

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ МОТИВАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТАРШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ

© 2001 г. В. Г. Каменская\*, С. В. Зверева\*\*, Н. И. Музалевская\*\*\*, Л. В. Томанов\*\*\*\*

\*Доктор психол. наук, профессор, зав. каф. психофизиологии ребенка РГПУ им. А.И. Герцена,  
Санкт-Петербург

\*\*Кандидат психол. наук, доцент каф. психофизиологии ребенка того же университета

\*\*\*Кандидат биолог. наук, ведущий научный сотрудник

Российского центра координации фундаментальных и прикладных исследований для медицины,  
Санкт-Петербургский государственный университет

\*\*\*\*Кандидат психол. наук, доцент каф. психофизиологии ребенка РГПУ им. А.И. Герцена,  
Санкт-Петербург

Исследовалось влияние мотивационного комплекса на эффективность выполнения направленного ассоциативного эксперимента (АЭ), в результате чего дошкольники 6–7 лет (34 человека) были разделены на три группы: 1) улучшающих, 2) ухудшающих и 3) не меняющих показатели выполнения АЭ под воздействием внешнего мотива.

Мотивационный комплекс, включающий мотивации достижения цели, самоутверждения, общения и познания, формировался до эксперимента и усиливался за счет введения в контекст эксперимента внешнего мотива – награды за будущий успех в вербальной деятельности.

Указанные три группы детей характеризуются различными системами психофизиологических признаков, которые были получены при измерении КГР, флуктуаций кардиоинтервалов регистрируемой во время вербальной деятельности ЭКГ. ЭКГ анализировалась с помощью быстрого Фурье-преобразования флуктуаций RR-интервалов, в результате чего были получены СО-показатель ширины диапазона адаптации сердечно-сосудистой системы (ССС) и мера стохастической упорядоченности процессов регуляции СССР, фрактальный индекс  $\beta$ . Оказалось, что высокая продуктивность интеллектуальной деятельности возможна на фоне оптимального сочетания показателей КГР и стохастических признаков процесса регуляции СССР, а также на основе мобилизации психофизиологических процессов. Полученные результаты обсуждаются с точки зрения типологического их обусловливания степенью экстратерности ребенка.

*Ключевые слова:* интеллектуальная деятельность, мотивации, регуляция сердечно-сосудистой системы, стохастические признаки регуляции, фрактальный индекс.

Мотивационные влияния личности на характеристики интеллектуальной ее деятельности – интенсивно разрабатываемая в психологии и психофизиологии тема. В истории психологии существовали подходы и концепции исследования мышления, обходившиеся без включения в его анализ эмоциональных и потребностных процессов, к примеру бихевиоризм и ассоцианистская психология в XVIII–XIX вв. В психологии развития представление о становлении интеллектуальной системы ребенка подразумевает рассмотрение эмоционально-потребностных составляющих в качестве самостоятельных и существенных факторов. Этот подход, имеющий своими истоками хорошо известные сейчас работы Л.С. Выготского [2], в экспериментальных исследованиях практически слабо реализуется в связи с известными трудностями формирова-

ния мотивационных состояний человека и невозможностью объективного контроля за качеством и напряженностью мотивационных процессов, а также проблемами адекватной рефлексии по поводу действующих мотиваций и потребностей [3, 8, 16].

Несмотря на признание в отечественной психологии мотивационно-потребностной системы в качестве одной из существенных в структуре личности [6, 14], в настоящее время можно отметить серьезный недостаток объективных и воспроизводимых фактов, позволяющих конструировать модели ее взаимодействия с интеллектуальной деятельностью человека. Эти вопросы наиболее актуальны в детской психологии, так как в старшем дошкольном возрасте происходит смена ведущего вида деятельности, в процессе которой

роль мотивационных факторов чрезвычайно важна [1].

Признавая большую роль социального (средового) окружения ребенка, воздействующего на него как положительным, так и отрицательным образом, считаем необходимым в нашем экспериментальном исследовании сделать акцент на тех индивидуально-типологических особенностях, которые могут или облегчать психолого-педагогические воздействия, или затормозить средовыми влияниями процесс интеллектуального развития дошкольника. Известно, что мотивационные побуждающие воздействия, исходящие от партнеров по общению и деятельности, опосредуются в значительной степени такими индивидуальными свойствами, которые проявляются в уровне экстраверсии, зависящей от психофизиологических механизмов, и процессов, в том числе степени активированности мозга [10, 13, 19, 23].

Решение этих сложных проблем связано с методическими подходами к эксперименту с детьми. Полученные в наших работах результаты позволяют утверждать, что плодотворность интеллектуальной деятельности дошкольника определяется степенью осознанности ребенком субъективной значимости решения умственных заданий и отношениями, складывающимися между экспериментатором и ребенком, которые должны быть паритетными и положительно окрашенными. Дошкольник проявляет свои интеллектуальные возможности в ситуации интересного для него и осмысленного общения, в структуру которого включены тестовые задания. Очевидно, что выполнение всех этих условий производно от сформированности мотивации общения, познания, самоутверждения и достижения цели (возможно, у части детей – от мотивации стремления к успеху). Степень зрелости данного полимотивационного комплекса определяет меру эффективности выполнения интеллектуальных тестов.

Учитывая эти обстоятельства, экспериментальная работа по изучению влияния мотивационных процессов на эффективность интеллектуальной деятельности ребенка требует решения двух связанных задач: 1) направленного формирования мотивационных состояний; 2) контроля за мотивационным напряжением. Предлагается один из возможных экспериментальных вариантов решения этих задач в их взаимосвязи.

Целью нашей работы является изучение влияния сформированного полимотивационного комплекса на эффективность вербальной деятельности дошкольника и обнаружение дифференциальных психофизиологических признаков функциональных состояний (ФС), связанных с максимально возможной интеллектуальной продуктивностью.

Предполагается, что влияние мотивационного комплекса с включенным внешним мотивом на эф-

фективность вербальной деятельности может быть опосредовано уровнем экстраверсии ребенка.

## МЕТОДИКА

В эксперименте принимали участие 34 практически здоровых ребенка (14 мальчиков и 20 девочек), возраст которых находился в пределах от 5 лет 11 месяцев до 7 лет 3 месяцев. Большинство из них (26 человек) посещали детский сад № 94 Фрунзенского района г. Санкт-Петербурга. Там они проходили комплексную психолого-педагогическую подготовку к обучению в школе [9] и были обследованы. Остальные дети принимали участие в эксперименте, который выполнялся в лаборатории психодиагностики РГПУ им. А.И. Герцена.

### ФОРМИРОВАНИЕ МОТИВАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА И КОНТРОЛЬ ЗА МОТИВАЦИОННЫМИ СОСТОЯНИЯМИ

Направленное формирование мотивации дошкольников проводилось двумя способами по методу, предложенному С.В. Зверевой. Первый был связан с относительно длительным общением дошкольников с воспитателями, которые использовали соревновательные мотивы, формируя тем самым нечто аналогичное спортивному азарту, что усиливало желание детей включиться в соревновательную игру. Следует заметить, что успешному выполнению задачи, сложной не только для детей, но и для взрослых, способствовали сами дети – участники эксперимента, которые рассказывали в группе о своих достижениях и содержании игры. Таким образом, через коллективное их общение со сверстниками и воспитателями проходила мотивационная подготовка к будущему эксперименту.

Во время эксперимента, который длился от 30 до 40 минут, использовался второй способ формирования мотивационного комплекса, необходимого для выполнения лингвистических заданий на фоне уже сформированной мотивационной установки. Имеющаяся у ребенка готовность участвовать в интеллектуальной деятельности была достаточной для того, чтобы можно было провести оценку уровня невербального интеллекта (по матрицам Д. Равена) и выполнить первый ассоциативный эксперимент (АЭ). После этой части обследования экспериментатор усиливал мотивацию достижения цели с помощью переноса мотива на цель: привнесения внешней для эксперимента награды – конфет, которые специально предназначались ребенку. После успешного завершения задания он мог взять их из вазы. На фоне усиленного мотивационного комплекса проходила вторая серия АЭ, названная мотивационным АЭ.

Контроль за мотивационным состоянием осуществлялся по результатам деятельности – выполнению АЭ, который заключался в необходимости со стороны ребенка генерировать словесные ассоциации в ответ на слова-стимулы. В рассматриваемом варианте АЭ дошкольник должен был в ответ на слово-стимул произносить антоним (хорошо–плохо, большой–маленький, мужчина–женщина и т.д.). Список слов для обоих вариантов АЭ состоял из 35 слов, среди которых существительных – 11, глаголов и прилагательных – по 10, наречий – 4. Эффективность вербальной деятельности в обеих сериях измерялась с помощью расчета количественно-качественного коэффициента (К/К), который был равен отношению числа качественных вербальных ответов-антонимов, связанных по смыслу со словом-стимулом, к общему числу слов-стимулов (равному 35).

Электрофизиологическим способом контроля за текущей напряженностью мотивационных состояний, неспецифичным по отношению к качеству мотиваций, является оценка динамики ФС с помощью измерения кожно-гальванической реакции (КГР по Ч. Ферре) с ладоней ребенка, которые он прикладывал к сенсорным устройствам активационметра АЦ-5. КГР у каждого ребенка снималась в одних и тех же фазах эксперимента: первый раз перед началом тестиро-

вания невербального интеллекта после угашения острого ориентировочно-исследовательского поведения (входная КГР), второй – перед простым АЭ, третий – перед мотивационным АЭ, последний – после мотивационного АЭ (выходная КГР).

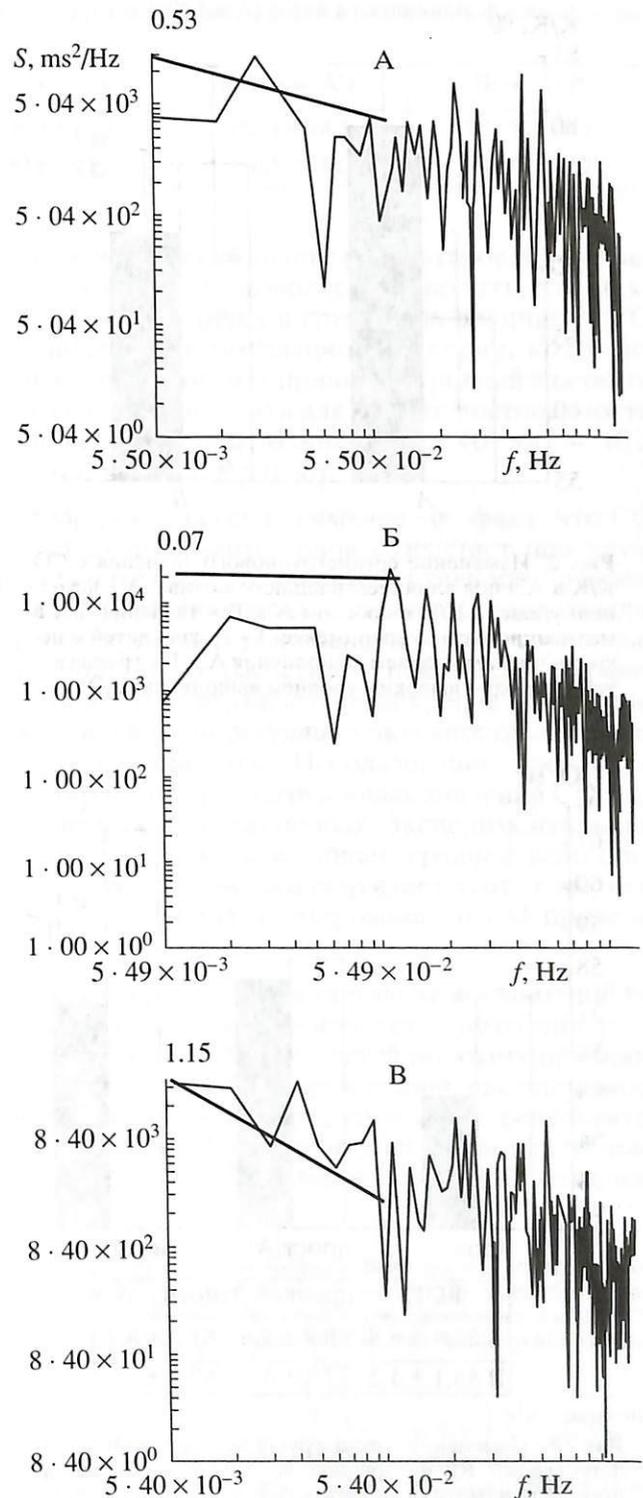
В нашем исследовании дополнительно к двум известным способам контроля за мотивационным напряжением (по эффективности текущей деятельности и по параметрам КГР) оценка ФС производилась с помощью стохастического анализа кардиоинтервалов электрокардиограммы (ЭКГ), которая регистрировалась во время выполнения обеих форм АЭ. Известно, что ритмическая структура ЭКГ чрезвычайно чувствительная к изменениям ФС как в норме, так и при патологии [4, 5, 12, 15]. В литературе существуют указания на новые методы обработки ЭКГ, опирающиеся на концепцию самоорганизованной критичности [15, 17, 21]. Согласно ей сердечно-сосудистую систему можно рассматривать как открытую сложную и нелинейную систему, динамические свойства которой могут быть оптимальными или выходить за границы оптимума функционирования. В нашей работе использован способ обработки ЭКГ, в которой анализируются флуктуации сердечного ритма около свойственного каждому человеку среднего значения [12, 15].

#### РЕГИСТРАЦИЯ ЭКГ И ОБРАБОТКА КАРДИОИНТЕРВАЛОВ (RR-ИНТЕРВАЛОВ)

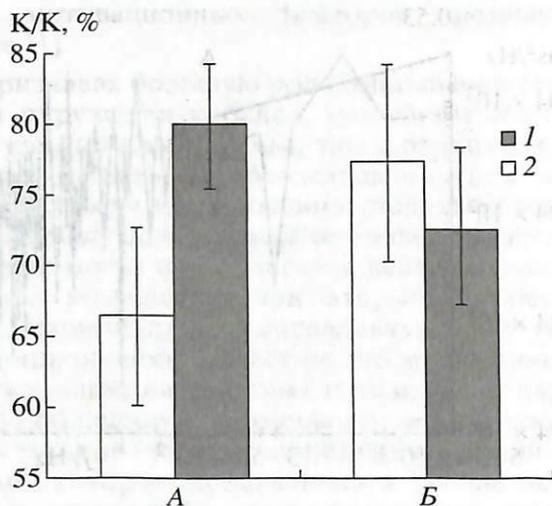
ЭКГ регистрировалась в течение эксперимента трижды. Первый раз – после выполнения ребенком теста Равена. Эта запись рассматривалась как фоновая, поскольку во время регистрации ЭКГ дошкольник согласно предварительной договоренности не общался с кем-либо из окружающих. Второй раз – во время выполнения простого АЭ, третий – при выполнении мотивационного АЭ.

Запись ЭКГ во время эксперимента проводилась на кардиомониторе ЭКСП-03 в течение 5 минут по второму способу отведения с помощью аппликации серебряных накладных электродов на запястья рук (активные электроды) и лодыжки ног (индифферентный и земляной электроды). Кардиомонитор служил аналоговым устройством, с которого сигнал поступал на АЦП, подвергался дискретизации с шагом квантования в 100 Гц и дальнейшей обработке с помощью быстрого Фурье-преобразования. Частотная полоса пропускания системы (0.004–0.40 Гц) была достаточно широкой для анализа сверхмедленных колебаний (ULF), присутствие которых критично для описания флуктуаций кардиоинтервалов по избранной методике. Полученный спектр мощности флуктуаций анализировался по программе В.М. Урицкого и Н.И. Музалевской [12]. Результатами стохастического анализа флуктуаций RR-интервалов являются такие признаки ЭКГ, как дисперсия флуктуаций и производная от нее величина – стандартное отклонение (СО), отражающие меру вариативности кардиоритма и ширину диапазона регуляции сердечного ритма. В некоторых случаях производилось нормирование СО (мс) с помощью соотношения индивидуальных значений со среднегрупповыми величинами. В работе измерялся также фрактальный индекс  $\beta$ -показатель инверсной степенной функции спектра мощности флуктуаций всех суперпозированных амплитуд и длительностей в распределении кардиоинтервалов [20]. Значение фрактального индекса отражает скорость уменьшения спектральной плотности с возрастанием частоты флуктуаций, с помощью которой можно оценить соотношение спектральных плотностей в ультраинфракрасной части спектра мощности. Фрактальный индекс, как следует из литературных источников [15, 17, 21, 22], является показателем меры организованности и устойчивости динамического режима активности больших открытых систем, для которых оптимальное соотношение вариативности и стабильности достигается при  $\beta$ , равной 1.0. Отклонения от этой величины рассматриваются как уход системы от оптимального режима функционирования.

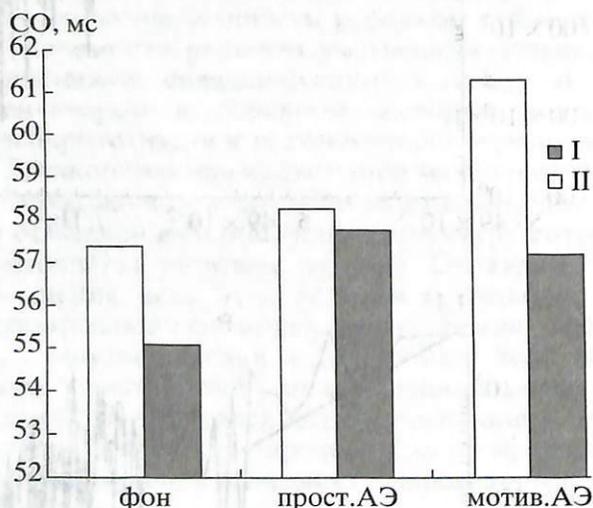
Изменения спектра мощности флуктуаций кардиоритма во время эксперимента у одного из дошкольников приведены на рис. 1.



**Рис. 1.** Изменения спектра плотности флуктуаций RR-интервалов ЭКГ у ребенка, улучшающего свои вербальные показатели в мотивационном АЭ. Ось абсцисс – частота (Hz) в логарифмическом масштабе. Ось ординат – спектральная плотность флуктуаций кардиоинтервалов в логарифмическом масштабе. А – фоновая регистрация ЭКГ, Б – регистрация ЭКГ в простом АЭ, В – регистрация ЭКГ в мотивационном АЭ. Жирная линия в верхнем левом углу спектра – линия регрессии в ULF, угол наклона которой к оси абсцисс равен среднему значению  $\beta$ .



**Рис. 2.** Изменение среднегруппового значения с СО К/К в АЭ под влиянием внешнего мотива. А – исходный уровень К/К в простом АЭ. Б – значения К/К в мотивационном эксперименте. I – группа детей с исходно низким уровнем выполнения АЭ. II – группа детей с исходно высоким уровнем выполнения АЭ.



	ФОН	прост. АЭ	мотив. АЭ
I	57.4 ± 6.8	58.3 ± 8.6	61.3 ± 8.7
II	55.1 ± 4.2	57.8 ± 4.9	57.2 ± 3.9

**Рис. 3.** Изменение среднегрупповых значений СО флуктуаций RR-интервалов во время выполнения простого и мотивационного АЭ. I – группа детей, улучшающих показатели выполнения АЭ под воздействием внешнего мотива. II – группа детей, ухудшающих показатели выполнения АЭ под воздействием внешнего мотива.

Внизу приведена таблица с рассчитанными значениями СО и среднеквадратичной ошибкой среднего.

Итак, в результате однократного обследования каждого ребенка имелись три записи ЭКГ, четыре регистрации КГР, протоколы двух АЭ и балльное выражение выполнения теста Равена. Все материалы обрабатывались статистически и

оценивались с помощью параметрических и непараметрических критериев: *t*-критерия Стьюдента, *U*-критерия Манна-Уитни, *Z*-критерия знаков.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Влияние мотивационных воздействий на эффективность интеллектуальной деятельности.** Изменение среднегрупповых показателей выполнения АЭ при введении внешней награды незначительно: количественно/качественный коэффициент (К/К) в мотивационной версии АЭ больше, чем в простом АЭ ( $76.8 \pm 6.3\%$  по сравнению с  $75.1 \pm 5.2\%$ )<sup>1</sup>.

Несмотря на недостоверное влияние внешней награды на среднегрупповые величины К/К, достоверно большая часть детей (29 человек из 34) изменила свои результаты в ситуации дополнительного мотивационного влияния (оценка производилась по критерию знаков: *Z* эм. = 1.72, *Z* табл. = 1.64 при  $P \leq 0.05$ ).

Специфика влияния мотивации достижения цели позволяет разделить выборку детей на тех, у кого будущая награда улучшила результаты выполнения теста (таких детей – 15, или 44%), и на тех, у кого эффективность словесного ассоциирования ухудшилась (14 дошкольников, или 41%), у 5 детей внешний мотив не оказал влияния на интеллектуальную продуктивность.

Группы дошкольников, реагирующие противоположным образом на внешний мотив, отличаются достоверно различным (по *t*-критерию Стьюдента *t* эм. = 2.14, *t* табл. = 2.05 при  $P \leq 0.05$ ) исходным уровнем качества процесса ассоциирования: так, в группе с положительным влиянием мотива он равен  $66.5 \pm 6.6\%$ , что на 13.4% меньше по сравнению со средней величиной К/К дошкольников, ухудшающих свою продуктивность в ситуации введения награды. На рис. 2 отражено диаметрально противоположное воздействие мотива на вербальную продуктивность детей этих двух групп.

Таким образом, включение в экспериментальную ситуацию внешнего значимого для детей мотивационного влияния в виде конфет, усиливающего мотивационное напряжение, приводит к диаметрально противоположным результатам в интеллектуальной деятельности.

Дальнейший анализ психофизиологических характеристик детей направлен на обнаружение специфики активности механизмов нервно-психической регуляции этой деятельности, различающейся своей продуктивностью в условиях введения внешней награды.

**Динамика КГР в двух группах.** Входные значения КГР у детей, формирующих две группы, ока-

<sup>1</sup> В материалах статьи среднегрупповые величины приведены со стандартными отклонениями.

**Таблица 1.** Изменения среднегрупповых значений и стандартных отклонений КГР (мкА) детей в различных фазах обследования

Признаки	Входн. КГР	КГР в пр. АЭ	КГР в м. АЭ	Вых. КГР
Дети с "+" влиянием (1 группа)	172.9 ± 14.7	158.5 ± 14.6	158.5 ± 14.5	144.1 ± 10.1
Дети с "-" влиянием (2 группа)	155.2 ± 11.2	153.6 ± 15.5	156.5 ± 16.0	149.6 ± 19.7

зались различными: у дошкольников с позитивным влиянием внешнего мотива они достигают  $172.9 \pm 14.7$  мкА, что достоверно превышает значения среднегрупповых величин КГР у дошкольников, показавших отрицательное влияние награды –  $155.2 \pm 11.2$  мкА (по критерию Манна-Уитни  $U$  эм. = 48,  $U$  табл. = 66 при  $P \leq 0.05$ ). Дети с позитивной динамикой интеллектуальной продуктивности характеризуются снижением суммарного кожного тока в течение всего опыта, минимальные величины которого зарегистрированы в конце эксперимента. Дошкольники, у которых было обнаружено негативное влияние внешнего мотива на эффективность вербальной интеллектуальной деятельности, показали незначительные изменения КГР в течение опыта и относительно невеликие абсолютные величины КГР в разных замерах. Конкретные значения КГР в разных фазах эксперимента приведены в табл. 1.

**Динамика показателей ритмокардиографии у детей с различным мотивационным воздействием на интеллектуальную деятельность.** Дети с положительным влиянием мотива на вербальное ассоциирование в целом во всех измерениях отличаются меньшими значениями средних величин кардиоинтервала (более частым пульсом) по сравнению с детьми, демонстрирующими отрицательный эффект награды (см. табл. 2). Отличия между среднегрупповыми величинами кардиоинтервала в фоновой записи достоверны (по критерию Манна-Уитни:  $U$  эм. = 50.5,  $U$  табл. = 51 при  $P \leq 0.01$ ) так же, как и в ситуации выполнения простого АЭ ( $U$  эм. = 55,  $U$  табл. = 66 при  $P \leq 0.05$ ). Динамика среднего RR-интервала характеризуется незначительными и недостоверными изменениями в ситуациях интеллектуальной деятельности у детей обеих групп, о чем можно судить по значениям среднегрупповых кардиоинтервалов и стандартных отклонений, приведенных в табл. 2.

Отчетливые различия между обсуждаемыми двумя группами детей были также обнаружены в результате анализа изменений СО флуктуаций кардиоинтервала, что показано на рис. 3, на котором видна разная динамика этого показателя и меньшие величины СО во всех замерах у детей с ухудшением вербальной продуктивности в ситуации включенного внешнего мотивационного подкрепления. Численные значения среднегрупповых величин СО флуктуаций RR-интервалов приведены в табл. 3.

Статистический анализ результатов, представленных в табл. 3, позволяет заключить, что максимальные различия в групповых величинах СО наблюдаются в мотивационной серии, которые, однако, не достигают принятых уровней значимости, если использовать для оценки достоверности отличий критерий Манна-Уитни ( $U$  эм. = 101,  $U$  табл. = 66 при  $P \leq 0.05$ ).

Обращает на себя внимание тот факт, что СО флуктуаций RR-интервалов возрастает при улучшении интеллектуальной продуктивности: относительно эффективное выполнение АЭ сопровождается умеренным увеличением среднегрупповых значений этого расчетного показателя кардиограммы, что отражает расширение диапазона функциональной регуляции активности сердечно-сосудистой системы. Использование процедуры нормирования среднегрупповых значений СО кардиоинтервала в различных экспериментальных ситуациях с помощью общей средней величины СО, равной 55.2 мс, подтверждает этот тезис. Расчетные величины нормированного СО приведены в табл. 3.

Анализ распределения и знака абсолютной величины фрактального индекса  $\beta$  позволил установить, что более гомогенной по этому признаку является группа, в которой включение значимого мотива благотворно отразилось на результатах интеллектуальной деятельности, так как только у одного ребенка в фоновой записи ЭКГ отмечена

**Таблица 2.** Изменение средних значений и стандартных отклонений RR-интервалов (мс) в двух группах детей: 1 – дети с положительным влиянием мотива на результаты АЭ, 2 – дети с отрицательным влиянием мотива в простом и мотивационном АЭ

Признаки	ЭКГ-фон	Простой АЭ	Мотивационный АЭ
1 группа	667.4 ± 15.4	664.5 ± 16.7	660.9 ± 18.8
2 группа	708.1 ± 16.3	701.9 ± 14.9	692.3 ± 16.8

**Таблица 3.** Изменение СО флуктуаций RR-интервалов (мс) и ошибка среднего в двух группах детей в простом и мотивационном АЭ

Признаки	ЭКГ-фон	Простой АЭ	Мотивационный АЭ
1 группа	57.4 ± 6.8/1.04	58.3 ± 8.6/1.06	61.3 ± 8.7/1.11
2 группа	55.1 ± 4.2/1.00	57.8 ± 4.9/1.04	57.2 ± 3.9/1.03

**Таблица 4.** Изменение средних значений и стандартного отклонения фрактального индекса  $\beta$  в двух группах детей в простом и мотивационном АЭ

Признаки	ЭКГ-фон	Простой АЭ	Мотивационный АЭ
1 группа	+0.92 ± 0.16	+0.73 ± 0.10	+0.88 ± 0.16
	-0.34*	-0.30 ± 0.25	-0.19
2 группа	+0.55 ± 0.11	+0.73 ± 0.11	+0.79 ± 0.10
	-0.59 ± 0.38	-0.61	-0.29 ± 0.14

\* Отсутствие значения среднеквадратичной ошибки среднего арифметического свидетельствует о наличии в результатах, представленных в таблице, только одного ребенка с отрицательным индексом  $\beta$ .

**Таблица 5.** Динамика индекса Баевского (LF/HF) и частотных полос: ULF – сверхнизкочастотной, LF – низкочастотной и HF – высокочастотной, в спектре мощности флуктуаций кардиоинтервалов в фоновой записи ЭКГ в простом и мотивационном АЭ

Признаки		ЭКГ-фон	Простой АЭ	Мотивационный АЭ
Группа 1	ULF	0.23 ± 0.04	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.02
	LF	0.26 ± 0.03	0.33 ± 0.03	0.35 ± 0.02
	HF	0.51 ± 0.05	0.49 ± 0.04	0.47 ± 0.04
	LF/HF	0.60 ± 0.10	0.70 ± 0.11	0.77 ± 0.09
Группа 2	ULF	0.19 ± 0.06	0.15 ± 0.02	0.18 ± 0.02
	LF	0.30 ± 0.03	0.36 ± 0.02	0.37 ± 0.03
	HF	0.51 ± 0.11	0.49 ± 0.03	0.45 ± 0.04
	LF/HF	0.76 ± 0.17	0.81 ± 0.10	0.96 ± 0.15

отрицательная величина фрактального индекса (в теории динамических фракталов это связывают с особыми неустойчивыми режимами функционирования сложных систем). В ситуации выполнения вербальных тестов количество детей указанной группы с отрицательными значениями  $\beta$  остается незначительным: в простом АЭ – двое, в мотивационном – один. Группа дошкольников, для которой будущая награда оказалась отрицательно влияющей на интеллектуальную продуктивность, отличается большим числом испытуемых с отрицательными величинами фрактального индекса: в фоновой регистрации таких детей трое, в простом АЭ эта цифра уменьшается до одного, а в мотивационном, наименее успешном для этих дошкольников АЭ, наблюдается увеличение носителей такой формы управления деятельностью сердечно-сосудистой системы (ССС) до шести человек. В связи с этим усреднение абсолютного значения  $\beta$  было проведено отдельно для отрицательных и положительных величин.

Анализ динамики конкретных значений фрактального индекса (табл. 4) позволил обнаружить различный характер изменения этого важнейшего в теории самоорганизованной критичности по-

казателя [5, 17] в рассматриваемых группах дошкольников.

Эти группы различаются прежде всего фоновыми (стартовыми) значениями фрактального индекса, который у детей с положительным влиянием мотива в 1.5 раза выше по абсолютной величине и приближается к нормативному значению взрослых [12]. Оценка достоверности отличий величины  $\beta$  в фоне с помощью критерия Манна-Уитни не дает оснований для утверждения о достоверном характере этого различия ( $U$  эм. = 48,  $U$  табл. = 46,  $P \leq 0.05$ ). В ситуации относительно неуспешной интеллектуальной активности детей 1-й группы этот показатель снижается, а под положительным влиянием внешней награды почти возвращается к исходно высокому уровню.

Группа дошкольников с негативным воздействием внешнего мотива характеризуется прямо пропорциональным ростом положительной величины  $\beta$  от фона к мотивационному эксперименту. Однако максимальное значение фрактального индекса у них сопрягается не с улучшением, а ухудшением выполнения АЭ. Отрицательные значения фрактального индекса в данной группе уменьшаются по частоте встречаемости в простом АЭ, в котором показатель выполнения АЭ (К/К) максимален. В мотивационном АЭ, результаты которого у этих детей плохие, абсолютная отрицательная величина среднегруппового  $\beta$  уменьшается по сравнению с фоновой записью ЭКГ при возрастании частоты встречаемости.

В отличие от фрактального индекса  $\beta$ , динамика которого различна в двух рассматриваемых группах, удельная представленность различных частотных полос в спектре мощности флуктуаций RR-интервала имеет общий характер (табл. 5).

Обращает на себя внимание перераспределение удельной выраженности частотных полос в спектре мощности флуктуаций RR-интервалов в ситуации интеллектуальной нагрузки по сравнению с фоновой записью: уменьшается вклад ULF и HF при увеличении удельной представленности LF. Отличаются группы дошкольников по выраженности низкочастотного диапазона (LF), который у детей 2-й группы более представлен. Эти различия формируют разную величину индекса вегетативного баланса по Баевскому, который у детей с негативным влиянием мотива имеет большую величину во всех вариантах регистрации ЭКГ. Максимальные различия по этому показателю зафиксированы в мотивационной серии, которые, однако, не достоверны ( $U$  эм. = 91,  $U$  табл. = 66 при  $P \leq 0.05$ ).

Представляет интерес небольшая группа дошкольников в пять человек, которая под влиянием внешнего мотива не изменяет эффективности своей интеллектуальной деятельности.

Таблица 6. Изменение психофизиологических показателей в разных сериях у детей, не реагирующих на внешний мотив

Признаки	ФОН	Простой АЭ	Мотивационный АЭ	Выход
КГР (мкА)	160.8 ± 33.1	176.4 ± 30.2	170.0 ± 27.8	150.8 ± 32.6
RR (мс)	672.4 ± 26.6	678.2 ± 30.2	668.4 ± 32.6	
CO RR (мс)	58.7 ± 6.5/1.12	53.8 ± 6.2/1.03	51.8 ± 9.8/0.99	
β	+0.57 ± 0.23	+0.84 ± 0.25	+0.63 ± 0.04/-0.3 ± 0.22	

Следует сразу же отметить, что в этой группе оказались самые интеллектуально развитые дошкольники. Уровень выполнения АЭ самый высокий: К/К в простом и мотивационном АЭ постоянен и равен  $87.4 \pm 7.4\%$ , невербальный и общий интеллект также достаточно высок ( $78 \pm 4.6$  баллов в сравнении с  $73.9 \pm 4.2$  баллами 1-й группы).

Предельно эффективное выполнение интеллектуальных заданий протекает на фоне специфической для этих детей динамики КГР, значения которой во всех замерах больше, чем у детей 2-й группы, и во всех сериях измерений, за исключением входного замера, выше, чем у детей 1-й группы. Максимальные отличия между среднегрупповыми величинами КГР этих дошкольников были получены в сравнении с детьми 2-й группы в простом АЭ ( $176.4 \pm 30.2$  и  $153.6 \pm 11.0$ ), которые, однако, оказались недостоверными ( $U$  эм. = 47,  $U$  табл. = 16 при  $P \leq 0.05$ ). Сводные данные по группе дошкольников с устойчивым выполнением интеллектуальных заданий приведены в табл. 6.

Увеличение кожного тока в интеллектуальной задаче без дополнительного мотивационного воздействия ( $160.8$  мкА до  $176.4$  мкА) сопровождается уменьшением СО флуктуаций кардиоинтервала (см. табл. 6), как у дошкольников 1-й группы, и возрастанием фрактального индекса, как у детей 2-й группы. Сохранение высокой эффективности интеллектуальной деятельности в ситуации введения внешней награды у детей этой группы происходит на базе своеобразных психофизиологических проявлений: СО еще более падает, при этом уменьшается величина положительного фрактального индекса и появляются отрицательные значения β, что не наблюдалось ни в одной группе детей.

Сохранение высокой интеллектуальной активности у этих дошкольников происходит при относительно высоких значениях индекса вегетативного баланса ( $0.86 \pm 0.48$  в фоне;  $0.69 \pm 0.17$  в простом АЭ;  $0.82 \pm 0.21$  в мотивационном АЭ), что связано, вероятно, с высокой активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы. В ситуации введения внешнего мотива, что приводит к ухудшению ФС, но не снижает интеллектуальной продуктивности, возрастает активность симпатического звена нервной системы за счет сокращения удельного вклада ULF и HF.

Этот факт можно интерпретировать как проявление мобилизационных процессов.

Анализ психофизиологических характеристик подтвердил своеобразие этой, третьей, самой малочисленной группы дошкольников, которые имеют смешанные признаки, характерные для детей двух представленных ранее групп.

Итак, наши результаты позволяют утверждать, что достижение высокой эффективности интеллектуальной деятельности в вербально-логической форме возможно на основании различных мотивационных систем. Первая основывается на мотивационном комплексе, сформированном до начала выполнения вербального теста и включающем в себя мотивацию познания, самоутверждения и общения. Этот мотивационный комплекс достаточен для обеспечения продуктивного процесса мышления у детей с определенным индивидуальным типом, так как дети 2-й группы лучше работают без дополнительного внешнего воздействия – награды. Возможно, этот же мотивационный комплекс определяет более высокие значения выполнения теста Равена ( $80.4 \pm 12.2$  по сравнению с  $73.9 \pm 13.8$  баллов) у детей 2-й группы по сравнению с дошкольниками, улучшающими свои показатели вербальной продуктивности в ситуации внешней награды.

Второй способ достижения высоких результатов формируется на основе включения в исходный уже существующий мотивационный комплекс, с которым дети входят в эксперимент, внешнего опредмеченного мотива – награды за будущий успех в виде конфет. Следует отметить, что у дошкольников, чей мотивационный комплекс легко дополняется этим мотивом, исходный уровень развития вербального интеллекта достоверно ниже, чем у их сверстников с иной мотивационной динамикой.

В основе обнаруженных различных способов влияния внешнего мотива на эффективность интеллектуальной деятельности находятся психофизиологические механизмы, возможно, типологически обусловленные. Положительное воздействие внешнего мотива проявляется у тех детей, для которых характерно более высокое входное энергетическое обеспечение деятельности и поведения. Эти дошкольники, вероятно, более активированы, они легко тратят свой запас нервно-психической энергии, так как падение показате-

лей КГР у детей 1-й группы в простом АЭ по сравнению с входным значением 14.4 мкА, тогда как у детей 2-й группы эта величина всего лишь 5.6 мкА.

Стохастические показатели вариационной электрокардиографии детей 1-й группы свидетельствуют о достаточной зрелости их нервно-психических регуляционных процессов, если судить об этом по большой близости величины фрактального индекса  $\beta$  в фоновой записи (0.92) к аналогичным показателям выборки взрослых, рассматриваемых в работе Н.И. Музалевской и В.М. Урицкого [12] и равных  $1.0 \pm 0.2$ . Улучшение интеллектуальной деятельности этих дошкольников под воздействием внешнего мотива осуществляется при незначительном возрастании частоты пульса и увеличении СО флуктуаций кардиоинтервалов, а также росте фрактального индекса.

Отрицательное воздействие внешнего мотива на интеллектуальную деятельность характерно для детей, чьи фоновые значения КГР относительно невелики и мало реактивны к изменениям формы деятельности. Создается впечатление о некотором снижении общего уровня активированности по сравнению с детьми 1-й группы, проявляющейся на фоне большей выраженности активности симпатического отдела нервной системы. Дальнейшее усиление активности этого отдела в последней серии при введении внешней награды сопровождается максимальным возрастанием индекса Баевского и приводит к ухудшению результатов вербальной деятельности.

Ухудшение интеллектуальной деятельности сопряжено с возрастанием фрактального индекса у большей части детей 2-й группы и увеличением числа дошкольников с отрицательными показателями  $\beta$  на фоне практической неизменности среднегрупповой величины СО.

Таким образом, можно заключить, что позитивное воздействие внешнего мотива на продуктивность интеллектуальной деятельности приводит к однонаправленным изменениям основных стохастических показателей спектра флуктуаций кардиоинтервалов в сторону их возрастания, что свидетельствует о достижении оптимального ФС.

В связи с этим возникает вопрос о природе обнаруженных, как мы полагаем, типологически обусловленных различий между детьми 1-й и 2-й групп, среди которых ключевым является противоположное влияние внешнего мотива на поведенческие характеристики – эффективность интеллектуальной деятельности и ее сопровождающие психофизиологические показатели. Можно высказать предположение о том, что дети, улучшающие свои результаты на фоне оптимизации ФС под влиянием внешнего мотива, относятся к типу с выраженным экстравертным радикалом, так как для экстравертов типична высокая реак-

тивность на внешние стимулы, которая усиливается, если стимулы имеют субъективную значимость. По литературным сведениям, дополнительное мотивационное воздействие улучшает ФС коры больших полушарий, особенно лобных отделов, занятых в вербальной интеллектуальной деятельности, что согласуется с представлениями Г. Айзенка и его последователей о природе экстраверсии [13, 17, 19].

Дошкольники с противоположными характеристиками, с относительно высоким интеллектом и негативной реакцией на внешнее мотивационное воздействие, – это скорее всего дети с выраженным интровертным радикалом. Согласно результатам, полученным в электрофизиологических экспериментах [10, 23], дополнительная стимуляция исходно достаточно активированной коры переводит ее в неоптимальное функциональное состояние.

Безусловно, эти различия между двумя группами детей могут объясняться различиями в степени зрелости нервно-психических регуляторных процессов, которая, как показывают наши данные, выше у детей экстравертного типа. Причина этого, возможно, кроется в интенсивности общения дошкольников с экстравертным радикалом, на огромную роль которого в нервно-психическом развитии детей указывала в своих работах М.Г. Лисина [11].

Самая малочисленная группа детей с устойчивыми реакциями на введение в экспериментальную ситуацию внешнего мотива, ЭКГ и КГР которых имеет динамику смешанного типа, вероятно, проявляет черты, совмещающие экстравертные и интровертные свойства, что составляет психофизиологическую базу личности амбивертного типа.

## ВЫВОДЫ

1. Эффективность вербально-логической интеллектуальной деятельности старших дошкольников по-разному связана с введением в экспериментальную ситуацию дополнительного внешнего мотива. Выборка, состоящая из 34 детей, по этому признаку может быть разделена на три группы: 1-я – 14 человек улучшают показатели выполнения АЭ; 2-я – 15 детей ухудшают эффективность интеллектуальной деятельности, 3-я – 5 человек характеризуются стабильными и самыми высокими результатами выполнения АЭ.

2. Улучшение результатов выполнения АЭ под влиянием внешнего мотива сопровождается оптимизацией ФС, признаками которой являются относительно высокие положительные значения фрактального индекса  $\beta$  и увеличение СО флуктуаций кардиоритма. Для этих детей типично высокое значение входной КГР и более частый пульс во всех сериях эксперимента.

3. Ухудшение эффективности интеллектуальной деятельности под влиянием внешнего мотива типично для детей с относительно небольшими значениями КГР и более медленным пульсом, относительно небольшими значениями фрактального индекса. Ухудшение результатов АЭ под влиянием внешнего мотива сопровождается отсутствием увеличения СО флуктуаций кардиоинтервала и появлением у части детей отрицательных значений фрактального индекса, что отражает ухудшение ФС.

4. Дети, у которых эффективность интеллектуальной деятельности не зависит от внешнего мотива, отличаются смешанными психофизиологическими свойствами, а также специфическими чертами мобилизационных процессов при выполнении мотивационного АЭ: возрастанием КГР по сравнению с исходными значениями, уменьшением фрактального индекса  $\beta$  и СО, а также возрастанием вклада симпатической нервной системы.

Результаты исследования позволяют предположить существование типологически обусловленных реакций детей на внешнее мотивационное воздействие в контексте экстравертных-амбивертных-интровертных индивидуальных типов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Божович Л.И.* Личность и ее формирование в детском возрасте. М., 1968.
2. *Выготский Л.С.* Избранные психологические исследования. М., 1956.
3. *Гарбузов В.И.* Практическая психотерапия. СПб., 1994.
4. *Данилова Н.Н., Астафьев С.Г.* Изменение вариабельности сердечного ритма при информационных нагрузках // ЖВНД. 1999. Т. 49. № 1. С. 28–37.
5. *Жемайтите Д., Варонецкая Г., Жилукае Г.* Автономный контроль сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца в зависимости от сопутствующей патологии или осложнений // Физиология человека. 1999. Т. 25. № 3. С. 79–90.
6. *Зинченко В.П., Моргунов Е.Б.* Человек развивающийся. Очерки российской психологии. М., 1994.
7. *Каменская В.Г.* Время в синергетике и как атрибут работы мозга // Синергетика и психология: Материалы круглого стола. СПб., 1997. С. 65–73.
8. *Каменская В.Г.* Психологическая защита и мотивация в структуре конфликта. СПб., 1999.
9. *Каменская В.Г., Клопова В.И.* Авторская технология психолого-медико-педагогического сопровождения дошкольника: Решение комитета по образованию СПб. от 08.02.1999 за № 170 УД.
10. *Каменская В.Г., Томанов Л.В., Рахуба И.В.* Отражение частоты заполнения тонального стимула в усредненных вызванных потенциалах мозга // Физиология человека. 1986. Т. 12. С. 380–386.
11. *Лисина М.И.* Проблемы онтогенеза общения. М., 1986.
12. *Музалевская Н.И., Урицкий В.М.* Стохастические методы функциональной диагностики и коррекции в медицине // Телемедицина: новые информационные технологии на пороге. XXI в. СПб., 1998. С. 209–243.
13. *Павлова Л.П., Криво В.М.* Психофизиологические исследования экстраверсии-интроверсии // Физиология человека. 1977. Т. 1. С. 45–53.
14. *Петровский А.В., Ярошевский М.Г.* Основы теоретической психологии. М., 1998.
15. *Урицкий В.М., Музалевская Н.И.* Фрактальные структуры и процессы в биологии // Биомедицинская информатика. СПб., 1995. С. 84–129.
16. *Фрейд З.* Лекции по введению в психоанализ. М., 1989.
17. *Bak P., Tang C., Wiesenfeld K.* Self-organized critically: an explanation of 1/f noise // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 59. № 4. P. 381–384.
18. *Eysenk H., Eysenk M.W.* Personality and individual differences. A natural science Approach. N.Y.; L., 1985. P. 424.
19. *Gilbert B.* Physiological and nonverbal correlates of extraversion, neurotism and psychotism during active and passive coping // Pers. and indiv. diff. 1991. V. 12. № 12. P. 1325–1333.
20. *Lowen S.B., Teich M.C.* Estimation and simulation of fractal stochastic point process // Fractals. 1995. V. 3. № 1. P. 183–200.
21. *Musha T., Yamamoto M.* 1/f-like fluctuations, biological rhythm // Proc. 13th Int. Cong. of Noise in Physical Systems and 1/f Fluctuations. Syngapore, 1995. P. 22–31.
22. *Nakanishi A., Tbabta R., Kobayashy T.* Effect of aging and diseases to fluctuation of ECG RR-intervals // Proc. 11th Conf. on Noese in Physical Systems and 1/f Fluctuation. Tolyo, 1991. P. 699–704.
23. *Stelmack M., Wilson K.* Extraversion and the effects of Frequency and Intenstity on the brainsteram evoked potentials // Pers. and iniv. diff. 1982. V. 3. P. 373–380.

## DIFFERENTIAL PSYCHOPHYSIOLOGICAL SYMPTOMS OF MOTIVATIONAL INFLUENCES ON THE INTELLECTUAL ACTIVITY EFFICACY IN PRESCHOOL CHILDREN

**V. G. Kamenskaya\***, **S. V. Zvereva\*\***, **N. I. Muzalevskaya\*\*\***, **L. V. Tomanov\*\*\*\***

*\*Dr. sci. (psychology), prof., head of the chair of psychophysiology of a child, A.I. Gertzen RSPU, St.-Petersburg*

*\*\*Cand. sci. (psychology), docent of the same chair*

*\*\*\*Cand. sci. (biology), leading res. ass., Russian Center for Coordination of Basic and Applied Medical Researches,  
St.-Petersburg State University*

*\*\*\*\*Cand. sci. (psychology), docent of the chair of psychophysiology of a child, A.I. Gertzen RSPU, St.-Petersburg*

There was investigated the influence of motivational complex on efficacy of intellectual activity of children (6–7 years old) measured in directed associative experiment. Three groups of children ( $n = 34$ ) were distinguished in the study: (1) children which improved results after introducing of external motivation (reward for future success); (2) which made worse results; (3) which didn't change results.

Three groups of Ss have different complexes of psychophysiological symptoms including indices of GSR and ECG recorded in the course of verbal activity. High verbal efficiency was correlated both with the indices of GSR and stochastic parameters of ECG as well as with the functional state mobilization. The data obtained is explained in terms of child's extraversion as a typological determinant.

*Key words:* intellectual activity, motivation, regulation of cardio-vascular system, stochastic parameters of regulation, fractal index.