

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ У ДЕТЕЙ 10-11 ЛЕТ

А.С. Горев¹

ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Проведено исследование способности школьников в возрасте 10-11 лет к произвольной регуляции функционального состояния (релаксация). Показано, что даже неглубокая релаксация оказывает позитивное влияние на функциональное состояние ЦНС, что проявляется в улучшении в пострелаксационном состоянии произвольного внимания и кратковременной памяти.

Организация биоэлектрической активности коры головного мозга при произвольном внимании на пострелаксационном фоне (по сравнению с дорелаксационным) характеризуется изменениями в высокочастотном диапазоне альфа-полосы ЭЭГ: повышением уровня когерентности по связям лобных отделов коры мозга с каудальными областями и усилением кортико-кортикальных связей с фокусом в нижневисочной области левого полушария.

Ключевые слова: функциональное состояние, релаксация, ЭЭГ, возрастные особенности, произвольное внимание, кратковременная память.

Age-specific neurophysiological basis of voluntary regulation of functional state in children aged 10-11 years old. *We studied the ability to control the functional state (relaxation) in schoolchildren aged 10-11. It was shown that even a slight relaxation can positively affect the functional state of the central nervous system resulting in the improvement of voluntary attention and short-term memory during the post relaxation period. During the post relaxation period (as compared to prior to relaxation) when performing the voluntary attention task, the bioelectric activity of the brain cortex changes in high frequency EEG alpha-range: there is an increase in the coherence of the frontal and caudal regions and strengthening of the cortico-cortical connectivity between the central areas focused on the left hemisphere inferior temporal region.*

Keywords: functional state, relaxation, EEG, age specificity, voluntary attention, short-term memory.

Успешность когнитивной деятельности во многом определяется состоянием психофизиологических функций, в частности памяти и внимания, в особенности произвольного. Последние в значительной степени зависят от текущего функционального состояния человека [8]. Отсюда следует, что методы позволяющие тем или иным путем оптимизировать функциональное состояние будут способствовать повышению эффективности когнитивной деятельности.

В этом плане интерес представляет использование релаксационных методик. Как показано в психофизиологических исследованиях, в состоянии релаксации резко интенсифицируются процессы восстановления функциональных ресурсов мозга, что создает предпосылки для оптимизации работы всех его систем [6]. Эти

Контакты: ¹ Горев А.С. - E-mail: <asgorev@rambler.ru>

процессы являются физиологической основой эффекта пострелаксационного улучшения психофизиологических функций – произвольного внимания и кратковременной памяти [21].

Выше изложенное определяет существующий интерес к изучению возможностей использования состояния релаксации для повышения психофизиологических ресурсов ребенка и соответственно повышения продуктивности его когнитивной деятельности. Особенно актуальным представляется проведение подобного рода исследований в возрастном аспекте, поскольку они открывают подход к созданию физиологически-ориентированных технологий направленных на повышение эффективности школьного обучения.

Согласно данным физиологических исследований период 7-10 лет является этапом неуклонного улучшения психофизиологических функций ребенка [12]. Проведенные нами ранее исследования показали, что в этот период совершенствуется и система регуляции функционального состояния, определяющего эффективность произвольной релаксации. Это находит отражение в определенной тенденции – рост с возрастом числа детей с характерными для состояния релаксации сдвигами по вегетативным и ЭЭГ-показателям [5]. В условиях неглубокой релаксации эти сдвиги характеризуются снижением вегетативного напряжения (отражается в повышении значения ЭКС, снижении ЭКП) и определенными изменениями в организации электрической активности мозга (отражается в повышении значений функций когерентности по дистантным внутрислоушарным и межполушарным связям в различных частотных диапазонах ЭЭГ).

В подростковом возрасте, в связи с существенными сдвигами в гормональном статусе организма, тенденция к улучшению с возрастом психофизиологического статуса ребенка нарушается. Как показывают физиологические исследования в разгар пубертата отмечается определенная дезорганизация в нейрогормональной регуляции деятельности организма в целом и ЦНС в частности. Признаки этой дезорганизации отмечаются на всех уровнях регуляции: поведенческом, психическом, физиологическом, в том числе нейрофизиологическом [12, 14]. В отношении вегетативных функций связанный с пубертатом изменения изучены достаточно подробно. Возрастные закономерности установлены и в отношении функционирования мозга [12, 13]. Вместе с тем следует отметить, что нейрофизиологические аспекты регуляции функционального состояния мозга детей и подростков изучены далеко не полностью. В особенности это относится к произвольной регуляции функционального состояния и ее влиянию на психофизиологические функции.

Изучению нейрофизиологического обеспечения произвольного внимания посвящено достаточно много исследований [10]. Анализируя теоретические концепции и данные полученные при проведении экспериментальных исследований Р.И. Мачинская приходит к заключению, что нейрофизиологическим механизмом, обеспечивающим организацию функциональных систем, осуществляющих синхронную избирательную модуляцию активности различных зон коры больших полушарий является взаимодействие ритмогенных таламо-корковых структур на уровне неспецифических ядер таламуса, Активность самого таламуса находится под контролем фронто-таламической системы, ключевым звеном которой является префронтальная кора. Ритмогенные структуры таламуса, получая информацию от префронтальных отделов, синхронизируют электрическую активность соответ-

ствующих текущей задаче корковых зон, облегчая их взаимодействие. Последним обстоятельством объясняется высокая информативность изучения «поведения» ритмических составляющих ЭЭГ (с последующим спектрально-корреляционным анализом) для изучения системной организации корковой деятельности.

В ЭЭГ представлены различные ритмические компоненты среди которых наибольшее внимание исследователей привлекает альфа-диапазон (7-13 гц). Известно, что этот диапазон имеют сложный ритмический состав: низко- средне- и высокочастотная ритмические составляющие (соответственно 7-9 гц, 9-11 гц и 11-13 гц), для которых выявлена топографическая неоднородность и функциональная специфичность [10]. Предполагается, что низко- и особенно высокочастотный компоненты связаны с процессами избирательного торможения, тогда как динамика среднечастотного связана с изменениями общего активационного уровня [27]. Традиционно альфа-ритм рассматривался как ритм покоя, однако постепенно существующие представления об альфа-ритме как показателе степени дезактивации мозга, стали дополняться данными об ЭА альфа-диапазона, индуцированной различными видами деятельности. Анализируя литературные данные, Е.Башар приходит к заключению о важной роли альфа-ритма в объединении мозговых структур при различных видах когнитивной или сенсорной деятельности [16]. Р. Мачинская, рассматривая гипотезу о соотношении различных ритмогенных механизмов в процессе обработки информации, высказывает предположение, что «... при произвольном избирательном внимании управляемые ритмогенные альфа-сети формируют основу функциональной системы будущей когнитивной деятельности в соответствии с внутренним планом или инструкцией» [10].

Следует отметить, что имеющееся в литературе большое количество электрофизиологических исследований произвольного внимания, в том числе и в возрастном аспекте, посвящено изучению нейрофизиологического обеспечения когнитивных процессов, осуществляющихся в привычном для человека функциональном состоянии. Вопрос о влиянии на организацию произвольного внимания изменения функционального состояния (релаксация) затрагивался в основном в исследованиях клинической направленности, связанных с разработкой методов коррекции произвольного внимания у детей с синдромом СДВГ [18, 19, 20, 25].

Учитывая имеющиеся в литературе данные о положительных пострелаксационных сдвигах в психофизиологических функциях (произвольное внимание, кратковременная память), проведение онтогенетических исследований, посвященных изучению влияния релаксации на их нейрофизиологическое обеспечение представляется весьма актуальным.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на 32-х школьниках 10-11 лет.

Эксперимент включал четыре экспериментальные ситуации (во всех ситуациях глаза закрыты) (рис. 1).

Первая ситуация - состояние спокойного бодрствования (ССБ). Для стандартизации этого состояния ребенку предлагалась психологическая модель пассивного ожидания. Вторая ситуация – произвольное внимание (ПВ1) при восприятии значимой информации с необходимостью ее запомнить (проба на кратковремен-

ную слухоречевую память). Проведение слухоречевой пробы включало проведение шести последовательных циклов. Каждый цикл начинался с предупреждения "Приготовились ", затем выдерживалась пауза 5 сек. По инструкции испытуемый в это время должен был наилучшим образом настроиться на восприятие слуховых стимулов. Далее зачитывался очередной блок из шести широко употребляемых слов со скоростью 1 слово в 2 сек. (использовалось шесть различных блоков). После зачитывания очередного блока испытуемому предлагалось воспроизвести услышанные слова в любом порядке. Для каждого испытуемого рассчитывалось среднее количество правильно воспроизведенных слов.

С х е м а э к с п е р и м е н т а

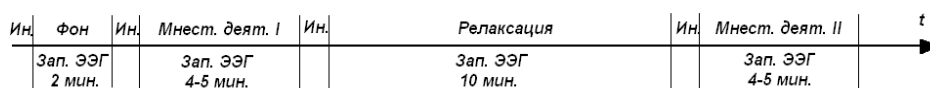


Рис. 1. Схема эксперимента.

Примечания: Ин. – инструкция о действиях испытуемого в предстоящей ситуации; Фон – ситуация спокойного бодрствования (ССБ); Мнестическая деятельность – блок из шести циклов выполнения слухоречевой пробы с предварительной преднастройкой по предупреждающему сигналу – ситуации произвольного внимания (ПВ1 и ПВ2); Релаксация – период релаксационной саморегуляции испытуемого.

Третья ситуация - состояние релаксации (СР). Для погружения в это состояние испытуемому предварительно объясняли простейшие приемы нервно-мышечной релаксации. Для более полного отключения от внешней обстановки и лучшего сосредоточения на собственном внутреннем состоянии использовалось звуковое сопровождение - магнитопись шума морского прибоя. Уровень громкости звукового сигнала подбирался индивидуально и оценивался как субъективно приятный.

Четвертая ситуация – повторение второй ситуации на пострелаксационном фоне (ПВ2). При первом выполнении слухоречевой пробы испытуемому предлагалось вспомнить состояние, в котором он "работает" на уроке с учителем. При повторном (в четвертой ситуации) ребенку предлагалось, не думая о результате, выполнять пробу, по возможности, оставаясь в том состоянии, которого ему удалось достичь в результате релаксационной саморегуляции.

Контроль динамики общего функционального состояния испытуемого в процессе эксперимента осуществлялся по показателю электрокожной проводимости (ЭКП) с помощью прибора БИОС-ИП.

ЭЭГ регистрировали монополярно в затылочных (O1,O2), теменных (P3,P4), нижневисочных (T5,T6), центральных (C3,C4) и лобных (F3,F4) отведениях.

Для обработки в ситуациях (состояниях) ССБ, СР использовалось по десять 5-секундных участков ЭЭГ. При обработке записей ЭЭГ в условиях первой и второй слухоречевой пробы (ситуации ПВ1 и ПВ2) использовались шесть участков ЭЭГ записанных на 5-сек. интервалах от предупреждения «Приготовились» до начала предъявления слухоречевых стимулов. С помощью математического анализа рассчитывали спектральные показатели (СМП) и функции когерентности. Динамика ЭЭГ-показателей анализировалась в трех субдиапазонах альфа-полосы – 7-9, 9-11, 11-13 гц. При анализе индивидуальных ЭЭГ - данных в каждом случае частотное значение доминирующего пика ЭЭГ затылочных областей использовалось для определения положения среднечастотного субдиапазона альфа-полосы, относительно которого далее определялось положение низко- и высокочастотного субдиапазонов. Помимо альфа-полосы анализировался низкочастотный диапазон ЭЭГ – 5,5- 7 гц.

У каждого испытуемого для выделенных субдиапазонов оценивали спектральную плотность мощности (СПМ) ЭЭГ в различных отведениях и когерентность (Ког) между отведениями (внутри и межполушарные связи). Использовался индивидуальный сравнительный статистический анализ по экспериментальным ситуациям (критерий Вилкоксона для сопряженных вариант).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из 32-х школьников, принявших участие в эксперименте, было отобрано 20, у которых отмечалась ЭЭГ характерная для данного возраста без явных признаков функциональной незрелости мозга [2, 11, 13]. Несколько подростков были исключены из анализа на основании субъективного отчета об особенностях их функционального состояния в ходе эксперимента, затрудняющего релаксацию.

Анализ динамики ЭКП параметров

На рисунке 2 представлена динамика ЭКП оставшихся 20-ти испытуемых в ходе последовательной смены экспериментальных ситуаций.

Как показано в психофизиологических исследованиях, изменения величины ЭКП однозначно отражают изменения в уровне общей симпатической активации [15,28]. Как видно из рисунка 2, характер изменений ЭКП при последовательной смене экспериментальных ситуаций отражает изменения в их содержании. Общей тенденцией является повышение уровня ЭКП при переходе от ССБ к ситуации ПВ1, выраженное снижение в СР и его повышение при возобновлении деятельности (ПВ2). Повышение ЭКП в ситуации ПВ1, по-видимому, связано с наличием выраженной реакции (активация) на функциональную нагрузку. Чем больше выражено это повышение, тем менее выраженным относительно фона (ССБ) оказывается снижение ЭКП в ситуации релаксации.

Следует отметить, что при ранжировании субъективных отчетов испытуемых об успешности релаксации по 3-х бальной системе ранговая корреляция с выраженностью релаксационных сдвигов по ЭКП оказалась не очень высокой ($r=0,67$). Как показал анализ индивидуальных данных, это связано с отсутствием «жест-

ких» корреляций между субъективной выраженностью эффекта отдыха и изменениями величины ЭКП.

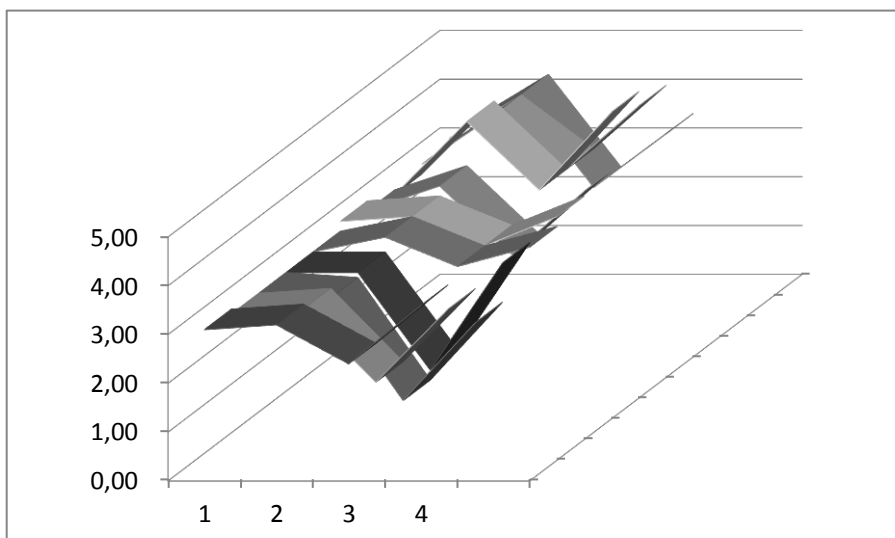


Рис.2. Динамика индивидуальных значений электрокожной проводимости (в усл. ед.) по этапам эксперимента.

Примечание: 1 – состояние спокойного бодрствования; 2 – произвольное внимание в привычном состоянии; 3 – релаксация, 4 – произвольное внимание в пострелаксационном состоянии

Анализ динамики ЭЭГ-параметров

На первом этапе был проведен анализ динамики частотных характеристик ЭЭГ (пиковая частота доминирующего ритма в затылочной области левого полушария) при смене экспериментальных ситуаций (табл. 1).

Таблица 1

Изменения частоты доминирующего ритма при смене экспериментальных ситуаций

Экспер. сит	ССБ	ПВ1	СР	ПВ2
Среднее по группе значение частоты в Гц.	9,3±0,1	9,6±0,1*	9,2±0,1	9,8±0,1**

Примечание: * - увеличение относительно ССБ, $P < 0,05$

** - увеличение относительно ССБ, $P < 0,01$

Как видно из таблицы 1, при смене экспериментальных ситуаций отмечаются закономерные изменения пиковой частоты доминирующего ритма: повышение его частоты в ситуации ПВ1 относительно ситуации ССБ, снижение в ситуации СР и снова повышение в ситуации ПВ2. Само по себе изменение частоты доминирующего ритма при изменении уровня активации вполне закономерно [23]. В данном случае внимания заслуживает то обстоятельство, что при близких значениях частоты в ССБ и СР повышение частоты доминирующего ритма при переходе от СР к ситуации ПВ2 оказывается более выраженным как и само значение частоты в ситуации ПВ2 более высоким по сравнению с ПВ1. Учитывая имеющиеся в литературе данные о наличии положительных корреляций между частотой доминирующего ритма и функциональным состоянием (большей частоте доминирующего ритма соответствует большие возможности оперативной переработки информации, то есть более высокое функциональное состояние [7], полученные результаты можно рассматривать как отражение позитивного влияния СР на функциональное состояние мозга. При этом следует отметить, что если по показателю частоты доминирующего ритма можно говорить о более высоком уровне корковой активации в ситуации ПВ2 по сравнению с ПВ1, то по показателю ЭКП существенных различий между этими ситуациями нет. Если учесть, что рассматриваемые показатели (частота доминирующего ритма и значение ЭКП) характеризуют различные уровни регуляции в нервной системе: а-ритм – центральный, ЭКП – вегетативный, то отмеченный характер динамики этих показателей вполне можно рассматривать как отражение оптимизирующего эффекта релаксации – повышение функционального состояния коры (улучшение психофизиологических функций) без повышения уровня вегетативного напряжения и, как следствие, повышение эффективности когнитивной деятельности без роста ее физиологической стоимости. Этот вывод подтверждается результатами анализа выполнения слухоречевой пробы, которые находятся в прямой зависимости от произвольного внимания и кратковременной памяти. У большинства испытуемых количество правильно воспроизведенных слов после релаксационного "сеанса" в той или иной степени увеличилось, что привело к возрастанию среднегруппового показателя с $4,45 \pm 0,13$ слов до релаксации, до $4,83 \pm 0,11$ ($P < 0,01$) после релаксации.

Интересно отметить, что амплитуда доминирующего ритма (среднечастотная составляющая альфа-полосы) в СР у половины испытуемых оказалась более низкой, чем в ситуации ССБ.

Обычно подобные сдвиги в характере ЭЭГ расцениваются как показатель повышения уровня неспецифической активации. Однако практически у всех испытуемых подобные сдвиги сочетались с динамикой показателя ЭКП, свидетельствующей о снижении при релаксации уровня симпатической активации. Отмеченные обстоятельства указывают на наличие (в отличие от привычного состояния покоя) определенных качественных особенностей состояния неглубокой релаксации: сочетание признаков активации и дезактивации. Это «противоречие» можно объяснить, если проанализировать процесс формирования состояния релаксации. В поведенческом плане в отличие от ССБ формирование релаксационного состояния требует определенной активности. В литературе относительно СР существует точка зрения, что его формирование и поддержание (саморегуляция) вполне можно считать деятельностью, но направленной не на внешний объект, а на собственное функциональное состояние ЦНС [26]. Использование психотехни-

ческих приемов для усиления процессов тормозного контроля при релаксации требует определенного рода активности. С этой активностью, по-видимому, и связано упомянутое выше снижение амплитуды доминирующего ритма, указывающего на повышение уровня корковой активации. Если же рассматривать понятие «активация» как готовность реагировать на внешние стимулы, то релаксация несомненно способствует функциональным сдвигам направленным на ее снижение, что находит отражение в динамике вегетативных показателей.

Картина релаксационных сдвигов по показателям когерентности (СР относительно ССБ) оказалась близкой дефинитивному типу, также как это было показано нами для детей 9-10 лет [4]. Сходными оказались и характер и топографическая картина этих изменений: повышение уровня когерентности по связям переднецентральных отделов с задними корковыми областями в основном в низко- и среднечастотном поддиапазонах альфа-полосы [4,5]. При отмеченном сходстве сдвиги были менее выраженными. Последнее обстоятельство, по-видимому, связано с тем, что в условиях данного эксперимента релаксация проводилась не на фоне ССБ, а после функциональной пробы, требующей умственного напряжения.

При сопоставлении индивидуальных спектров ЭЭГ в ситуациях ПВ1 и ПВ2 с таковыми в исходном ССБ в обеих ситуациях отмечена тенденция к снижению мощности ритмических составляющих ЭЭГ в ситуациях произвольного внимания, что вполне соответствует содержанию этих экспериментальных ситуаций (ситуации преднастройки на восприятие значимой информации). Отмеченное снижение мощности было более выраженным в задних областях, в особенности в затылочных и характерно для всех ритмических составляющих альфа-полосы. Относительно чаще и с большей выраженностью этот эффект проявлялся для среднечастотного альфа-ритма (отмечены у 12 из 20 испытуемых). В большинстве случаев изменения носили симметричный по полушариям характер. Только в отдельных случаях отмечена их большая выраженность в левом полушарии. По сравнению с ПВ1 (до релаксации) в ситуации ПВ2 (после релаксации) отмечалось либо близкое к ПВ1 значение, либо более низкое значение.

Существенно большие различия между ситуациями ПВ1 и ПВ2 удалось выявить при анализе показателей когерентности. Анализ индивидуальных данных по изменениям Ког-показателей при переходе к ситуациям ПВ1 и ПВ2 показал, что при наличии выраженной индивидуальной вариативности в топографии значимых сдвигов наибольшая частота встречаемости характерна для дистантных внутриполушарных и межполушарных связей.

Как видно из рисунка 3, в обеих ситуациях ПВ1 и ПВ2 отмечается повышение уровня когерентности по дистантным связям однако частота встречаемости этих изменений оказывается различной: в ситуации ПВ2 повышение выражено в большем количестве случаев.

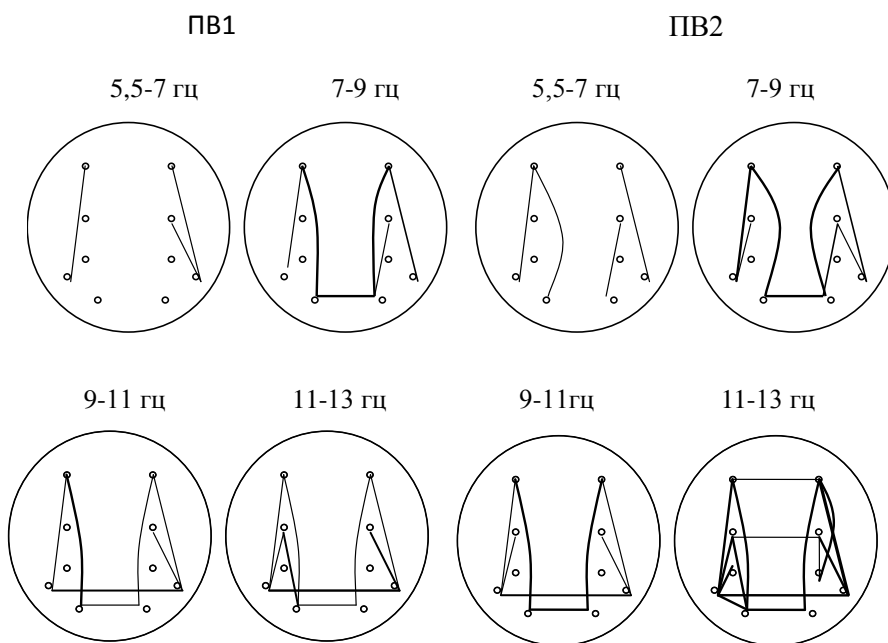


Рис. 3 Частота встречаемости и топография межцентральных связей, для которых отмечается повышение (относительно спокойного бодрствования) уровня когерентности в ситуации преднастройки на прослушивание и удержание в памяти слуховых стимулов до (ПВ1) и после (ПВ2) релаксации.

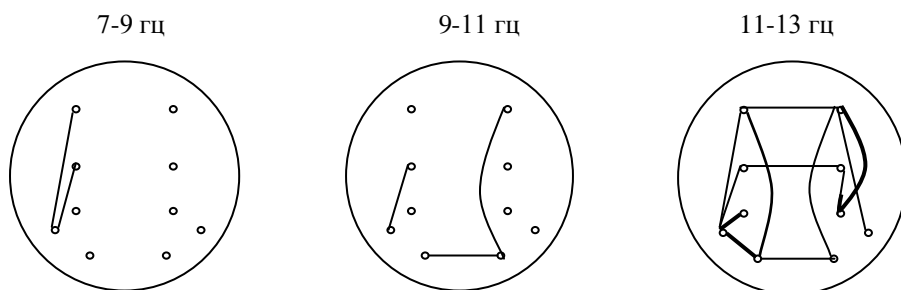
— повышение уровня когерентности более чем в 20% случаев,
 — повышение уровня когерентности более чем в 40% случаев.

Как показывает частотный анализ, в обеих ситуациях повышение уровня когерентности отмечается во всех исследуемых субдиапазонах. При этом в ситуации ПВ2 представленность случаев повышения больше и когерентность повышается по большему числу связей с образованием фокусов в лобных областях и левой нижневисочной области. Особенно в этом плане выделяется высокочастотный субдиапазон альфа-полосы.

На рис. 4 представлены результаты сравнительного анализа представленности изменений показателей когерентности ритмических составляющих альфа-диапазона в ситуациях ПВ1 и ПВ2 (произвольное внимание до и после релаксации).

На этом рисунке особенно четко выявляется различие между ситуациями ПВ1 и ПВ – наличие пострелаксационных изменений в высокочастотном диапазоне и

появление в нем в ситуации ПВ2 фокусов связей в лобных областях и в левой нижневисочной области.



*Рис 4. Топография межцентральных связей, по которым частота встречаемости повышения уровня когерентности в состоянии произвольного внимания после релаксации (ПВ2) выше чем в до релаксации (ПВ1).
 — повышение частоты встречаемости более чем на 20 %, — повышение частоты встречаемости более чем на 40 %.*

Таким образом и сопоставление функциональных изменений при переходе от ситуации ССБ к ситуациям ПВ1 и ПВ2 и сравнительный анализ ситуаций ПВ1 и ПВ2 указывает на функциональную значимость для организации произвольного внимания высокочастотного субдиапазона альфа-полосы. То есть отмеченное выше повышение после релаксации эффективности произвольного запоминания слов оказывается сопряженным со значимым пострелаксационным изменением в уровне когерентности по различным межцентральным связям высокочастотной ритмической составляющей альфа-ритма.

Принимая во внимание известные из литературы данные о функциональной специфике высокочастотной ритмической составляющей альфа-полосы [23, 27] можно предположить, что выявленный в ситуации ПВ2 эффект связан с повышением в пострелаксационном состоянии эффективности функционирования механизмов локальной избирательной активации коры больших полушарий.

Анализ топографии значимых изменений в уровне когерентности различных ритмических составляющих ЭЭГ в связи с изменением функционального состояния ЦНС показывает, что формирование состояния преднастройки на восприятие значимых стимулов у школьников 10-11 лет сопровождается сложной перестройкой межцентральных отношений корковых структур. При этом выявляется особая роль переднецентральных, в частности, лобных областей. Это обстоятельство хорошо согласуется с данными нейропсихологических и нейрофизиологических исследований, указывающих на ключевую роль фронтального неокортекса в системе регуляции корковой активации [1, 9, 24]. Об этом свидетельствуют и результаты электрофизиологических исследований, согласно которым именно лобным областям принадлежит ведущая роль в организации дистантных связей фронтального неокортекса с задними корковыми областями [29].

Следует отметить, что наряду с лобными, функционально значимой оказалась левая нижневисочная область. Известно, что нижневисочная область, как и фронтальный неокортекс, относятся к числу наиболее молодых корковых формаций, с деятельностью которых связываются наиболее сложные формы поведения. В первую очередь с их участием формируются так называемые гибкие звенья рабочих мозговых систем [3]. Согласно данным экспериментальных исследований нижневисочные области являются одними из основных зон мозга куда адресуются сигналы из лобных областей [25]. В свою очередь нижневисочные зоны также посылают свои аксоны к лобным областям [17]. В этом плане заслуживает внимание выявленный факт, что связи с фокусом в левой нижневисочной области (в особенности с левой лобной областью) в ситуации произвольного внимания выявились только на пострелаксационном фоне (ПВ2). С учетом результатов поведенческого эксперимента (улучшение запоминания) активацию этой системы межцентральных связей можно рассматривать как отражение позитивных изменений в функциональном состоянии ЦНС и соответственно в когнитивном функционировании мозга (организация произвольного внимания).

ВЫВОДЫ

1. В возрасте 10-11 выявлено позитивное влияние релаксации на когнитивные процессы в пострелаксационном состоянии, что проявляется в улучшении произвольного внимания и кратковременной памяти.

2. Установлена способность к достаточно эффективной близкой к дефинитивному типу произвольной регуляции функционального состояния (релаксация) с характерными сдвигами по вегетативным (снижение ЭКП) и центральным показателям (повышение уровня когерентности по дистантным связям).

3. Результаты сравнительного анализа электрофизиологических показателей в ситуациях произвольного внимания до и после релаксации указывают на наличие определенных изменений в организации произвольного внимания на пострелаксационном фоне, на функциональную значимость высокочастотного субдиапазона альфа-полосы ЭЭГ (большая частота встречаемости повышения когерентности по дистантным связям с образованием фокусов в лобных областях и в левой нижневисочной области).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батуев А.С. Высшие интегративные системы мозга. – Л., Наука, 1981. – 252 с.

2. Безруких М.М. Комплексная методика диагностики познавательного развития детей дошкольного возраста и первоклассников: методическое пособие / М.М. Безруких, Е.И. Логинова, Р.И. Мачинская, О.А. Семенова, Т.А. Филиппова. – М.: МГПИ, 2006. – 124 с.

3. Бехтерева Н.П. Здоровый и больной мозг человека. – Л.: Наука, 1988. – 260 с.

4. Горев А.С. Динамика ритмических составляющих ЭЭГ в условиях релаксации у школьников 9-10 лет с различной успешностью обучения // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 6. – С. 42.

5. Горев А.С. Влияние кратковременной релаксации на организацию биоэлектрической активности мозга в состоянии спокойного бодрствования у младших школьников // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 5. – С. 30.

6. Гримак Л.П. Психология активности. Психологические механизмы и приемы саморегуляции. – М., Изд-во Либроком, 2010. – 378 с.

7. Забродин Ю.М. Лебедев А.Н. Психофизиология и психофизика. – М., Наука, 1977. – 288 с.

8. Лукашевич И.П., Мачинская Р.И., Фишман М.Н. Диагностика функционального состояния мозга детей младшего школьного возраста с трудностями обучения // Физиология человека. – 1994. – т. 20, № 5. – С. 34.

9. Лурия А.Р. Функциональная организация мозга // Естественно-научные основы психологии / под ред. А.А. Смирнова, А.Р. Лурия, В.Д. Небылицына. – М., 1978. – С. 120.

10. Мачинская Р.И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания: аналитический обзор // ЖВНД. – 2003 – т. 53, № 2. – С. 133- 150.

11. Мачинская Р.И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста // Физиология человека. – 2006. – т. 32, № 1. – С. 26-36.

12. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М., Изд-во МПСИ, Воронеж, 2009. – 432 с.

13. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л.: Наука, 1990. – 177 с.

14. Физиология подростка / под ред. Д.А. Фарбер. – М., Просвещение, 1988. – 204 с.

15. Хэссет Дж. Введение в психофизиологию. – М.: Мир, 1981. – 228 с.

16. Basar E., Demiralp T., Schurmann M., Basar Eroglu C. et.al. Oscillatory brain dynamics, wavelet analysis, and cognition // Brain and Lang. – 1999. – V. 66. – P. 146-183.

17. Burman K. J., Reser D. H., Yu H.-H., Rosa M. G. P. Cortical input to the frontal pole of the marmoset monkey // Cereb. Cortex. – 2011. – v. 21, № 8. – P. 1712.

18. Cho BH, Kim S, Shin DI, Lee JH, Lee SM, Kim IY, Kim SI. Neurofeedback training with virtual reality for inattention and impulsiveness // Cyberpsychol. Behav. – 2004. – v. 7, № 5. – P. 519-26.

19. Egner T, Gruzelier JH. Learned self-regulation of EEG frequency components affects attention and event-related brain potentials in humans // Neuroreport. – 2001. – v. 21, № 12. – P. 4155.

20. Kropotov JD, Grin-Yatsenko VA, Ponomarev VA, Chutko LS, Yakovenko EA, Nikishena IS. ERPs correlates of EEG relative beta training in ADHD children // Psychophysiol. – 2005. – V. 55, № 1. – P. 23-34.

21. Lindsay WR, Morrison FM The effects of behavioural relaxation on cognitive performance in adults with severe intellectual disabilities // J. Intellect Disabil Res. – 1996. – v. 40 (Pt 4). – P. 285-90.

22. Lubar JF, Swartwood MO, Swartwood JN, O'Donnell PH Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in T.O.V.A.scores, behavioral ratings, and WISC-R performance. // Biofeedback Self Regul. – 1995. – v. 20, № 1. – P. 83-99.

23. Osaka M., Peak alpha frequency of EEG during a mental task: task difficulty and hemispheric differences // *Psychophysiol.* – 1984. – v. 21. – P. 101,
24. Pribram K.H. The frontal cortex as executive processor: proprieties, priorities and practical inference // *Downward Proctss in the Perception Representation Mechanisms* (Eds.i-Ferreti Cl. and Musio K.). – Singapore, New-Jersey, London, Hong-Kong.: World Scientific, 1998. – P. 546.
25. Petrides M., Pandya D.N. Association pathways of the prefrontal cortex and functional observations. *Principles of Frontal Lobe Function.* (Eds: Stuss D.T., Knight R.T.) – New York: Oxford University Press, 2002. – P. 31.
26. Sebastiani L, Simoni A, Gemignani A, Ghelarducci B, Santarcangelo EL. Relaxation as a cognitive task // *Arch Ital Biol.* – 2005. – v. 143, № 1. – P. 1-8.
27. Sheferd R., Gale a. EEG correlates of hemispheric differences during a rapid calculation task // *Brit. J.Psychol.* – 1982. – v. 73. – P. 73.
28. Steptoe A., Greer K. Relaxation and skin conductance feedback in the control of reactions to cognitive Tasks // *Biol Psychol.* – 1980. – v. 10, № 2. – P. 127.
29. Wang G, Takigawa M., Matsushita T. Correlation of alpha-activity between the frontal and occipital cortex // *Japanize journal of physiology.* – 1992. – v. 42, № 1. – P. 1.