докл. XII междунар. Пушкинской школы-конференции молодых ученых "Биология-наука XXI века". – Пушкино, 2008 г. – С. 169-160.