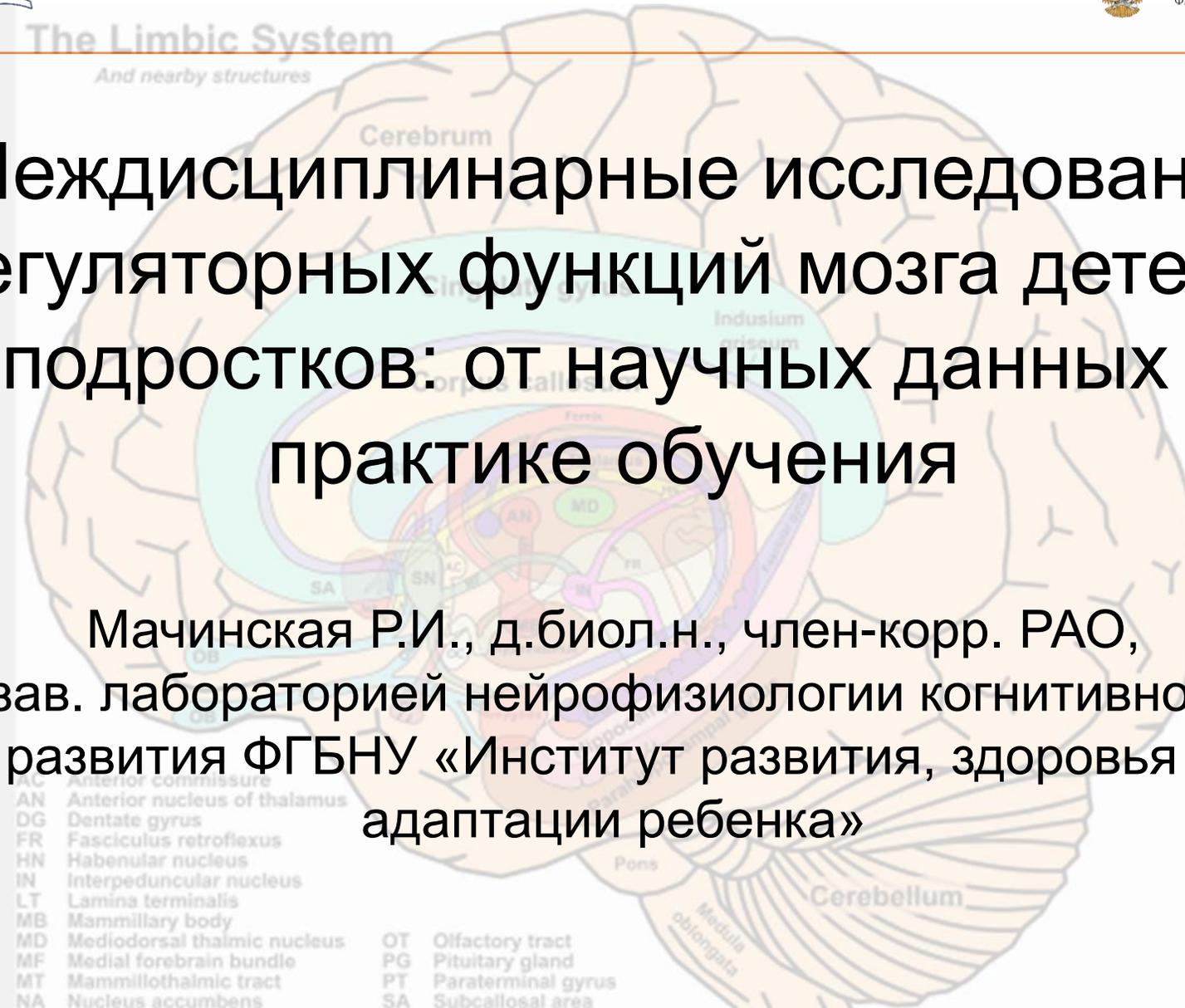


# Междисциплинарные исследования регуляторных функций мозга детей и подростков: от научных данных к практике обучения

Мачинская Р.И., д.биол.н., член-корр. РАО,  
зав. лабораторией нейрофизиологии когнитивного  
развития ФГБНУ «Институт развития, здоровья и  
адаптации ребенка»

The Limbic System  
And nearby structures

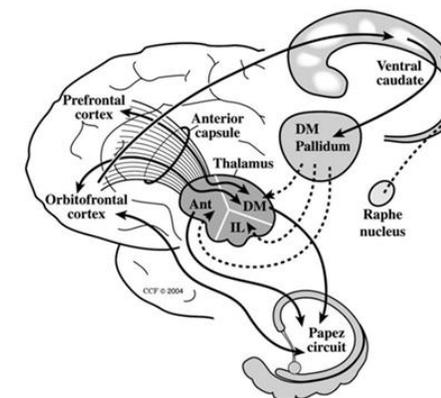
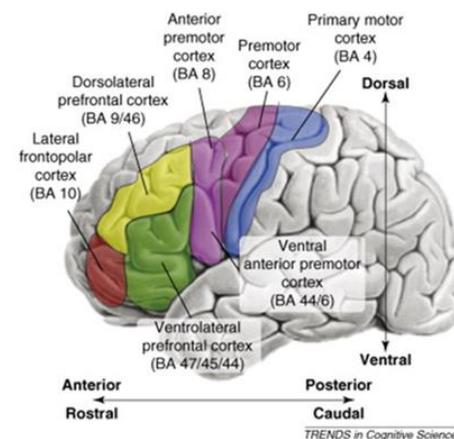
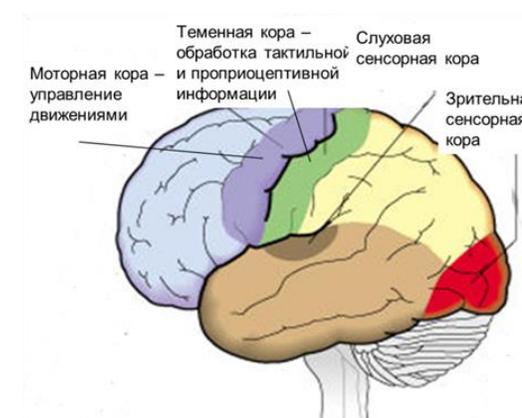
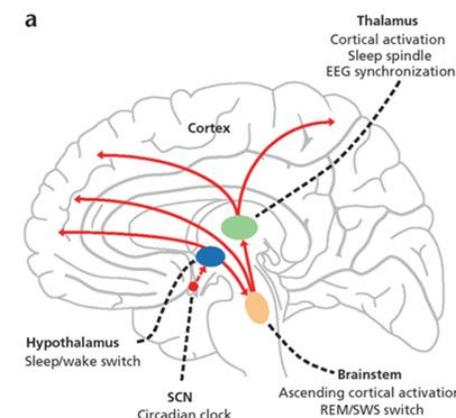


➤ Для решения конкретной задачи деятельности в мозге складываются «рабочие коллективы» из «специалистов разных профессий» - подмножеств нервных клеток, расположенных в различных структурах мозга - **функциональные системы или нейросети**

➤ Работа этих «коллективов» зависит от индивидуальных генетических факторов (как потенциальной возможности) и индивидуального опыта активной деятельности, которая на всех этапах развития человека связана с взаимодействием с другими людьми

➤ Регуляторные функции мозга обеспечивают объединение различных структур коры и глубинных образований для реализации адаптивного поведения и ментальной деятельности

## Составляющие мозгового обеспечения ментальной деятельности и поведения (функциональная классификация)



# Что такое регуляторные системы мозга?

Специализированные мозговые системы, функция которых состоит в диффузной или избирательной модуляции активности нейронных сетей, осуществляющих обработку информации, ее хранение, двигательные компоненты поведения и поддержание оптимального состояния физиологических функций [Лурия, 1978; Coull, 1998D; Developmental Psychopathology, 2006; Yantis, 2008; Posner, et al, 2014; Rueda, et al., 2015 и др.]

## Регуляторные составляющие когнитивной деятельности и поведения



Мозговые системы, осуществляющие регуляторные функции

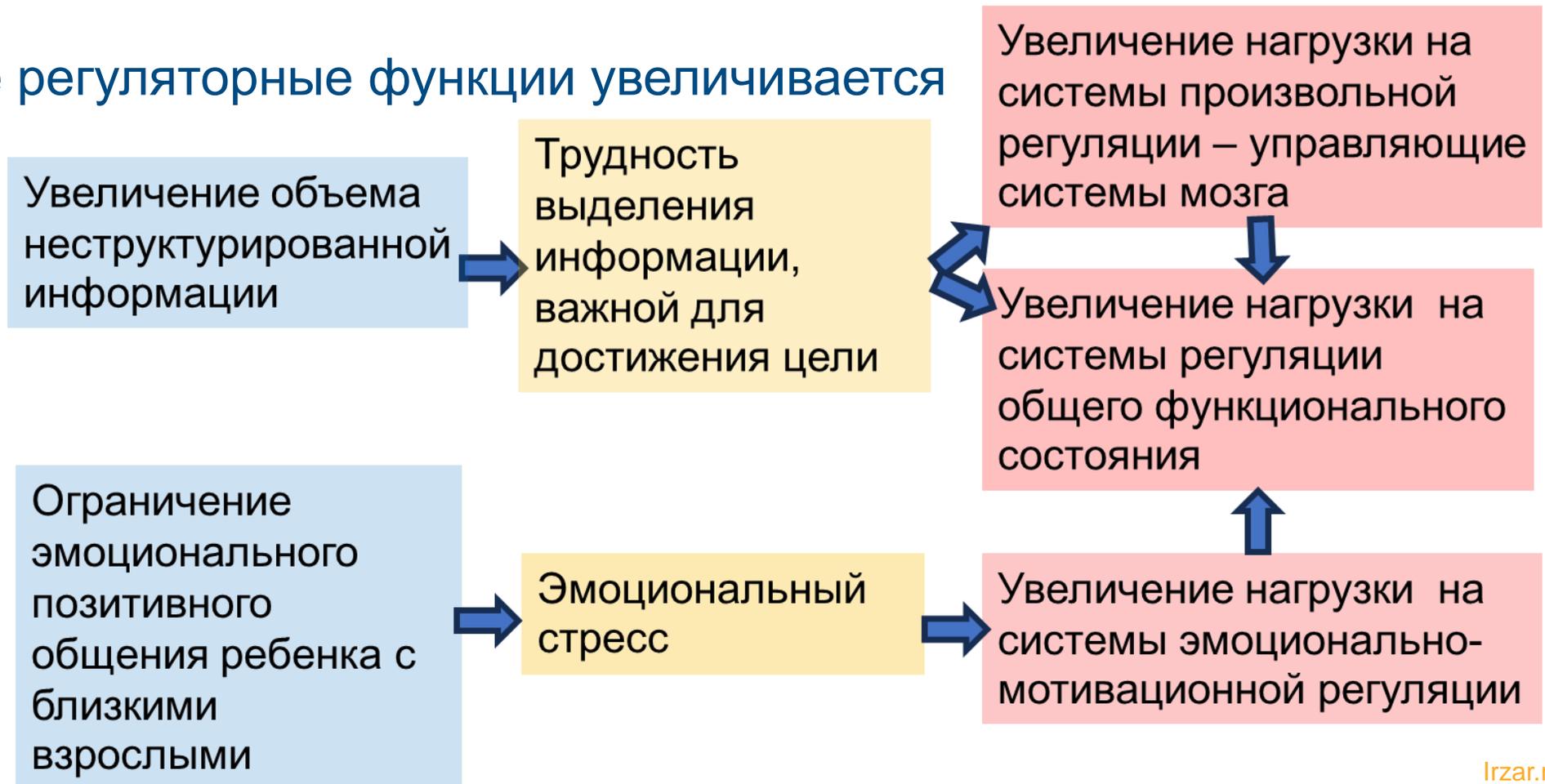
**Регуляция поведения и когнитивной деятельности в подростковом возрасте.**

**Мозговые механизмы /** под ред. Р. И. Мачинской, Д. А. Фарбер. — М. : Изд-во МПСУ, 2023. — 616 с

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54168796>

## Почему актуальны междисциплинарные исследования регуляторных функций мозга?

### Нагрузка на все регуляторные функции увеличивается



Учебная и социальная  
адаптация детей и  
подростков

Экспертные оценки поведения и академической успеваемости детей педагогами и родителями, анкетирование

Эффективность регуляторных и информационных составляющих когнитивной деятельности

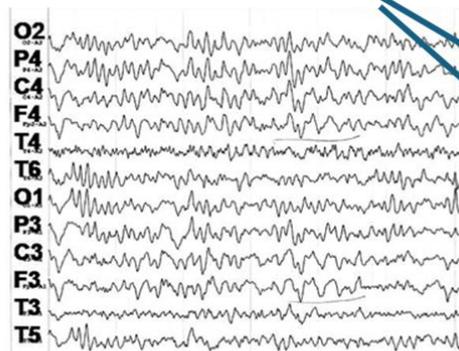
Нейропсихологический качественный и количественный анализ различных компонентов когнитивной деятельности

Функциональное состояние регуляторных систем мозга

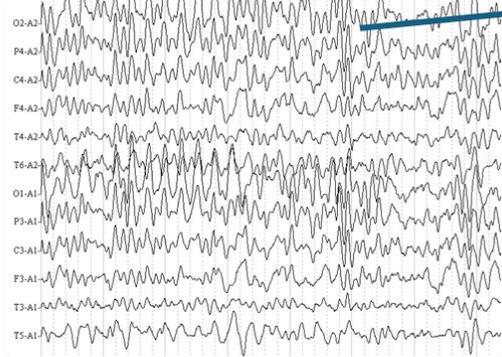
Электроэнцефалографический (ЭЭГ) качественный и количественный анализ функционального состояния регуляторных систем мозга

## Варианты ЭЭГ паттернов, отражающих неоптимальное состояние регуляторных систем мозга

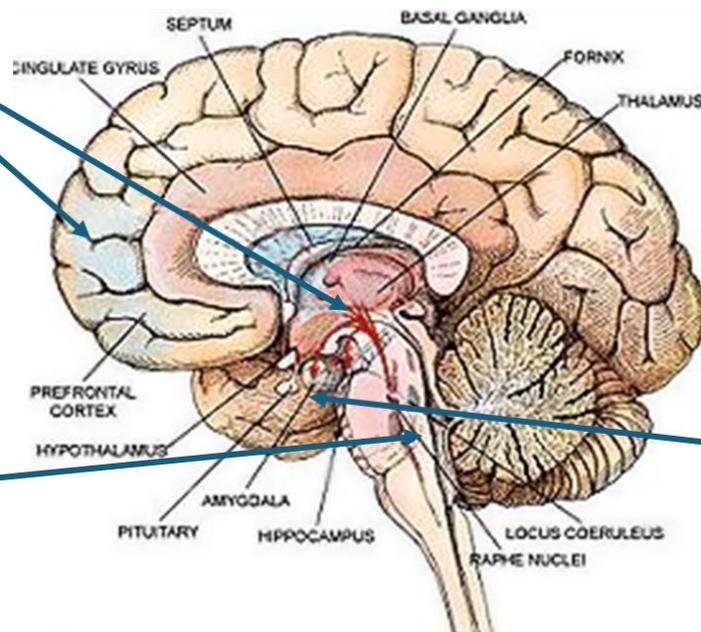
Неоптимальное состояние фронтоталамической системы (ФТС)



Дефицит общей активации



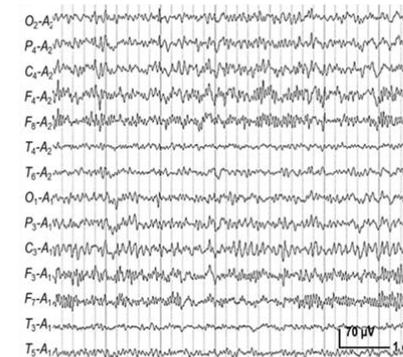
систем мозга



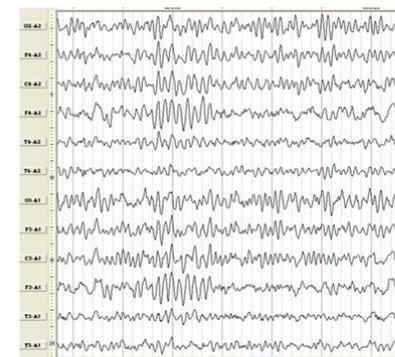
По результатам ЭЭГ анализа  
формированы группы детей и  
подростков, различающиеся  
наличием у них специфических  
ЭЭГ паттернов глубинного генеза

Чаще в дошкольном и младшем школьном возрасте

Неоптимальное состояние лобно-базальных структур



Неоптимальное состояние фронтоталимической системы

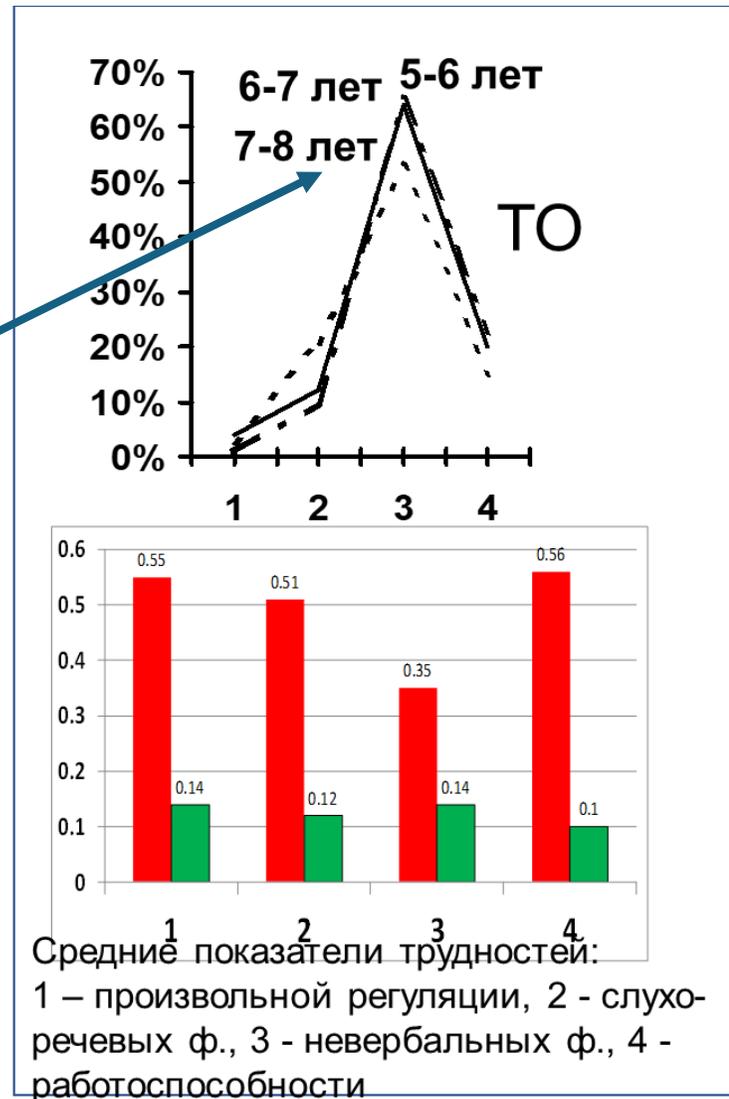
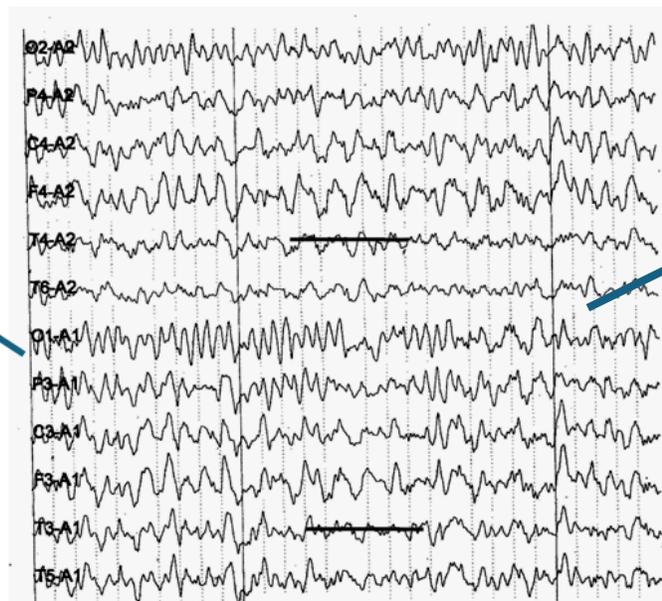
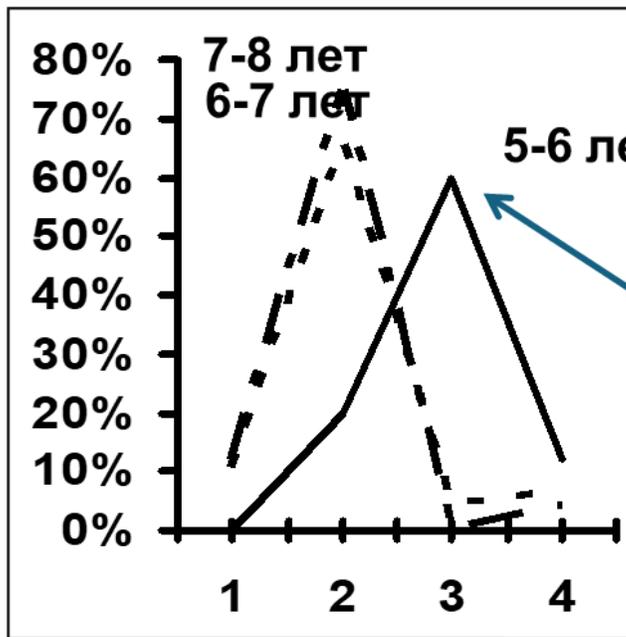


Чаще у подростков

Регуляция поведения и когнитивной деятельности в подростковом возрасте. Мозговые механизмы / под ред. Р. И. Мачинской, Д. А. Фарбер. — М. : Изд-во МПСУ, 2023. — 616 с  
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54168796>

Источники альфа - подобных колебаний в передних отделах мозга – нейронные сети цингулярной коры, амигдалы и гиппокампа, функционально связанные с подавлением реакции на опасность и негативно окрашенную социальную информацию (Connemann et al., 2005; Yamamoto et al., 2006; Yamamoto, 2013, Kim et al., 2014; Zheng et al., 2019)

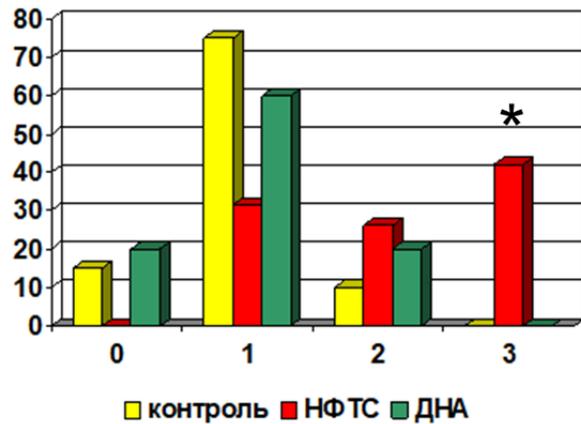
# Какие изменения функционального состояния мозговых регуляторных систем происходят в дошкольном и младшем школьном возрасте?



Морфо-функциональное созревание фронто-таламической регуляторной системы (Мачинская, и соавт., 1997, 2003, 2006, 2014)

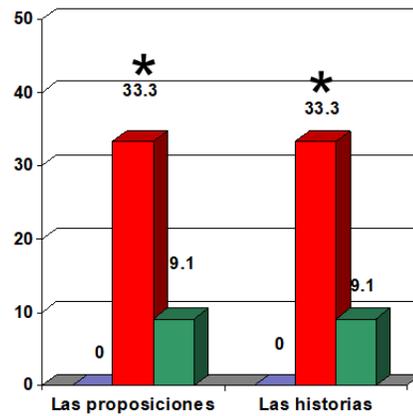
## Дифференцированное влияние функциональной незрелости различных регуляторных систем мозга на формирование школьно-значимых познавательных функций у детей младшего школьного возраста (по результатам нейропсихологического тестирования)

Распределение (в %) случаев с трудностями произвольного контроля разной выраженности



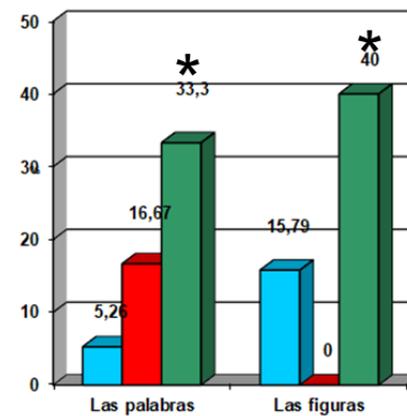
Произвольный контроль

Распределение случаев с трудностями воспроизведения предложений и пересказа историй



Смысловое запоминание

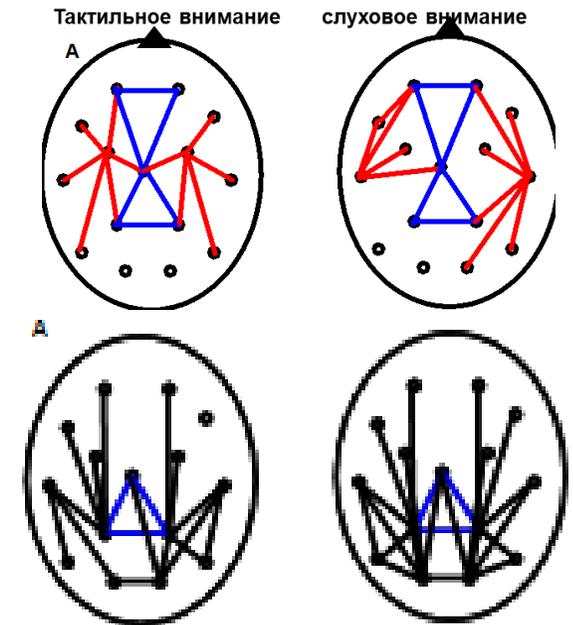
Распределение случаев с трудностями запоминания 5 слов и 5 изображений



Непосредственное запоминание

\* P < 0.05

Влияние неоптимального состояния ФТС на избирательную настройку коры при ожидании целевой информации



У детей с функциональной незрелостью регуляторных систем, осуществляющих управляющие влияния от лобных отделов мозга, снижена избирательная настройка корковых зон к анализу значимой информации, что является одной из основных причин снижения эффективности произвольного внимания и произвольной организации деятельности, а также трудностей выделения существенных параметров информации как вербальной, так и невербальной. Следствием этих дефицитов у детей школьного возраста являются трудности обучения

У детей к началу школьного обучения менее сформированы, чем у детей более старшего возраста и взрослых:

Мозговые системы, обеспечивающие **общий уровень активации мозга (энергетический аспект деятельности)**, который в большей степени, чем у взрослых, зависит от эмоционального состояния. Это проявляется в снижении темпов деятельности наряду с отвлекаемостью и повышенной двигательной активностью

Мозговые системы, обеспечивающие **произвольную организацию деятельности и избирательное выделение значимой информации**, особенно представленной в речевой форме. Это проявляется в трудностях усвоения инструкций, концентрации избирательного внимания, контроля собственных ошибок, выделения значимой информации, особенно представленной в речевой форме

Рекомендации для повышения эффективности обучения и успешной адаптации детей младшего школьного возраста

Не форсировать темп выполнения заданий и дозировать время непрерывной работы, чередовать виды активностей, создавать положительный эмоциональный настрой и мотивацию учебной деятельности

Использовать при обучении методы формирования произвольной организации деятельности через внешние развернутые формы (алгоритмы) к внутренним, и специальные внешние материалы для самоконтроля

Дефицит внимания – одна из основных причин ошибок при письме у детей младшего школьного возраста

«**Внимание – действие контроля**» (П.Я. Гальперин),  
эффективность которого обусловлена  
сформированностью функций:

- Программирования
- Избирательной регуляции
- Контроля деятельности



**Преодоление трудностей письма**

должно опираться на повышение эффективности произвольного внимания за счет развития УФ, прежде всего функции контроля ошибок



Коррекция ошибок письма у  
детей с дефицитом внимания на  
основе поэтапного  
формирования действия  
контроля

Дипломная работа Ксении  
Александровны Абсатовой  
в МГЛУ , 2012 г

**Участники:** 21 ребёнок 7-9 лет, учащиеся вторых классов ГОУ Прогимназии № 1768. Дети с трудностями письма. Экспериментальная группа, в которой применялась методика развития функции контроля ошибок – 10 человек, контрольная группа – 11 человек

## **I. Констатирующий эксперимент:**

- анализ ошибок в письменных работах
- выявление диагностических симптомов дефицита внимания (опросник DSM-IV, 1994)
- нейропсихологическое тестирование управляющих функций по методике О.А. Семёновой (2005)

## **II. Формирующий эксперимент:**

коррекционно-развивающие занятия по методике, основанной на методологических принципах П.Я. Гальперина

## **III. Контрольное исследование:**

- анализ ошибок в письменных работах
- нейропсихологическое тестирование УФ

# Методика преодоления трудностей письма

Фамилия, имя \_\_\_\_\_ класс \_\_\_\_\_

Диагностический текст для самостоятельной проверки

*Пятёрки.*

*По дороге в школу садовник дал Алёше большую корзину яблок. В школе ребята осмотрели яблоки. На яблочном боку стояла цифра пять. Яблоки висели на ветках. Садовник прикрепил на каждое яблоко маленькую цифру. Под лучами солнышка яблоко румянилось. Так солнышко поставило отметки на яблоках.*

Количество найденных ошибок \_\_\_\_\_

Карточка для самостоятельной проверки текстов на специальных занятиях

## Порядок выполнения проверки

Читай слово вслух по слогам.

Проверь:

1. Пропуск букв и слогов есть/нет?
2. Лишние буквы и слоги есть/нет?
3. Буквы написаны правильно/НЕправильно?
4. Слова написаны слитно/раздельно?
5. Буквы написаны по порядку/НЕ по порядку?

Читай предложение вслух. Проверь:

6. Пропуск слов есть/нет?
7. Лишние слова есть/нет?

Ребенок выполняет задание с разными текстами и постепенно усваивает правила, находя ошибки уже без карточек

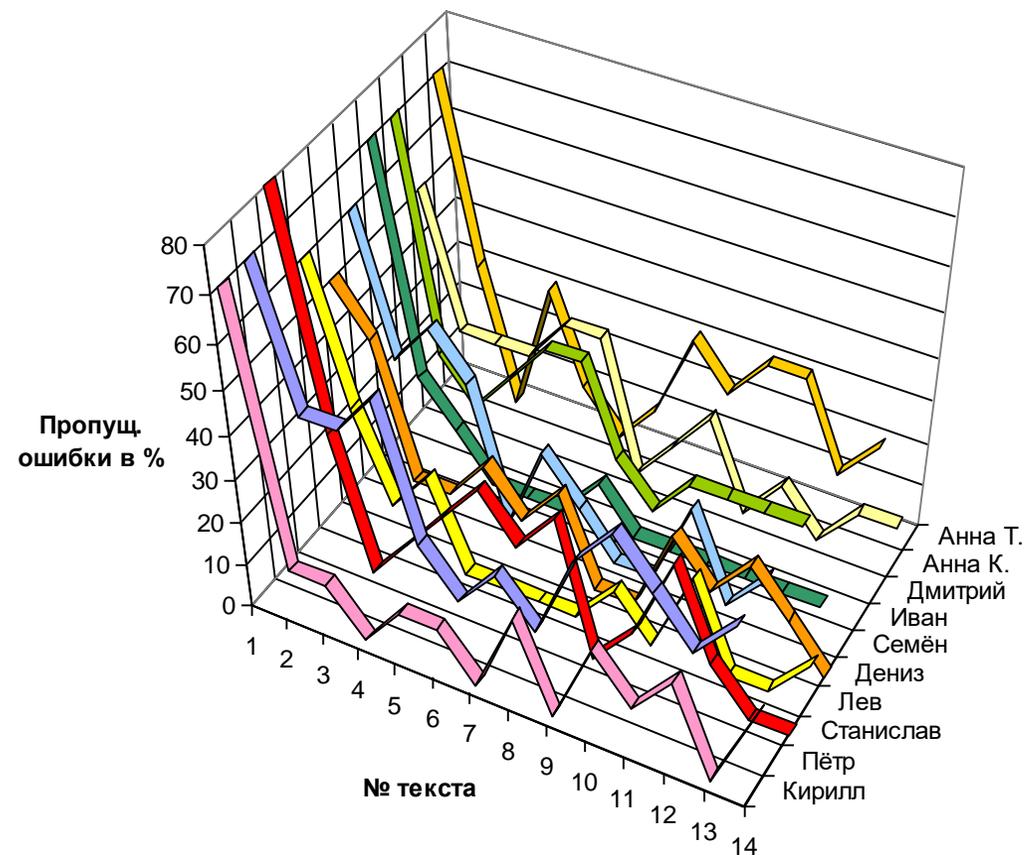


МИНИСТЕРСТВО  
ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

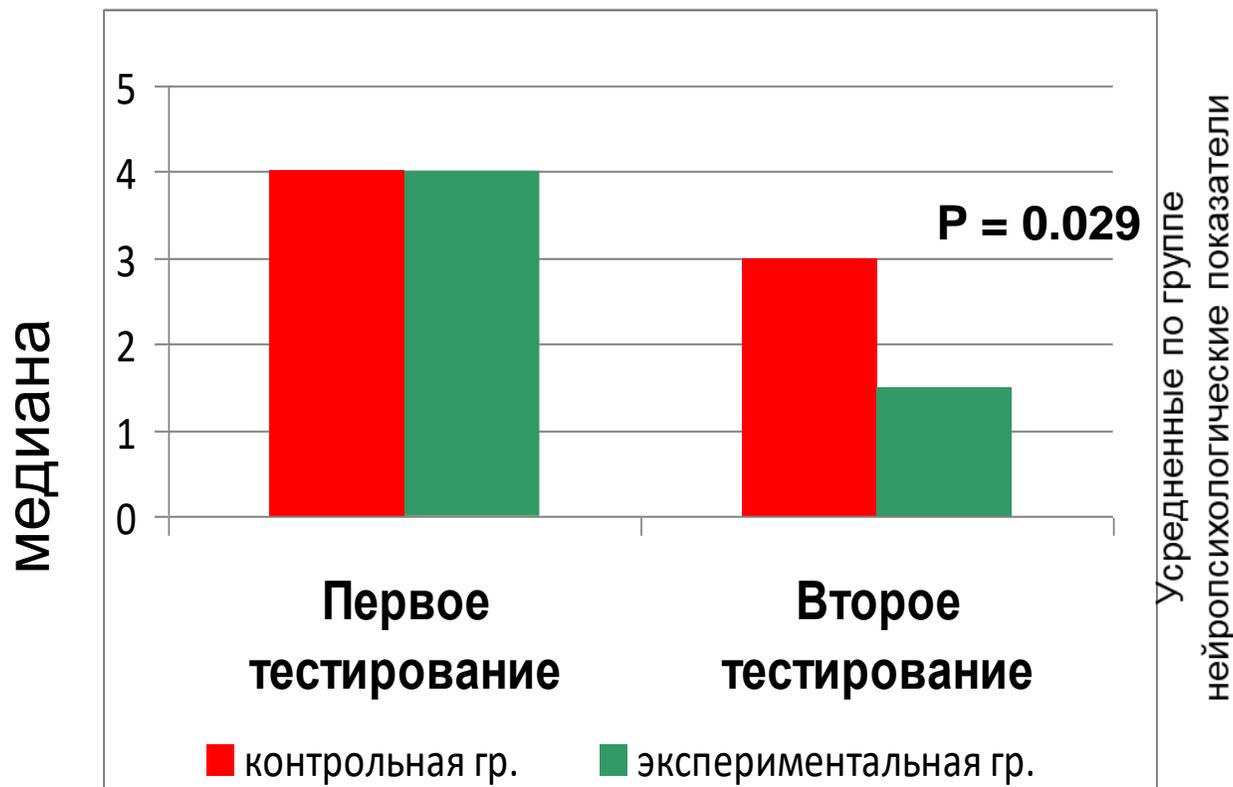


ФГБНУ «Институт развития,  
здоровья и адаптации  
ребенка»

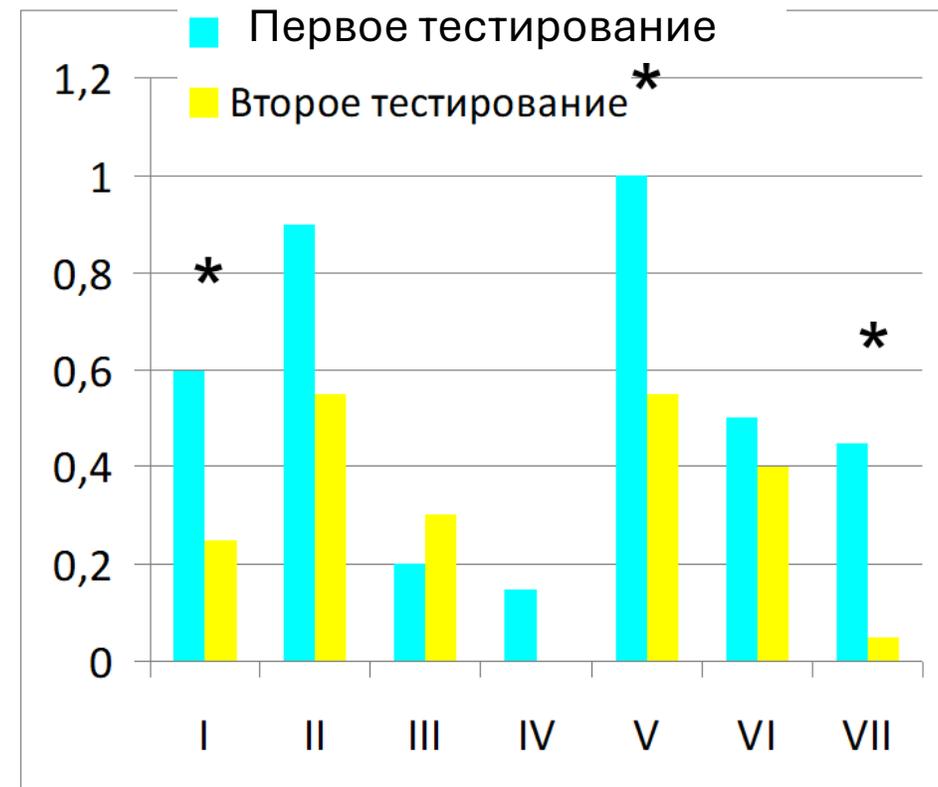
Динамика формирования контроля над ошибками в ходе занятий с экспериментальной группой (10 детей)



## Анализ показателей количества ошибок (в баллах)



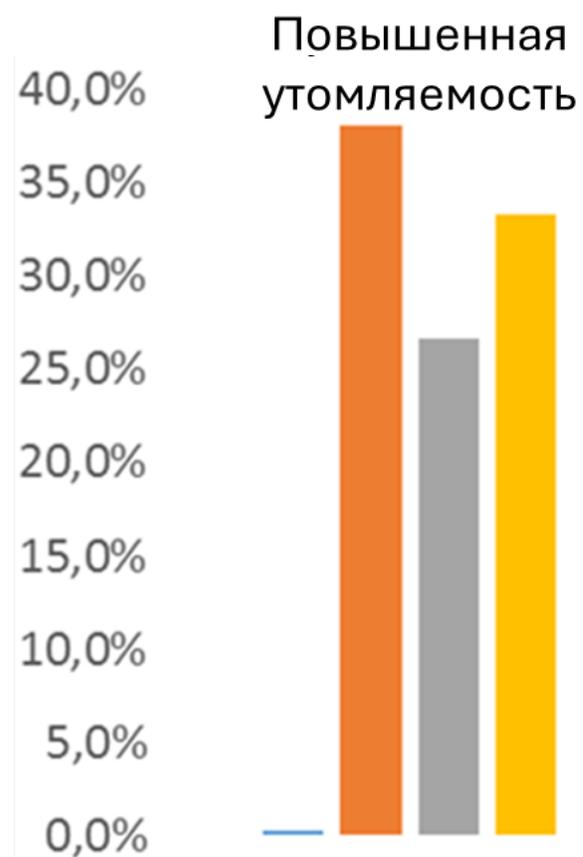
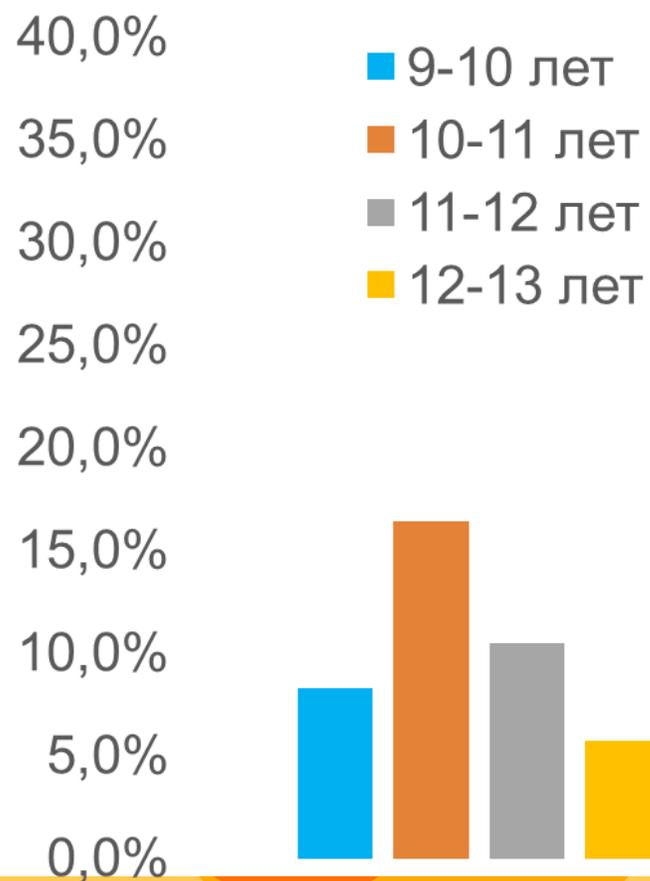
## Нейропсихологические показатели трудностей произвольной регуляции деятельности у детей экспериментальной группы при первом и втором (после занятий) тестировании



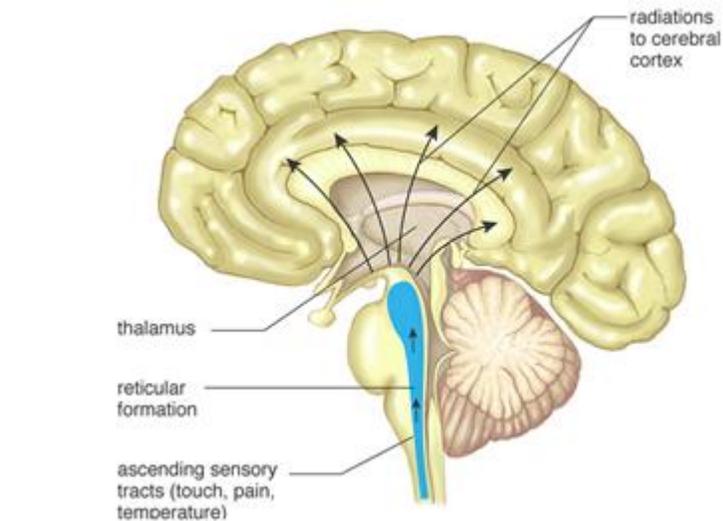
Значимое снижение показателей трудностей усвоения инструкций и алгоритмов действий (I,  $p = 0.006$ ), трудностей переключения с одного способа действий на другой (V,  $p = 0.034$ ) и трудностей самоконтроля (VII,  $p = 0.004$ ). В контрольной группе значимые различия отсутствовали

## Какие изменения функционального состояния мозговых регуляторных систем происходят в подростковом возрасте ?

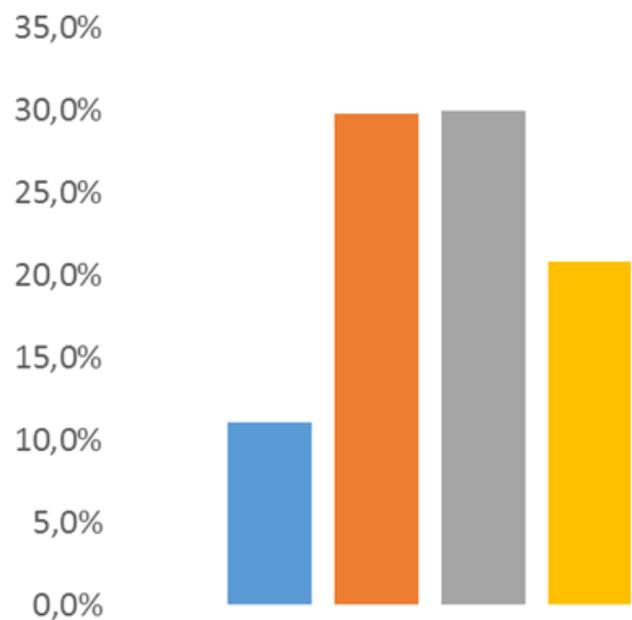
Частота случаев с ЭЭГ-паттернами, отражающими снижение уровня неспецифической активации



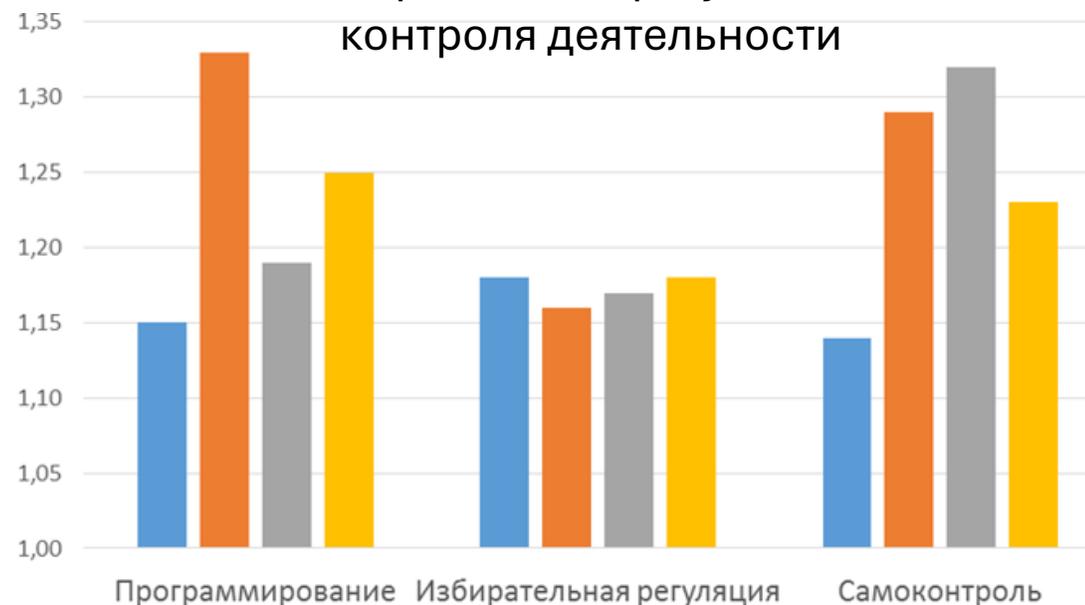
Сниженная работоспособность



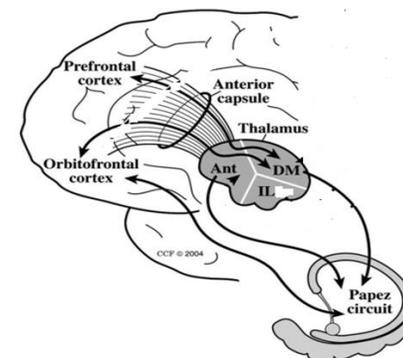
### Частота случаев с ЭЭГ-паттернами, отражающими неоптимальное состояние ФТС



### Трудности программирования, избирательной регуляции и контроля деятельности

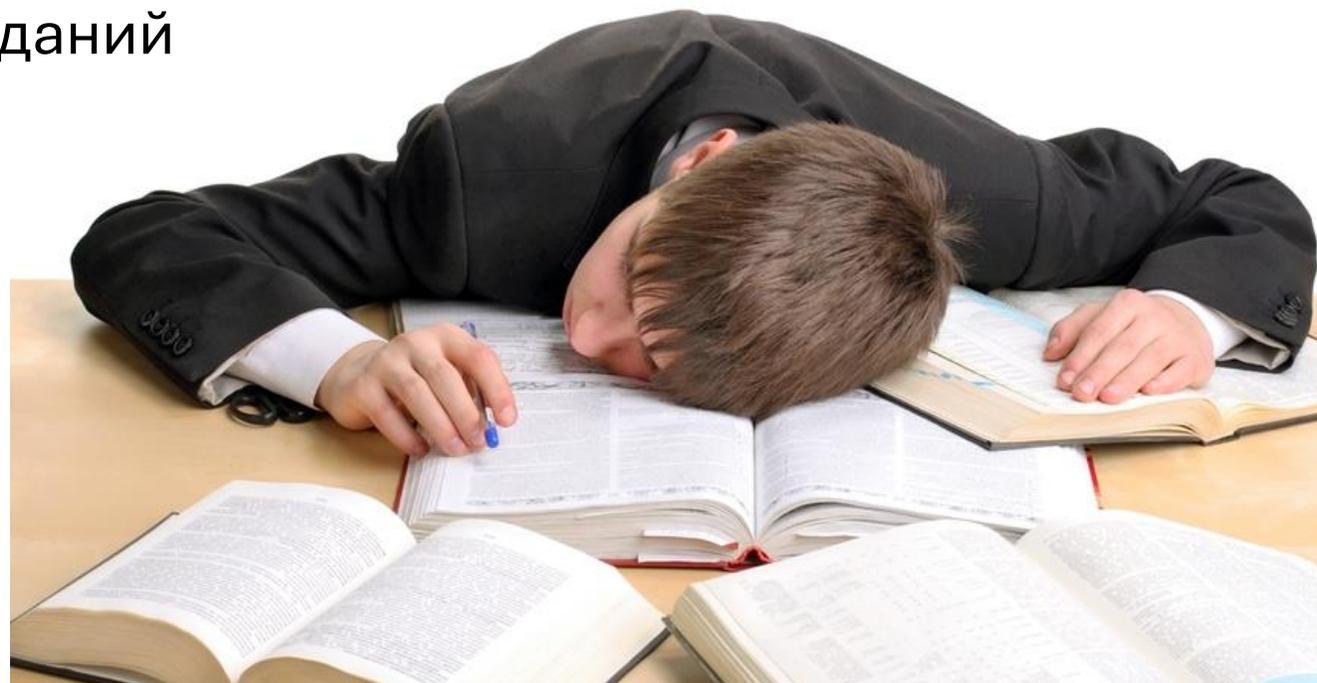


- 9-10 лет
- 10-11 лет
- 11-12 лет
- 12-13 лет



Снижение работоспособности, утомляемость,  
колебания внимания

Трудности контроля ошибок, планирования и  
выполнения самостоятельных заданий



Подростковый возраст – сенситивный период развития мозга, когнитивной деятельности и личности (Arain et al., 2013; Spear, 2013; Blakemore, Mills, 2014; Fuhrmann et al., 2015; Guirado et al., 2020 и др.)

## **Социальные факторы:**

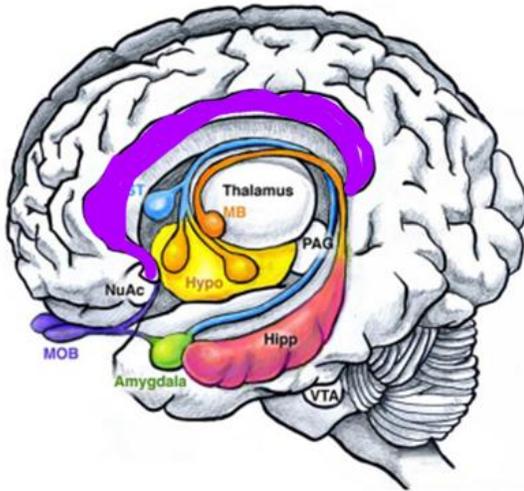
Новые социальные роли, социальные потребности, новые формы социального взаимодействия, влияние сверстников (Фельдтштейн, 2008; Crone & Dahl, 2012; Shulman et al., 2016)

## **Биологические факторы**

Пластические перестройки нейронных сетей на микро и макро уровне под влиянием половых гормонов (Sisk, Zehr, 2005; Cicchetti, Curtis, 2006; Spear, 2013; Mateos-Aparicio, Rodríguez-Moreno, 2019)

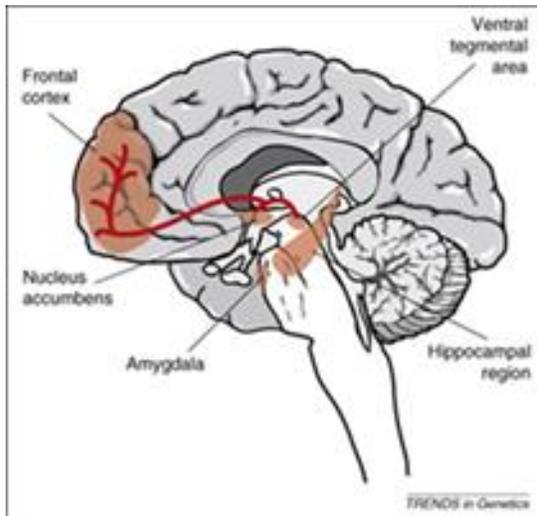
**Регуляторные системы мозга, объединяющие подкорковые структуры и различные зоны лобной коры – место интеграции биологических и социальных факторов развития в подростковом возрасте (Segalowitz et al., 2012; Barker et al., 2018)**

A



## Лимбические структуры

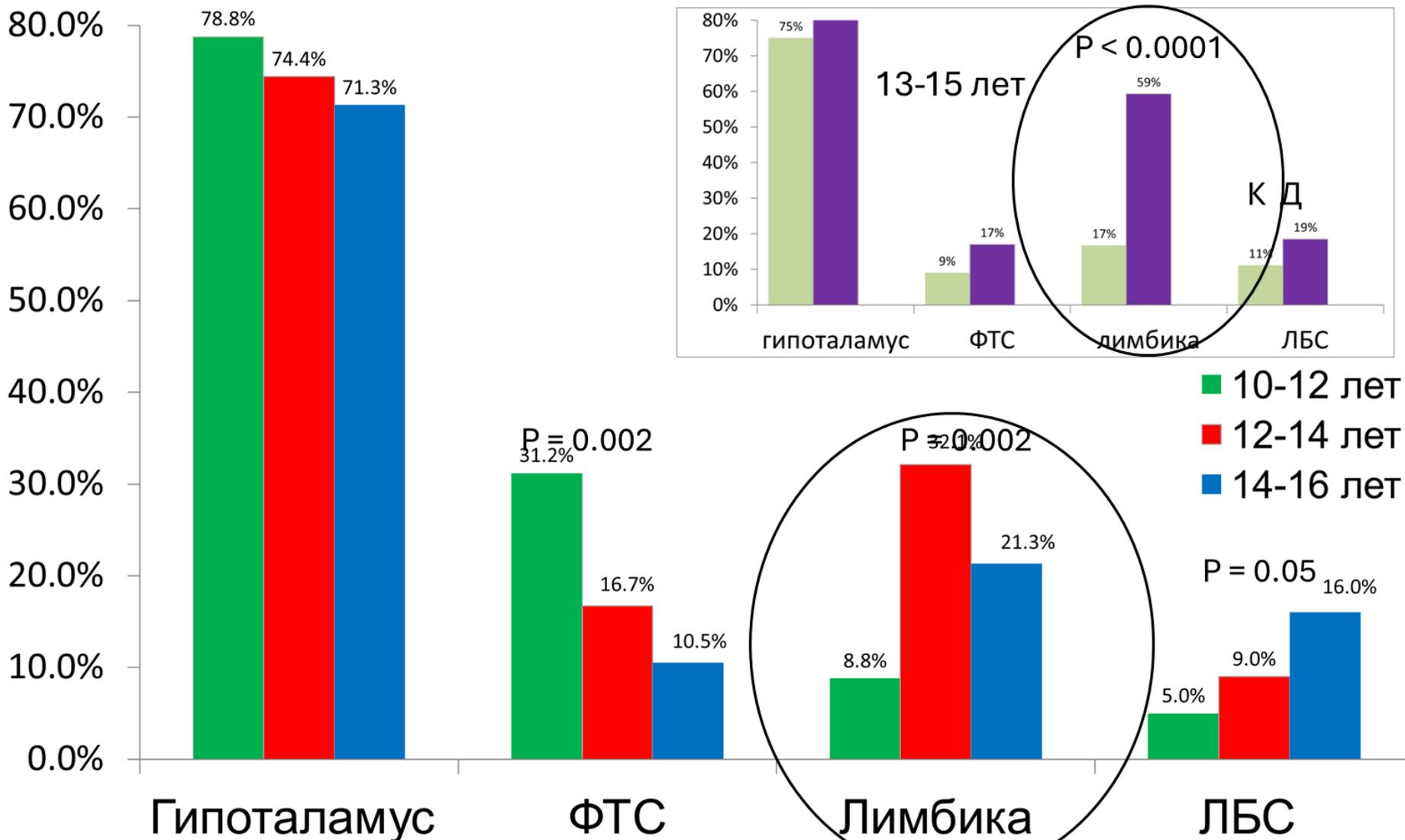
- ✓ Оценка субъективной значимости событий и регуляция аффективных реакций на этой основе
- ✓ Длительное поддержания активности для достижения цели при отсроченном результате
- ✓ **Мониторинг возможного несоответствия условий деятельности или собственных действий целям поведения**
- ✓ Оценка социально-значимой информации, необходимой для понимания своего состояния и состояния другого



## Лобно-базальные структуры. «Система награды»

- ✓ Регуляция социального поведения
- ✓ Регуляция произвольных действий, планирование
- ✓ **Мотивация «достижения» на основе активации дофаминовой «система награды» при анализе мозгом информации о возможности получения желаемого результата**

# Частота случаев с неоптимальным состоянием различных РС мозга у подростков по данным ЭЭГ исследования.



# Влияние неоптимального состояния мозговых систем эмоционально-мотивационной регуляции на академическую успеваемость, поведение, управляющие функции и эмоционально-мотивационную сферу у подростков

## Снижение эффективности управляющих функций:

- Трудности устойчивого удержания программы действий ( $p = 0.003$ )
- трудности контроля собственных действия ( $p = 0.011$ )

## Особенности эмоционально-мотивационной сферы по результатам нейропсихологического обследования и теста эмоционального интеллекта Маер-Соловей-Корузо (MSCEIT)

- Общий коэффициент неоптимального состояния эмоционально-мотивационной сферы ( $p = 0.045$ ).
- Трудности распознавания негативно окрашенных лицевых паттернов (ненависть, злость, отвращение) ( $p = 0.031$ )
- Снижение способности использования эмоционально-мотивационной регуляции для повышения эффективности деятельности (шкала Фасилитации) ( $p = 0.01$ )

Группа с ЭЭГ-признаками неоптимального состояния фронто-лимбической системы (49 чел, 13-15 лет) vs контрольная группа (50 чел, 13-15 лет)

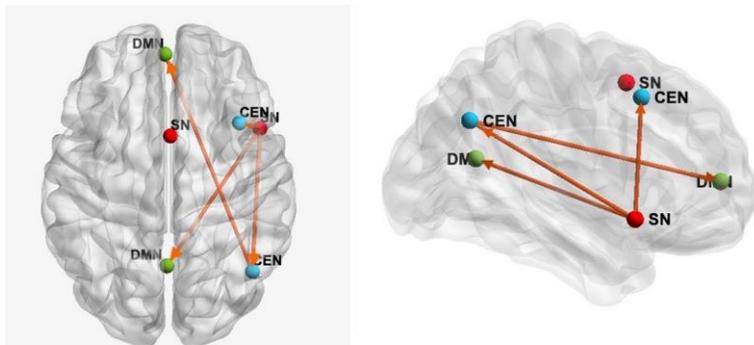
В группе с неоптимальным состоянием фронто-лимбической системы **снижение успеваемости по математике** связано с трудностями произвольного контроля ( $r = -0.31, p < 0.05$ ) и трудностями переключения между действиями ( $r = -0.30, p < 0.05$ ).

## Склонности к отклоняющему поведению (по данным опросников СОП и YSR)

- Склонность к преодолению социальных норм и правил ( $p = 0.012$ )
- Склонность к агрессии и насилию ( $p = 0.016$ )

(Мачинская, Захарова, Ломакин, 2020; Ломакин, 2023)

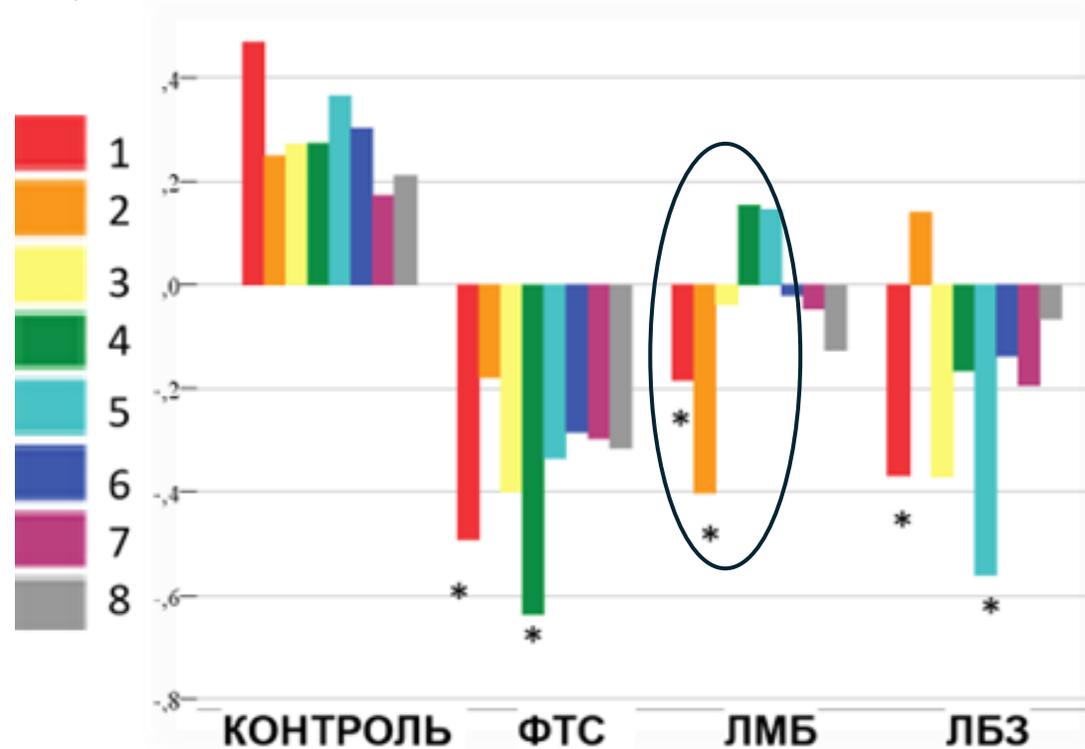
## Особенности взаимодействия корковых регуляторных сетей у подростков с неоптимальным состоянием фронто-лимбической системы (Мачинская, Курганский, 2025)



Количественный анализ многоканальной ЭЭГ выявил снижение влияния нейронной сети, связанной с обнаружением значимости событий на нейронную сеть произвольного контроля (фронтотемennую сеть), а теменного узла сети контроля на нейронную сеть, связанную с самооценкой

Учитывая данные о роли сети обнаружения значимых событий в рекрутировании мозговых систем, необходимых для решения текущих задач, можно рассматривать выявленные особенности функциональной организации коры в исследованной группе подростков как нейрофизиологическую основу **снижения способности соотносить свое эмоциональное состояние и свои действия с задачами деятельности**

Нормированные по отношению к средним групповым значениям показатели эмоционального интеллекта в контрольной группе и 3-х группах с неоптимальным состоянием различных регуляторных систем мозга



Шкалы теста Мэйера, Сэловея и Д. Карузо характеризуют способности понимания: (1) своего эмоционального состояния; (2) соотнесения своих эмоций с эффективностью деятельности; (\* –  $p < 0.05$ , [lrzar.ru](http://lrzar.ru))

## Практические следствия

Особенности состояния РС мозга	Влияние на поведение и когнитивную деятельность	Риски школьной и социальной дезадаптации	Рекомендации по профилактике дезадаптации
Неоптимальное состояние лимбических структур	<p>Снижение возможностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- мониторинга возможного неуспеха и контроля своих ошибок,</li> <li>- длительного поддержания внимания при монотонной деятельности или отсроченном результате</li> <li>- оценки социально-значимой информации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Трудности самоконтроля при выполнении самостоятельных заданий</li> <li>- Неприятие ситуации ожидания результата</li> <li>- Трудности социального взаимодействия, особенно в конфликтных ситуациях</li> <li>- Проявления жестокости или агрессии</li> </ul>	<p>Индивидуальная психологическая помощь, ролевые психологические игры, обсуждение конфликтных ситуаций на добровольной основе</p> <p>Определение и стимулирование форм деятельности, в которых подросток может достичь успеха (спорт, творчество, олимпиады по академическим предметам, общественная деятельность)</p>
Повышенная активность гипоталамо-гипофизарной системы	Эмоциональная лабильность, тревожность	Снижение работоспособности, быстрая утомляемость	Оптимизация режима питания, сна и учебной нагрузки, медицинские консультации

Спасибо за  
внимание!

