

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

DOI: 10.46742/2072-8840-2024-79-3-144-182

УДК – 612.821

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ КОГНИТИВНОГО РАЗВИТИЯ. ИСТОРИЯ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ И ЛАБОРАТОРИИ

Мачинская Р.И.

*ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка», Москва
regina_home@inbox.ru*

АННОТАЦИЯ. *Статья содержит анализ фундаментальных научных исследований лаборатории на протяжении 60 лет ее существования. Цель работы – показать преемственность и развитие методологии, основных научных идей и направлений исследований. В связи с этим специальное внимание уделено исследованиям лаборатории в 60-70-е годы, положившим начало нейрофизиологии когнитивного развития как одному из направлений отечественной возрастной физиологии. Статья не претендует на полный обзор всех научных данных, полученных за более, чем полвека. В ней представлены основные направления исследований и их наиболее важные результаты, отражающие основные закономерности формирования мозговых механизмов когнитивного развития*

Ключевые слова: *нейрофизиология, научное направление, развитие детей, история исследований*

Machinskaya R. I.

The neurophysiology of cognitive development: A history of the scientific area and the laboratory

ABSTRACT. *The article examines the laboratory's fundamental scientific research conducted over the past 60 years. The paper aims to show the development and continuity of the methodology, key scientific concepts, and research areas. In this regard, particular attention is paid to the research conducted in the laboratory during the 1960s and 1970s that laid the foundation for the neurophysiology of cognitive development as one of the fields of developmental physiology in Russia. The article does not proclaim to be an exhaustive review of all scientific data obtained over the course of more than half a century. It presents the main research areas and the most important results that reflect the fundamental patterns underlying the formation of brain mechanisms for cognitive development.*

Key word: *neurophysiology, scientific field, children development, research history.*

Лаборатория нейрофизиологии когнитивного развития была создана в 1964 г. в Институте развития, здоровья и адаптации ребенка, который в то время назывался «НИИ возрастной физиологии и физического воспитания Академии педагогических наук РСФСР». Институт был организован в 1944 году для разработки естественно-научной платформы послевоенной реабилитации детей, сохранения их здоровья и совершенствования системы образования на основе знаний закономерностей развития организма ребенка на разных этапах онтогенеза от рождения до юношеского возраста (<https://irzar.ru/history/>).

Созданию лаборатории нейрофизиологии сопутствовали важные изменения в мировой физиологической науке, во многом определившие как сам факт появления лаборатории, так и основные направления ее исследований.

60-е годы – время бурного развития нейрофизиологии на основе системных представлений о мозговых механизмах поведения и ментальных процессов. Поиск отдельных областей коры, «отвечающих» за определенные мыслительные процессы или свойства личности пришел в противоречие с экспериментальными и клиническими наблюдениями, что и привело к формированию системной нейронауки (system neuroscience), задачей которой является изучение того, как совместная активность нейронов в сложной нейронной сети обеспечивает реализацию интегративных функций нервной системы [82, обзор]. В отечественной физиологии идеи системного подхода появились не в результате исследования отдельных функций нервной системы или когнитивных способностей, а скорее в рамках общих теоретических представлений о мозговом обеспечении целостного целенаправленного поведения. Идея об объединении функционально специфичных структур мозга в динамичные изменяющиеся во времени «конstellации нервных центров» в соответствии с текущими потребностями организма была сформулирована А.А. Ухтомским в начале 20 века и отразилась в его концепции «функциональных рабочих органов» (Ухтомский, 1923, цит. по: 51, с. 6). Развитием системного подхода в отечественной физиологии стали концепции П.К. Анохина (Анохин П.К. «Проблемы центра и периферии», 1935, цит. по 2) и А.Н. Бернштейна (Бернштейн А.Н. «О построении движений» 1947, цит. по 4), краеугольным камнем которых является представление об активном характере поведения живых организмов, его направленности на достижение полезного результата для оптимальной адаптации к изменяющимся внешним и внутренним условиям. Так, согласно точке зрения П.К. Анохина основной единицей физиологического обеспечения поведения является функциональная система, которая представляет собой временное объединение нервных центров и периферических органов для

достижения полезного результата. Согласно концепции А.Н. Бернштейна мозговые механизмы поведения складываются в соответствии с «моделью потребного будущего», что и определяет их системный характер и изменчивость, связанную с достижением (или недостижением) программируемого результата. Таким образом, в отечественной нейрофизиологии к началу 60-х годов сформировалось представление о «системности» как характеристике мозгового обеспечения поведения, которая включает 2 основных свойства: (1) множественность и динамичность нейросетей, реализующих поведение в целом или его отдельные компоненты, (2) зависимость звеньев системы и характера связей между ними от целей активного поведения организма и достижения «полезного результата». В эти же годы системный подход к анализу мозговых механизмов поведения стал важной составляющей не только физиологии, но и психологии, тех ее направлений, которые развивались в рамках культурно-исторической концепции психики. Наиболее существенное влияние на формирование нейрофизиологии когнитивного развития как самостоятельного направления возрастной психофизиологии внесли представления Л.С. Выготского о совместной деятельности ребенка и взрослого как существенном факторе индивидуального когнитивного развития (цит. по 9); А.Р. Лурия о динамической локализации высших психических функций [22] и А.Н. Леонтьева о функциональных системах мозга, которые формируются в процессе активной деятельности субъекта для реализаций ее целей и текущих задач [21].

Системные представления о мозговых механизмах психической деятельности, сложившиеся в 60-е и 70-е годы в отечественной физиологии и психологии, находили и находят подтверждение в многочисленных экспериментальных и клинических исследованиях когнитивных процессов в лабораториях всего мира. Они легли в основу первых и всех последующих исследований лаборатории, стали их методологической основой на долгие годы и остаются основополагающими в настоящее время [25, 56, 61, 64, 74].

Другим важным обстоятельством, повлиявшем на организацию лаборатории и развитие ее исследований было распространение электроэнцефалографии (регистрации и анализа суммарной электрической активности мозга) в качестве в то время основного неинвазивного метода изучения мозга человека. Дебора Ароновна Фарбер – основатель и руководитель лаборатории, была приглашена в Институт возрастной физиологии и гигиены его директором Акопом Арташесовичем Маркосяном, в частности, потому, что имела опыт проведения экспериментальных (на животных) и клинических (на новорожденных детях) электроэнцефалографических (ЭЭГ) исследований. Ранние исследования Д.А. Фарбер с коллегами (50-60-е

годы) послужили источником нейрофизиологии когнитивного развития как самостоятельной отрасли возрастной физиологии, а позже и психофизиологии, поскольку уже включали несколько направлений: использование анализа фоновой ритмической электрической активности коры для оценки индивидуальных и возрастных особенностей функционального состояния мозга в норме и патологии [12, 42], анализ ЭЭГ как показателя морфофункционального созревания коры головного мозга [60], исследование нейрофизиологических механизмов формирования ритмической электрической активности мозга [64], исследование нейрофизиологических механизмов обработки информации [43, 60, 78], исследование нейрофизиологических механизмов внимания [41, 50]. Важной задачей Д.А. Фарбер как руководителя лаборатории была организация электроэнцефалографических исследований мозга ребенка на разных этапах онтогенеза. Анализ формирования ЭЭГ и связей параметров ЭЭГ с морфофункциональным созреванием коры головного мозга на разных этапах онтогенеза стали в дальнейшем одним из ключевых направлений исследований (см. ниже). Эти исследования позволили получить сведения об основных возрастных изменениях функционирования нейронных сетей коры и влияния на них со стороны глубинных структур мозга в покое (в состоянии спокойного бодрствования).

В соответствии с системным подходом к анализу нейрональной основы когнитивных процессов **предметом исследований лаборатории являются функциональные системы мозга**, обеспечивающие базовые компоненты познавательной деятельности на разных этапах развития ребенка. Термин *функциональные системы мозга* используется в исследованиях лаборатории в широком смысле для обозначения динамичных объединений различных зон коры головного мозга и глубинных образований, которые складываются для реализации когнитивных операций и когнитивной деятельности в целом. Основными свойствами функциональных систем мозга являются их пластичность, зависимость от возрастных и индивидуальных особенностей морфофункционального созревания отдельных корковых и подкорковых структур, текущих задач деятельности и условий познавательного развития, а также постепенность и разная скорость созревания нейронных сетей, реализующих различные аспекты когнитивной деятельности.

Необходимым условием выявления таких функциональных систем мозга является **междисциплинарный подход**, который подразумевает изучение структуры и эффективности самой познавательной деятельности и сопоставление параметров деятельности с параметрами активности различных мозговых структур, которые в лаборатории оцениваются с помощью электрофизиологических методов. Анализ функциональных систем мозга на разных

уровнях является характерной особенностью сложившегося в лаборатории научного направления – нейрофизиологии когнитивного развития.

На протяжении 60 лет в лаборатории изучались различные аспекты мозгового обеспечения когнитивного развития, при этом основными были и остаются следующие фундаментальные научные задачи:

(1) Анализ возрастных преобразований суммарной электрической активности нейронных сетей коры головного мозга в состоянии спокойного бодрствования как оптимального фона для процессов обработки информации и реализации когнитивной деятельности в целом.

(2) Изучение возрастных особенностей мозгового обеспечения базовых когнитивных функций: зрительного восприятия, рабочей памяти, различных форм внимания и других компонентов произвольной организации деятельности.

(3) Выявление общих закономерностей формирования функциональных систем мозга, обеспечивающих развитие когнитивной деятельности

Ниже представлены некоторые, наиболее существенные результаты, полученные при решении этих исследовательских задач.

Возрастные преобразования суммарной электрической активности нейронных сетей коры головного мозга в состоянии спокойного бодрствования

Еще А.А. Ухтомский (Ухтомский, 1941, цит. по 52) отмечал, что состояние относительного покоя обеспечивает готовность к обнаружению, обработке и оценке информации, которая может поступить в любой момент времени. Оптимальным условием восприятия информации и реализации деятельности с позиций системного подхода является определенным образом организованное взаимодействие различных структурных элементов мозга, которые могут быть вовлечены в деятельность. Со времени первой регистрации ЭЭГ человека Г. Бергером в 1929 г. альфа-ритму – доминирующей форме активности в ЭЭГ – придается большое значение как показателю, отражающему с одной стороны организацию мозга в состоянии покоя, а с другой – как ритму, играющему определенную роль в функциональном взаимодействии корковых и глубинных структур при реализации когнитивных процессов.

Значимость состояния относительного покоя с характерным для этого состояния доминирующим ритмом – альфа-ритмом, как оптимальным фоном для реализации деятельности, определила исследования лаборатории, начало которых было положено еще в 60-70-е годы. Результаты анализа ЭЭГ покоя с раннего постнатального периода до подросткового возраста включительно представлены в монографии Д.А. Фарбер и В.В. Алферовой

[58] и последующих монографиях лаборатории [1, с.45-65; 44, с. 76-119; 81]. Во всех этих исследованиях ЭЭГ данные сопоставлялись с результатами цитоархитектонических исследований, проводимых в лаборатории морфологии под руководством Людмилы Казимировны Семеновой, а позднее морфологической группы лаборатории нейрофизиологии под руководством Татьяны Александровны Цехмистренко. Было показано, что по мере гетерохронного созревания различных зон коры больших полушарий уменьшается выраженность компонентов ЭЭГ, отражающих активность глубинных структур мозга и возрастает представленность альфа-активности. Исследования формирования альфа-ритма, которые проводились в лаборатории, стали логическим продолжением работ Д.А. Фарбер по анализу ЭЭГ новорожденных и детей первых месяцев жизни [64], в которых было показано, что нейронные сети, генерирующие основной ритм ЭЭГ человека у новорожденных уже активны, но еще совсем не созрели, что определяет сниженную частоту их ритмической активности. В этих и последующих ЭЭГ исследованиях Д.А. Фарбер и сотрудников лаборатории подчеркивается значение функционального подхода к анализу ЭЭГ, который подразумевает, что при оценке ритмических составляющих суммарной электрической активности коры необходимо ориентироваться не только на их частоту, но и на пространственное распределение и связь с другими параметрами функционального состояния мозга. Лабораторные исследования основного ритма ЭЭГ в 70-е – 80-е годы свидетельствуют, что до 5-6 лет ЭЭГ носит полиморфный характер. С 6-7 лет альфа-ритм становится доминирующей формой активности ЭЭГ покоя. Его топография и частота, близкая к взрослым, формируется к 9-10 годам. С наступлением подросткового возраста появляется больше паттернов ЭЭГ, отражающих неоптимальное состояние глубинных регуляторных структур, снижается стабильность функционального состояния мозга в течение учебного года, что отражает ухудшение адаптационных возможностей.

С помощью количественного регрессионного анализа ЭЭГ было показано, что с возрастом меняется соотношение ритмических составляющих разной частоты (1, С.45-65). В возрастном диапазоне от 4-х к 17-ти годам в каудальных отделах значительно снижается спектральная мощность (СМ) относительно медленной тета-активности, при этом СМ всех компонентов альфа-диапазона возрастает, однако, в разной степени. От 4-х к 8-ми годам значительно возрастает и доминирует низкочастотный компонент (альфа-1 – 7,7-8,9 Гц), после 8 лет его представленность в затылочных областях снижается и, начиная с 10 лет, доминирующим в ЭЭГ становится ритм альфа-2 (9,3-10,5 Гц), увеличивается и СМ альфа-3 (10,9-12,5 Гц). Иная ди-

намика характерна для переднецентральных отделов. В лобных областях до 8 лет доминирующим является тета-ритм, к 10 годам возрастает мощность альфа-ритма, которая еще не превышает мощность тета-ритма, и только после 14 лет доминирующим становится альфа-ритм, при этом превалирует его среднечастотный компонент (альфа-2). Определенная возрастная динамика характерна и для функциональных связей – степени статистической связности между ритмической активностью нейронных сетей в различных корковых зонах, что, в частности, отражается в параметрах когерентности (Cог) ЭЭГ. Однако, здесь не выявляются столь резкие различия медленных и более быстрых составляющих, как это характерно для спектральной мощности. Увеличение функции Cог от 4-6 к 8 годам характерно как для компонентов альфа-диапазона, так и для тета-ритма, при этом значения функции Cог несколько больше для ритмов альфа-диапазона, второй подъем Cог ритмов альфа-диапазона отмечается в возрасте от 14 к 16 годам. Обращает на себя внимание нелинейность возрастной динамики ритмов ЭЭГ – снижение показателей CM и Cог ЭЭГ в 12-14 лет, что, связано с нейроэндокринными изменениями (начало полового созревания). Д.А. Фарбер рассматривала выявленные в лаборатории возрастные закономерности формирования основного ритма ЭЭГ и его роли в осуществлении когнитивных операций как подтверждение точки зрения АА. Ухтомского «о значении факторов ритмообразования и сонатройки на единое функциональное состояние в обеспечении взаимодействия пространственно разнесенных структур мозга» при формировании «функционального рабочего органа» [61].

В современных исследованиях лаборатории изучение возрастной динамики функциональной связности в фоновой ЭЭГ также является одной из важных задач. Количественный анализ ЭЭГ высокой плотности (128 каналов) благодаря математическому моделированию позволяет перейти от оценки сигналов от сенсоров на поверхности головы к оценке сигналов от распределенных по поверхности коры источников тока. Это дает возможность с более высоким пространственным разрешением анализировать функциональную связность в тех областях коры, которые входят в так называемые сети покоя (resting state networks) – морфофункциональные объединения, образующие своего рода матрицу, на которой формируется нейрональная основа когнитивных процессов во время ментальной деятельности и сложных форм поведения. Изучение возрастной динамики функциональных связей между узлами дефолтной сети (DMN), сети обнаружения значимых событий (SN) и сети когнитивного контроля (CEN) в двух группах подростков 11-13 и 14-16 лет позволило обнаружить, что с возрастом сни-

жается функциональное взаимодействие на основе медленных ритмов тета-диапазона между узлами всех выбранных сетей, а также снижается сила влияний от заднеассоциативных к переднеассоциативным лобным зонам в узлах сети когнитивного контроля и дефолтной сети [30].

Уже в первых исследованиях ЭЭГ покоя в работах Д.А. Фарбер и сотрудников лаборатории использовались как количественные (анализ спектральных характеристик ЭЭГ осцилляций и их согласованной во времени активности), так и качественные (визуальный анализ ЭЭГ паттернов) методы. В начале и середине 90-х годов в рамках разработки междисциплинарного подхода к оценки индивидуальных особенностей когнитивного развития детей Р.И. Мачинской совместно со специалистами из Института проблем передачи информации (Лукашевич И.П.) и Института коррекционной педагогики, тогда Института дефектологии (Фишман М.Н.) была создана структурная схема описания результатов визуального анализа паттернов ЭЭГ и формирования на ее основе заключения об индивидуальных особенностях состояния коры и глубинных регуляторных структур мозга, которая получила название структурный анализ ЭЭГ [33, 34]. С помощью структурного анализа ЭЭГ были проведены исследования возрастных преобразований основного ритма и глубинных ЭЭГ паттернов, которые легли в основу определения критериев возрастной нормы функционального состояния ритмогенных сетей коры и различных глубинных регуляторных структур мозга у детей в возрасте от 5 до 10 лет [44]. На основе принципов структурного анализа и по результатам его применения для оценки функционального состояния мозга детей была создана компьютерная диагностическая система «ЭЭГ-Эксперт», на которую получено авторское свидетельство (№ 2006611586, Автоматизированная диагностическая система «ЭЭГ-эксперт»).

Важным преимуществом визуального структурного анализа ЭЭГ является возможность оценки индивидуальных особенностей функционального состояния корково-подкорковых регуляторных систем мозга, т.к. неоптимальное состояние отдельных систем (активирующей системы нижних отделов ствола мозга, фронто-таламической, фронто-лимбической, фронто-базальной) отражается на записях ЭЭГ спокойного бодрствования в виде характерных паттернов, различающихся формой и частотой колебаний, а также их топографией («Регуляция поведения и когнитивной деятельности...», в главе 3).

В связи с этим визуальный структурный анализ ЭЭГ в сочетании с количественными методами оценки ЭЭГ сигналов и нейропсихологическим анализом высших психических функций стал важным инструментом в ис-

следованиях индивидуальных и возрастных особенностей мозговых механизмов когнитивной деятельности детей и подростков (Развитие Мозговые механизмы ..., 2014; Регуляция поведения и когнитивной деятельности..., 2023, глава 3). В частности, в начале 2000-х годов были проведены исследования, направленные на оценку влияния неоптимального состояния фронто-таламической системы и системы неспецифической активации на формирование корково-корковых функциональных связей в состоянии покоя, которые позволили объяснить некоторые особенности когнитивных дефицитов у детей с трудностями обучения [39]. Было показано, что у детей с трудностями обучения наличие в ЭЭГ паттернов, отражающих неоптимальное состояние фронто-таламической системы (ФТС), сопровождается трудностями выделения категориальных признаков информации как при речевой, так и при зрительно-пространственной деятельности. В то же время у детей с ЭЭГ признаками дефицита общей неспецифической активации (ДА) отмечались трудности целостного восприятия зрительных объектов и непосредственного зрительного запоминания. При анализе фоновой когерентности альфа-ритма ЭЭГ у этих детей стала понятна возможная причина этих когнитивных особенностей, поскольку оказалось, что у детей с неоптимальным состоянием ФТС по сравнению с детьми контрольной группы снижена связность между корковыми зонами преимущественно левого полушария, участвующими в обеспечении процессов категоризации, а у детей с ДА – между затылочными зонами обоих полушарий, а также затылочной и теменной зоной правого полушария.

Результаты приведенного выше исследования свидетельствуют о роли регуляторных систем (РС) мозга как важного фактора формирования корково-корковых связей, в данном случае в процессе индивидуального развития.

Не менее существенное значение играют регуляторные системы в формировании динамических функциональных объединений корковых областей в процессе деятельности. Об этом свидетельствуют результаты многолетних экспериментальных исследований лаборатории, направленных на изучение функциональных систем мозга как нейрональной основы когнитивных процессов.

Возрастные особенности мозгового обеспечения базовых когнитивных функций

На протяжении 60-летней истории лаборатории в ней изучались мозговые механизмы познавательной деятельности и закономерности их формирования на разных этапах онтогенеза. При этом **в соответствии с системным подходом при анализе функциональных систем мозга их звенья,**

обеспечивающие обработку и интеграцию информации (информационные компоненты системы), и звенья, создающие условия для выделения значимой информации и ее использования при организации поведения (регуляторные компоненты системы), исследовались во взаимодействии. Это касалось как анализа нейрональных процессов во время реализации деятельности, так и изучения закономерностей их формирования в онтогенезе. И хотя терминологически выделение информационных и регуляторных компонентов при описании мозговых механизмов когнитивных процессов в работах лаборатории появилось в связи с исследованиями предстимульного внимания в 90-е годы [28], по сути, такой подход в какой-то степени является визитной карточкой лаборатории, и его можно найти уже в первых исследованиях Д.А. Фарбер, направленных на **изучение нейрональных основ зрительного восприятия.**

С этой точки зрения интересны исследования, выполненные Д.А. Фарбер в соавторстве с Л.А. Новиковой, результаты которых опубликованы в 1956 г. в «Физиологическом журнале СССР» [43]. В этом эксперименте анализировалась электрокортикограмма зрительной коры и сетчатки кролика и ее изменения при слуховой стимуляции под влиянием естественного (ритмический свет) и искусственного (под влиянием анодного тока) очага возбуждения в коре (модель доминанты по Ухтомскому). Оказалось, что под влиянием доминанты в зрительной коре растет уровень возбудимости сетчатки и снижается активность в других корковых зонах, в том числе в слуховой проекционной коре при слуховой стимуляции, что современным нейрофизиологическим языком можно было бы назвать избирательной активацией процессов обработки зрительной информации на фоне подавления реакции на стимулы другой модальности. Фактически в этом исследовании была продемонстрирована возможность нисходящих модулирующих влияний регуляторных компонентов функциональной системы на процессы обработки зрительной информации, причем не только корковые, но и периферические. В данном случае источником нисходящих влияний служил искусственный очаг возбуждения в коре. С помощью анализа ЭЭГ (вызванных потенциалов (ВП) и ритмической электрической активности) у новорожденных детей в ранних работах Д.А. Фарбер была выявлена роль нисходящих регуляторных влияний ретикулярной формации в обработке сенсорно-специфической зрительной информации в проекционной зрительной коре: специфический сенсорный ответ в зрительной коре отмечался только в сочетании с ЭЭГ признаками диффузной активации коры [60]. Существенный вклад в представления о роли информационных и регуляторных составляющих в системной организации процессов восприятия внесли

исследования так называемых специфических и неспецифических компонентов ВП различных корковых зон и их изменения в процессе онтогенеза [62]. В более поздних исследованиях Е.И. Савченко и Д.А. Фарбер [45, 46] при анализе вызванных потенциалов и нейронной активности коры кролика были обнаружены дифференцированные модулирующие влияния передних и задних ассоциативных областей на ВП и реакцию нейронов зрительной коры при световой стимуляции. Роль нисходящих влияний лобной коры в механизмах обработки зрительной информации у детей разного возраста позже стала предметом интенсивных исследований в совместных работах Т.Г. Бетелевой, Н.Е. Петренко, Савченко Е.И. и Д.А. Фарбер и других сотрудников лаборатории [6, 44, 49, 53, 56, 59, 68, 74, 76]. На основании анализа связанных с событием потенциалов (ССП) в сенсорно-специфических и ассоциативных зонах коры при выполнении детьми, подростками и взрослыми зрительных перцептивных задач разной сложности был сделан фундаментальный вывод о том, что **префронтальная кора осуществляет избирательные модулирующие влияния на активность корковых зон как на начальном, так и на завершающем этапе зрительного восприятия в соответствии с конкретной когнитивной задачей.** Кроме того, префронтальная кора сама является важным звеном распределенной зрительной нейронной сети, принимающей непосредственное участие в зрительном опознании. При этом **морфофункциональное созревание нейронного аппарата лобной коры способствует созреванию сенсорно-специфических механизмов зрительного восприятия в течение длительного периода онтогенеза от рождения до юношеского возраста.**

Исследования лаборатории, направленные на **выявление роли проекционных и ассоциативных корковых зон в механизмах обработки зрительной информации** являются непосредственными экспериментальными свидетельствами одного из основополагающих положений системной нейронауки – участия распределенных нейронных сетей в различных корковых зонах в реализации когнитивных процессов. В этих исследованиях лаборатории можно выделить два направления:

- изучение процессов обработки различной модально-специфической информации за пределами соответствующих сенсорно-специфических зон;
- анализ возвратного влияния ассоциативных зон на обработку сенсорно-специфических сигналов.

Первые исследования процессов обработки модально-специфической информации вне «корковых центров анализаторов» (господствующее понятие сенсорной физиологии в отечественной науке того времени) были выполнены в лаборатории на нейронах сенсомоторной коры кролика [59]. Ис-

следования нейронной активности позволили обнаружить фазные модально-специфические ответы сенсомоторной коры как на «чужие» зрительные, так и на «родные» электрокожные стимулы, причем анализ таких реакций на разных стадиях формирования нейронного аппарата коры говорит о том, что в механизмах их формирования участвуют специфические афферентные системы таламуса и внутрикорковые связи. В 1974 году Д.А. Фарбер опубликовала теоретическую обзорную статью [62], в которой проанализированы результаты исследований лаборатории и литературные данные о генезе и возрастных особенностях вторичных компонентов ВП проекционной коры и ВП непроекционных корковых зон. По результатам этого анализа был сделан вывод о вовлечении различных корковых зон и подкорковых образований в прием и переработку сенсорно-специфической информации, причем **«степень включения нейронных элементов коры... определяется значимостью той или иной корковой зоны в восприятии афферентного сигнала в данной конкретной ситуации, что в свою очередь, определяется включением в анализ стимула мотивационной и эмоциональной систем»** (там же стр. 234). Этот аргументированный экспериментальными исследованиями вывод является чрезвычайно актуальным и для современной когнитивной нейронауки. В более поздних исследованиях роли проекционных и ассоциативных зон коры в обработке зрительной информации у детей с помощью анализа ВП [67] были обнаружены специфические паттерны активации затылочной, теменной и височно-теменно-затылочной (ТРО) областей в операциях выделения контрастных границ, пространственных характеристик зрительных объектов и предметных изображений (лицевых паттернов) соответственно. При этом функциональная специфичность различных корковых зон в процессах зрительного восприятия формируется постепенно и отмечена у детей только после 6 лет (подробнее см. ниже в разделе «Общие закономерности формирования функциональных систем мозга, обеспечивающих развитие когнитивной деятельности»).

Существенные изменения мозговой функциональной организации зрительного восприятия в период между 5–6-ю и 7–8-ю годами, а также ее относительная незрелость по сравнению со взрослыми, были обнаружены в исследованиях **целостного восприятия зрительных объектов**. Для этих исследований использовались две экспериментальные парадигмы. В работах Е.В. Крупской, Р.И. Мачинской и А.В. Курганского [19, 29, 32] применялась экспериментальная модель Д. Навона, в которой иерархические зрительные стимулы (большие буквы, составленные из маленьких букв) по инструкции должны различаться на глобальном (большие буквы) или локальном (маленькие буквы) уровнях. Было показано, что у детей 5–6 лет лобные

и заднеассоциативные области мозга более активны при распознавании деталей, чем при распознавании целого, что не свойственно детям 7–8 лет и взрослым. «Приоритет» распознавания деталей объекта при зрительном восприятии у детей 5–6 лет проявляется в более выраженной реактивности фронтальных и нижневисочных зон коры как на этапах ранней селекции, так и на этапе избирательного привлечения внимания. Процессы анализа значимых категориальных признаков объекта также более интенсивно протекают при распознавании деталей и сопровождаются преимущественной активацией теменных зон коры. У детей 7–8 лет «участие» различных зон коры в распознавании деталей и целого дифференцированно и зависит от этапов анализа зрительного объекта. В этом возрасте мозговые процессы, обеспечивающие различные аспекты зрительного восприятия, более интенсивно протекают при распознавании целого объекта, чем его деталей, а процессы, связанные обработкой категориальных признаков, – при распознавании деталей. В обеих группах детей не обнаружено свойственного взрослым специфического участия структур дорзальной и вентральной зрительных систем в анализе целого и деталей. В целом сопоставление мозговой организации распознавания иерархических изображений у взрослых и детей 5–6-ти и 7–8-ми лет свидетельствует о длительном формировании нейрофизиологических механизмов целостного восприятия в онтогенезе, а также существенных преобразованиях функциональной организации зрительного восприятия сложных объектов при переходе от дошкольного к младшему школьному возрасту.

В работах Н.Е. Петренко и Д.А. Фарбер [55; 74, 75,76] возрастные преобразования механизмов формирования целостного образа из деталей исследовались с помощью другой экспериментальной модели, в которой предъявлялись неполные изображения знакомых объектов разного уровня фрагментации, а задача испытуемого была узнать в этих изображениях предмет и назвать его. Изучались информационные и регуляторные составляющие формирования целостного образа на основе анализа ССП при предъявлении изображений с разным уровнем фрагментации и функциональной связности корковых зон в период, предшествующий опознанию объекта. Показано, что механизмы опознания фрагментарных изображений с возрастом претерпевают существенные изменения, обусловленные постепенным и гетерохронным созреванием модально-специфических и ассоциативных областей коры. Исследования, проведенные с участием взрослых, свидетельствуют о вовлечении префронтальной коры в процесс опознания фрагментарных изображений и ее роли в сенсорно-специфической обработке изображений. Исследования, проведенные с участием детей 5–6 лет выя-

вили менее выраженную реактивность префронтальной коры, что сопровождалось существенно меньшей выраженностью негативного компонента Nc1 в заднеассоциативной коре, который ассоциируется с завершением опознания. При этом эффект опознания проявляется в увеличении амплитуды компонентов ССП, отражающих анализ и структурирование сенсорных признаков объекта. Полученные данные дают основание считать, что опознание неполных изображений в предшкольном возрасте осуществляется за счет их узнавания на основе суммации сенсорных признаков в условиях незрелости нисходящего контроля со стороны лобной коры. Сопоставление электроэнцефалографических данных с анализом параметров деятельности показало, что возрастные особенности мозговой организации опознания фрагментированных изображений определяют его низкую эффективность. Этот результат подтвердился при учете индивидуальных особенностей решения когнитивной задачи: дети 5–6 лет, отвечающие с большим количеством ошибок, отличались от детей той же возрастной группы, опознающих практически безошибочно, меньшей реактивностью префронтальной коры и меньшей дифференцированностью ответов в заднеассоциативных зонах. К 7–8-ми годам значительно увеличивается амплитуда компонентов ССП, связанных с опознанием предъявляемых изображений в префронтальной коре. В этом возрасте обнаруживается и выраженное усиление при опознании компонента Nc1 в нижневисочной коре, что указывает на формирующуюся систему нисходящего контроля. Изменению мозговых систем опознания к 7–8 годам соответствует уменьшение числа ошибок и снижение порога опознания. К 9–10 годам при опознании фрагментарных изображений наблюдается более выраженная активация префронтальных и экстрастриарных корковых зон, одновременно отмечается тенденция к дальнейшему улучшению эффективности деятельности.

Исследования системной организации процессов обработки информации в лаборатории не могли не затронуть проблемы **функциональной специализации полушарий**. В этой связи наиболее показательной можно считать серию исследований Т.Г. Бетелевой и Д.А. Фарбер, посвященных оценке межполушарных различий механизмов зрительного опознания с помощью анализа корковых ВП при адресации стимулов левому (предъявление в правом поле зрения) или правому (предъявление в левом поле зрения) полушарию в процессе решения когнитивных задач [8]. В исследованиях приняли участие дети 7 лет, подростки и взрослые. Полученные результаты выявили различное участие ассоциативных зон правого и левого полушарий в операциях опознания и классификации зрительных объектов в зависимости от этапа опознания и когнитивной задачи: на начальных

этапах опознания преобладала реактивность каудальных отделов правого полушария, на этапах классификации – реактивность заднеассоциативных зон левого полушария. Кроме того, были обнаружены возрастные различия: левополушарная асимметрия в лобных отделах при классификации изображений по отдельным категориальным признакам была выявлена только у взрослых. Помимо подтверждения распределенного и системного характера нейрональных механизмов восприятия, исследования межполушарной асимметрии были важны и для решения дискуссионного вопроса о природе функциональной специализации полушарий и ее возрастной динамике. В них отчетливо проявились полушарные особенности обработки информации: выделение категориальных признаков нейронными сетями левого полушария и целостная обработка информации нейронными сетями правого полушария.

Что касается исследований возвратного влияния активности ассоциативных корковых зон на процессы обработки сенсорно-специфической информации и их формирования в онтогенезе, то начало этих исследований в лаборатории заложили работы Г.В. Шуршалиной и коллег [7, 79], проведенные на нейронах коры и зрительного специфического таламического ядра (латерального коленчатого тела, ЛКТ) кроликов. Анализ формирования специфических ответов на зрительную стимуляцию у животных в раннем онтогенезе показал, что тоническое усиление активности нейронов ЛКТ на зрительные стимулы возникает раньше, чем в коре, однако характерный для зрелой системы фазный ответ на таламическом уровне формируется позже, чем в коре, уже под влиянием кортикофугальных влияний. Анализ реакций корковых нейронов на зрительные сигналы на разных стадиях раннего онтогенеза у кролика [45] показал, что созревание межкорковых пластических связей создает возможность динамических влияний задних и передних ассоциативных зон на нейроны зрительной области, что в свою очередь является условием формирования там специфических для зрительной коры ответов. Онтогенетические исследования лаборатории в модельных экспериментах на животных позволили сделать нетривиальный вывод о том, что **формирование мозговых механизмов когнитивных процессов не подчиняется закону «снизу вверх» или «от более простого к более сложному», а представляет собой процесс взаимного влияния и постоянного взаимодействия сенсорно-специфических и ассоциативных корковых структур разной сложности.** Эта закономерность была выявлена и при исследовании функционального созревания мозга детей.

Роль различных корковых зон в обработке зрительной информации и формировании механизмов зрительного восприятия интенсивно исследо-

вალაშ в ლაბორატორიი ნა პროტჟენი მნოგჟ ლეტ. ეტი ისლედოვანი ოტრჟენე ნი ვი კნიგე თ.გ. ბეტელევი, ნ.ვ. დუბროვინსკოი დ.ა.ფარბერ «სენსორნე მეხანიზმე რავივანოეგოშე მოგრა», ოპუბლიკოვანი ვ 1977 გ., დ მონოგრაფიი თ.გ. ბეტელევი «ნეიროფიზიოლოგიკესე მეხანიზმე ზრითელნო ვოსპრიიტი», ოპუბლიკოვანი ვ 1983 გ., ა თაკჟე გლავჟ ბლესე პოზდნიკ კოლლექტივნი მონოგრაფიი ლაბორატორიი [40, 44, 49; 81].

რეზულტატე ისლედოვანი ნეირონალნი მეხანიზმე ზრითელნო ვოსპრიიტი ლეგლი ვ ოსნოვუ რავრბოტანი ვ ლაბორატორიი კონცეპციი პოეტაპნო ფორმიროვანი სისტემნი ორგანიზაციი მოგროვო ობესეკენი კოგნიტივნი ფუნქციი ვ ონტოგენეზე, კოტორა ბლესე პოდრობნო რასსოტრენა ნიჟე.

ნარჟდუ ს ისლედოვანი ნეირონალნი მეხანიზმე ზრითელნო ვოსპრიიტი ნა რავნიკ ეტაპჟ ონტოგენეზა ვ ლაბორატორიი პროვოდილესი დ პროვოდიტესი ვ ნასოჟესე ვრემე ისლედოვანი მოგროვი ფუნქციონალნი ორგანიზაციი დრუგოი ბაზოვი კოგნიტივნი ფუნქციი – **ვნიმანიი**. ეტო მუ სპოსობსოვოვანი კაკ სისტემნე მეთოდოლოგიკესე ოსნოვკე, თაკ დ ექსპერიმენტალნე სვიდეტელსოვა (სმ. ვიშე) როლი ვოსხოდიკი დ ნისხოდიკი რეგულატორნი სისტემ მოგრა ვ პროცესჟ ობროტკი ინფორმაციი პრი კოგნიტივნი დეიტელნოსი.

ნაჩოლუ ისლედოვანი ფუნქციონალნი სისტემ ვნიმანიი დ იხ რავიტიი ვ ონტოგენეზე პოლოჟილი რავოტე პო **ისლედოვანი ორიენტროვოჩნი რეიქციი – ოდნიი იკ ფორმ ნეპროივოლნი ვნიმანიი**. ორიენტროვოჩნი რეიქციი (ОР), კაკ ოდნი იკ ბაზოვი მეხანიზმე ადაპტივნი პოვედენი, სოლა პრედმეტო ისლედოვანი დ.ა. ფარბერ ვ კონცე 50-ი გოვო. ვ სოვმესნი რავოტე ს ლ.ა. ნოვიკოვი [41] ნა ოსნოვანი ანალიზა სუმმარნი ელექტრიკესოი აქტივნოსი კორი დ გლუბინნი ობროვანიი მოგრა კროლიკა, ა თაკჟე რეგისტრაციი ვეგეტატივნი რეიქციი ბლო ობნარუჟენო, კო ორიენტროვოჩნი რეიქციი უ კროლიკა ვივოჟავტ ობესე ვოზბუჟდენი ორგანიზმი დ სოპროვოჟდესი ვოვლენი ნესპეციფიკესი სტრუქტურ თალამუსა დ ბოლშინსოვო კორკოვიკი ზონ ვ ვიდე ვოზნიკნოვენი ოსცილლაციი ს ჩასოტოი 4-7 გც. პრი ეტო თაკჟე თაკჟე აქტივნოსი თალამუსა დ კორი ნაბლოდესი პრი რავდრჟენი რფ სოვოლ. ზნაჩიმოსი ეტო ისლედოვანი ზაკლუკესი ვ დემონსტრაციი დოვოლნი სლოჟნიი ფუნქციონალნი ორგანიზაციი ონოსიტელნი პროსოტო პოვედენჩესოკო აქტა, ა თაკჟე როლი რიტმიკესიკი პროცესოვ ვ ნეირონნი სეტჟ, კაკ ვაჟნო მეხანიზმე რეგულაციი ფუნქციონალნი სოსოიანიი მოგრა. ისლედოვანი ნეირონალნი მეხანიზმე ორიენტროვოჩნი რეიქციი ნაიბოლეს ინტენსივნი პროვოდილესი ვ ლაბორატორიი ვ 70-80-ე გოდე. ონი თაკ ჟე, კაკ დ ისლედოვანი ნეირონალნი მეხანიზმე ზრითელნო ვოსპრიიტი თოგო ვრემენი, ვკლუკილი დო ორენი – ორენი ანალიზა აქტივნოსი ოდელნიკი ნეირონოვ დ ორენი ანალიზა სუმმარნი ელექტრიკესოი აქტივნოსი მოგრა – ელექტროენცეფალოგრამე (ЭЭГ). რეზულტატე ისლედოვანი დოჟი დოპოლნიკოვიკი დრუგ

друга электрофизиологических методов при исследовании животных и детей на разных стадиях развития стали основанием для выделения ключевых звеньев нейронной сети, обеспечивающей ориентировочную реакцию, и создания нейрофизиологической модели формирования непроизвольного внимания в онтогенезе ребенка. Основные исследования этого направления представлены в монографии Натальи Вадимовны Дубровинской «Нейрофизиологические механизмы внимания» (13), которая была руководителем лаборатории с 1994 по 2003 гг. Они также отражены в главах более поздних коллективных монографий лаборатории [44, глава 4, 49, глава 4]. Исследования, проведенные в лаборатории под руководством Н.В. Дубровинской [10, 14] экспериментально подтвердили нейронную модель ОР Е.Н. Соколова [48] и продемонстрировали роль гиппокампа, входящего в лимбическую систему эмоционально-мотивационной регуляции, как ключевого элемента функциональной организации непроизвольного экзогенного внимания. Вместе с тем показано, что непроизвольная реакция на новизну сигнала обеспечивается взаимодействием гиппокампа с другими структурами мозга, прежде всего корой – корково-гиппокампальной системой, включающей прямые и возвратные связи. Основной функцией этой системы является «сличение» на нейронах поля СА1 гиппокампа («нейронах новизны») информации, приходящей из сенсорно-специфических зон, с «нервной моделью стимула», хранящейся на этих же нейронах в виде набора (матрицы) уже потенцированных синапсов. Активация новых «входов» на нейронах новизны сигнализирует об изменении стимула и вызывает реакцию этих нейронов, которые посылают сигналы к активирующим системам мозга. Ориентировочный рефлекс, чувствительный к параметрам сигнала «на входе», вызывает диффузную активацию коры. Роль корково-гиппокампальных возвратных связей в реализации ориентировочной реакции выявилась в том числе и благодаря ЭЭГ анализу реакции на новизну у детей на разных этапах онтогенеза. Благодаря сопоставлению нейронных, морфологических и ЭЭГ исследований было обнаружено, что по мере созревания нейронного аппарата коры и кортикофугальных связей происходят изменения в механизмах ОР и ее функциональной роли в обеспечении целостного поведения [13; 70, 71]. У детей от 3-х до 10 лет выявлены три различные формы ЭЭГ выражения ОР. У детей 3-4 лет на фоне функциональной незрелости корково-гиппокампальной системы в ЭЭГ преобладает реакция в виде появления тета (4-8 Гц) или альфа (8-10 Гц) осцилляций, что отражает вовлечение системы эмоционально-мотивационной регуляции и согласуется с проявлением эмоциональной реакции детей на новизну стимула. Такой тип реагирования на новизну стимула сохраняется до 7-8 лет. В процессе дальнейшего раз-

вития нейронного аппарата коры ОР становится значимой для анализа информационных характеристик стимула. Изменяется и характер электрической активности при ОР: к 7-8 годам корковый компонент ОР представлен уже не усилением тета или альфа-активности, отражающей эмоциональное реагирование, а десинхронизацией доминирующего альфа-ритма, что у детей 9-10 лет и взрослых сопровождается одновременным увеличением представленности его низкочастотных и высокочастотных составляющих в отдельных корковых зонах. Подобные изменения корковой ритмики при произвольном внимании облегчают анализ и обработку информации, что проявляется в том числе в увеличении амплитуды ВП на внешние сигналы.

Практически параллельно с изучением мозговых механизмов произвольного внимания в лаборатории были созданы первые экспериментальные модели и стали проводиться исследования **произвольного направленного внимания**. Эта исследовательская задача является одной из основных и в настоящее время. В первых работах этого направления изучались скорее не сами нейрональные механизмы внимания, а его модулирующее влияние на обработку информации. Так в работе Д.А. Фарбер и Е.М. Фрид [77] анализировалось влияние произвольного привлечения внимания на вызванные реакции (ВП) проекционных и ассоциативных зон коры в ответ на простые зрительные стимулы – вспышки света у детей 7-9, 10-12 и подростков 13-15 лет. Ситуация привлечения внимания создавалась инструкцией считать вспышки или сравнивать стимулы, последовательно появляющиеся в случайном порядке, по яркости. По результатам этого исследования были сформулированы важные выводы о влиянии произвольного внимания, задаваемого характером деятельности, на функциональную организацию когнитивных процессов. Было показано, что: (1) привлечение внимания приводит к интенсификации процессов обработки информации в распределенных нейронных сетях коры, что отражается в увеличении амплитуды различных компонентов ВП как в зрительных сенсорно-специфических, так и в теменных и центральных зонах; (2) изменения ВП носят топографически избирательный характер – ранние компоненты ВП увеличиваются в проекционных зонах, поздние – в теменных и центральных, что говорит об избирательном изменении активности различных корковых зон в ситуации привлечения внимания; (3) с возрастом (к 13-15 годам) избирательность вовлечения корковых зон возрастает, в особенности это касается поздних компонентов ВП. Экспериментальные данные о постепенном возрастании роли произвольного внимания в системной мозговой организации когнитивных процессов в период от 5 до 10 лет представлены в работе А.С. Горева [11] при исследовании ССП в ситуации мобилизационной готовности. Ситуация произвольной мобили-

зации внимания создавалась инструкцией, согласно которой ребенок должен был следить за появлением на экране определенного (целевого) зрительного стимула и как можно быстрее нажимать на кнопку ответного устройства. Регистрируемые в этой ситуации ССП сравнивались с ответными реакциями мозга при спокойном слежении за появлением таких же сигналов без ограничения времени ответа. Исследование ССП показало, что у детей 4-5 лет уже сформирована возможность удерживать внимание по внешней инструкции, что отражается в увеличении позитивного компонента P300. Однако, генерализованная реакции коры свидетельствуют о том, что в этом возрасте влияние нейрофизиологических механизмов произвольного внимания носит еще недифференцированный характер. Вовлечение лобных отделов коры в виде избирательного роста амплитуды позитивных компонентов и изменения структуры ССП в этих зонах мозга отмечается только в 6-7 лет, а селективное влияние произвольного внимания на электрическую активность сенсорно-специфических зон формируется еще позже – к 9-10 годам. В этом возрасте необходимость реагирования на значимый зрительный стимул, предъявляемый в ряду других, приводит к избирательной перестройке различных звеньев распределенной сети: в затылочной проекционной области это проявляется в росте начальной позитивности, отражающей сенсорный анализ, в нижневисочной – в облегчении негативности N300, с которой ассоциируется процесс опознания характеристик объекта, в лобной – в росте поздних компонентов ССП, отражающих более сложные когнитивные операции, связанные со сличением приходящей информации со следами памяти и ее семантической обработкой. Еще одна экспериментальная модель произвольного внимания была направлена на анализ возрастных особенностей активности корковых зон, непосредственно связанной с мобилизацией внимания, которое создавалось внешней инструкцией [15]. В исследовании принимали участие дети 7-8 и 9-10 лет, подростки 17 лет и взрослые. В этих исследованиях нужно было сравнивать два последовательно предъявляемых контурных изображения, которым предшествовал предупреждающий сигнал. ЭЭГ регистрировалась в период ожидания задачи и в ответ на предупреждающий и целевые стимулы, при этом анализировались как параметры ССП, так и параметры согласованности ритмической активности в разных корковых зонах. Основные возрастные различия анализируемых в этом исследовании параметров ЭЭГ касались реактивности каудальных (затылочных и заднеассоциативных) и лобных зон: у подростков 17 лет и взрослых с одной стороны и детей обеих возрастных групп – с другой: в группах детей в ожидание перцептивной задачи вовлекались преимущественно каудальные зоны, тогда как у подростков и взрослых – лобные.

Возрастные различия в перестройках нейронных сетей мозга в ситуации мобилизационной готовности связывались в исследованиях лаборатории с морфофункциональным созреванием префронтальной коры. Предполагалось, что именно формирование системы нисходящей модуляции активности корковых нейросетей со стороны лобных регуляторных систем создает условия для избирательного вовлечения проекционных и ассоциативных зон в обработку значимой информации. Причем это касается как процесса реализации текущей деятельности, так и процесса совершенствования механизмов когнитивной деятельности в онтогенезе.

Таким образом, исследования лаборатории, направленные на анализ роли произвольного внимания в обработке информации в коре головного мозга стали основой для исследования нейрональных механизмов, с помощью которых осуществляются избирательные нисходящие влияния на активность корковых зон. Так в лаборатории в середине 90-х – начале 20-х годов была сформулирована новая исследовательская задача – выявление **нейрональных механизмов предстимульного избирательного внимания или избирательной настройки мозга на анализ значимой информации и подготовку к решению когнитивных задач.**

Развитию исследований, направленных на анализ механизмов избирательной настройки мозга на решение когнитивной задачи у детей предшествовали эксперименты Р.И. Мачинской, Н.О. Мачинского и Е.И. Дерюгиной с участием взрослых [31]. В этих и последующих исследованиях с участием детей использовалась экспериментальная модель, в которой задаче на различение простых сигналов разной модальности (у взрослых – слуховых, тактильных и зрительных, у детей – тактильных и слуховых) предшествовали сигналы, предупреждающие о модальности будущего стимула. Анализ функциональной связности корковых областей на основе альфа-ритма в период ожидания целевого сигнала позволил обнаружить избирательный модально-специфический рост функциональных связей между сенсорно-специфическими и ассоциативными зонами коры левого полушария, и увеличение связности между ассоциативными зонами правого полушария независимо от модальности стимула. Эти исследования позволили сделать два фундаментальных (и новых для исследований того времени) вывода о функциональной организации предстимульного направленного внимания: во-первых, в мозге существуют нейрональные механизмы, которые могут обеспечить избирательность внимания к значимой для деятельности информации еще до ее непосредственного восприятия сенсорными системами, во-вторых, правое и левое полушария мозга у взрослых по-разному участвуют в процессах преднастройки, что

определяется спецификой организации корково-корковых связей в каждом из полушарий.

В исследованиях произвольного избирательного предстимульного внимания, а в дальнейшем и других компонентов произвольной организации деятельности, существенную роль сыграло расширение спектра методов изучения когнитивной процессов, что стало развитием принципа междисциплинарности, естественным для лаборатории. Электроэнцефалографические исследования (как качественные, так и количественные) стали сочетаться с нейропсихологическими и поведенческими (экспериментально-психологическими). Были проведены комплексные исследования детей младшего школьного возраста с типичным развитием и трудностями обучения, включающие: (1) структурный анализ индивидуальных особенностей функционального состояния корково-подкорковых РС; (2) спектрально-корреляционный анализ ЭЭГ с использованием описанной выше экспериментальной модели и (3) нейропсихологическую оценку различных компонентов произвольной регуляции деятельности с помощью адаптированной для детей методики А.Р. Лурия [27, 28, 33, 35, 38, 47]. Эти исследования, наряду с клиническими и нейрофизиологическими данными позволили сформулировать гипотетическую модель нейрофизиологических механизмов избирательного предстимульного внимания, центральное место в которой занимает фронтоталамическая регуляторная система (ФТС). Роль этой системы, включающей префронтальную кору, дорзомедиальное ядро таламуса и его неспецифические ритмогенные ядра, состоит в избирательной настройке корковых нейронных сетей на обработку значимой информации и реализацию целенаправленного поведения [26]. Функциональное созревание ФТС у детей во многом определяет рост в период от 5-6-ти к 7-8-ми годам эффективности произвольной регуляции деятельности, прежде всего избирательной настройки на обработку значимой информации, а ее функциональная незрелость является существенным нейрофизиологическим фактором когнитивных дефицитов, приводящих к трудностям обучения [40].

Исследование избирательного предстимульного внимания у детей младшего школьного возраста с типичным развитием с использованием описанной выше экспериментальной модели [36, 37] показало, что на этом этапе онтогенеза уже сформированы нейрофизиологические механизмы избирательной модуляции корковой активности, обеспечивающие селективную настройку мозговых структур в соответствии с когнитивной задачей. Специфика функциональной организации коры при произвольном избирательном внимании у детей 7–8 лет состоит в отсутствии межполушарных различий и доминировании специфического модульного (левополушарного) типа

функционального взаимодействия корковых зон в обоих полушариях. У детей 9–10 лет при сохранении биполушарной организации избирательных модально-специфических функциональных связей распределенный тип взаимодействия между ассоциативными зонами уже преобладает в правом полушарии. Сопоставление данных, полученных при исследовании детей обеих возрастных групп и взрослых, свидетельствует о длительном формировании нейрофизиологических механизмов произвольного внимания в онтогенезе.

В последние десять лет исследования нейрофизиологических механизмов предстимульного избирательного внимания продолжились с использованием другой экспериментальной модели и более совершенной системой регистрации ЭЭГ высокой плотности [24, 83, 84]. Предстимульные процессы при избирательном произвольном модально-специфическом внимании в этих исследованиях сопоставлялись с избирательной преднастройкой, формирующейся в процессе имплицитного усвоения повторяющейся последовательности слуховых и зрительных задач. Показано, что в условиях избирательного предстимульного внимания, которое формируется с помощью стимула-подсказки, сигнализирующего о модальности будущего целевого стимула, растет функциональная связность по альфа-ритму префронтальной и теменной коры преимущественно в правом полушарии, а также функциональная связность префронтальной коры с сенсорно-специфическими зонами в соответствии с модальностью ожидаемой сенсорной задачи в обоих полушариях. В то время как преднастройка при имплицитном усвоении порядка следования сенсорных задач сопровождается ростом функциональных связей между сенсорно-специфическими зонами и вентральной премоторной корой на фоне отсутствия усиления связности во фронто-париетальной сети. Эти исследования, с одной стороны, подтвердили возможность эндогенной избирательной настройки нейронных сетей на обработку значимой информации, с другой стороны, позволили получить новые данные о роли фронто-париетальной сети правого полушария в механизмах предстимульного избирательного внимания. Существенный интерес для выявления возрастных особенностей функциональной организации мозга при произвольном внимании представляют данные, полученные с использованием этой экспериментальной модели в исследованиях с участием детей 9-10 лет. Оказалось, что в этом возрасте еще не в полной мере сформированы механизмы настройки нейронных сетей коры при произвольной подготовке к решению перцептивной задачи. Это касается преимущественно фронто-париетальной сети правого полушария. Это наблюдение что согласуется с данными предыдущих исследований предстимульного внима-

ния у детей 9-10 лет, которые свидетельствуют о длительном созревании правополушарных механизмов избирательного внимания.

Еще один важный аспект проводимых в лаборатории исследований формирования мозговых функциональных систем когнитивной деятельности в онтогенезе связан с изучением **рабочей памяти**.

Рабочая память (РП) – способность индивида кратковременно удерживать информацию, недоступную для непосредственного восприятия, преобразовывать эту информацию и использовать ее для осуществления целенаправленной (в том числе ментальной) активности. В многочисленных экспериментально-психологических и нейропсихологических исследованиях показана роль этой когнитивной функции в успешности усвоения школьных знаний на разных этапах обучения. Исследования нейрональных механизмов РП и их формирования у детей младшего школьного возраста и подростков проводятся в лаборатории с середины 2000-х годов и продолжают в настоящее время [5, 16, 17, 18, 20, 23, 54, 57, 80]. В этих исследованиях используются различные экспериментальные модели РП и различные параметры ЭЭГ, характеризующие функциональную организацию мозга – связанные с событиями потенциалы и оценки функциональной связности ритмической электрической активности в различных зонах мозга. Результаты этих исследований свидетельствуют о зависимости регуляторных и информационных компонентов функциональной организации РП от модальности удерживаемой информации, способов ее предъявления и времени удержания, а также от той деятельности, в которой эта информация должна использоваться.

Результаты исследования мозговой организации РП свидетельствуют об особенностях вовлечения лобных, заднеассоциативных и сенсорно-специфических структур коры больших полушарий в реализацию различных операций РП. Анализ ССП у взрослых испытуемых показал, что операция формирования следа сопровождается преимущественной активацией модально-специфических зрительных зон. На этом этапе обработки информации не было обнаружено усиления активации фронтальных областей коры. Такой характер изменений вызванной электрической активности (ЭА) свидетельствует о том, что осуществление операции запечатления следа не требует усиления нисходящих избирательных управляющих влияний, осуществляемых при участии префронтальной коры. Регуляторные управляющие влияния лобных структур отчетливо проявляются на этапе удержания следа в кратковременной памяти. При осуществлении этой операции в вызванной ЭА лобных и теменных областей коры отмечается увеличение амплитуды поздних фаз ответа и усиливается функциональное вза-

имодействие этих зон с сенсорно-специфическими зрительными областями на основе их синхронизации по альфа-ритму. Последнее свидетельствует о вовлечении фронтально-париетальной системы внимания в избирательную активацию внутренних репрезентаций. Одним из важных условий удержания значимой информации является обеспечение длительного неспецифического внимания, что связано с вовлечением лобно-лимбических модулирующих систем и проявляется в усилении функционального взаимодействия между лобными и височными областями коры по тета-ритму. Активация процессов манипулирования качественно-специфичной информацией в отсутствие сенсорного притока проявляется в усилении корково-корковых связей по бета-ритму преимущественно между модально-специфическими и ассоциативными зонами коры. Операция сопоставления текущей информации со следом в кратковременной памяти характеризуется активацией фронтальных зон коры уже на этапе сенсорного различения и идентификации целевого стимула. Активация лобной коры предшествует усилению активности модально специфических зрительных корковых зон, что свидетельствует о роли нисходящих управляющих влияний в избирательной регуляции информационных процессов при осуществлении этой операции.

Учитывая роль РП в усвоении знаний наибольший интерес представляют результаты исследования детей 7-8 лет, т.к. это возраст начала систематического обучения в школе. Показано, что основная особенность мозговой организации РП в этом возрасте состоит в менее выраженном вовлечении лобной коры в реализацию операции кратковременного хранения следа и его сопоставления с текущей информацией. Относительная незрелость системы управляющего контроля является вероятной причиной трудностей удержания качественно специфичной информации. Полученные данные позволяют предположить, что в обеспечении этого процесса у детей в большей степени участвуют гиппокампальные системы хранения следов, а необходимый для реализации этой когнитивной операции активационный уровень может создаваться влияниями других модулирующих систем, в частности системы экзогенного внимания. Функциональная незрелость структур лобной коры проявляется также в отсутствии свойственного взрослым раннего вовлечения этих корковых зон в реализацию операции сличения текущей информации со следом в кратковременной памяти. Недостаточность избирательных регуляторных влияний лобной коры может являться важным фактором, определяющим относительно более низкие показатели РП у детей 7-8 лет по сравнению со взрослыми.

В настоящее время в лаборатории изучаются вопросы зависимости регуляторных и информационных компонентов функциональной организации

РП на разных этапах онтогенеза от модальности удерживаемой информации, способов ее предъявления и времени удержания, а также от той деятельности, в которой эта информация должна использоваться.

Заключение

На протяжении всех лет существования лаборатории одной из задач проводимых в ней фундаментальных научных исследований было **выявление закономерностей формирования мозговых механизмов когнитивной деятельности в онтогенезе**. Этому вопросу посвящены ряд теоретических работ [3, 53, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 72, 73, 74], опубликованных в разное время.

В обобщенном виде можно следующим образом сформулировать основные закономерности формирования нейрональных основ когнитивного развития, которые были подтверждены исследованиями лаборатории или сформулированы на основании проведенных в ней исследований:

- Мозговые функциональные системы, обеспечивающие отдельные компоненты когнитивной деятельности и поведение в целом, формируются постепенно и имеют различную траекторию развития (принцип гетерохронии);
- На каждом уровне развития в структуру мозговых функциональных систем входят нейронные сети, обеспечивающие обработку информации (информационные компоненты системы) и нейронные сети, создающие условия для выделения значимой информации и ее использования при организации поведения (регуляторные компоненты системы);
- В процессе онтогенеза отдельные функционально специфичные нейронные сети в различных структурах мозга созревают и объединяются в функциональные системы, обеспечивающие осуществление когнитивных процессов, в зависимости от задач деятельности и уровня зрелости мозговых структур на разных этапах онтогенеза (принцип системогенеза).
- Уровень зрелости функциональных систем мозга, обеспечивающих базовые когнитивные процессы, и их индивидуальная структура на разных этапах онтогенеза, определяются взаимным влиянием биологических (видовых, генетических, средовых) факторов и социального взаимодействия ребенка и взрослого в процессе совместной деятельности (формирование зоны ближайшего развития)
- Процесс формирования функциональных систем когнитивной деятельности не подчиняется принципу «от простого к сложному» – от структур, стоящих на нижнем уровне иерархии нервной системы к структурам верхнего уровня. Созревание мозговых системы анализа и обработки информации на сенсорном уровне (сенсорно-специфических) и созревание систем, обеспечивающих сложные формы обработки информации и избирательной ре-

гулянии целенаправленного поведения, являются зависимыми процессами, оказывающими влияние друг на друга на всех этапах онтогенеза.

- Функциональные системы мозга, обеспечивающие базовые когнитивные функции, проходят 3 этапа развития.

Первый этап (период новорожденности) характеризуется локальным вовлечением сенсорно-специфических и моторных структур мозга, основанном на жестких анатомических связях, созревших к моменту рождения.

Второй этап (младенчество и дошкольный возраст) – период становления системной функциональной организации мозга. Он характеризуется генерализованным вовлечением структур мозга в обработку информации и организацию деятельности.

Третий этап начинается в возрасте 6-7 лет и длится в течение всего восходящего онтогенеза. Он характеризуется формированием динамических избирательных функциональных систем обработки информации и организации деятельности. Ведущим фактором формирования и совершенствования таких функциональных систем является созревание лобных отделов мозга и их связей с другими отделами коры и подкорковыми образованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова В.В., Фарбер Д.А. Отражение возрастных особенностей функциональной организации мозга в электроэнцефалограмме покоя // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л.: Наука, 1990. – С. 45-65.
2. Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса.-М.: Медицина, 1968. 548 с.
3. Безруких М.М., Мачинская Р.И., Фарбер Д.А. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка // Физиология человека. – 2009. – Т.35, №6. – С.10-24.
4. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. – М.: Наука, 1990. С. 373-392 с
5. Бетелева Т.Г., Мачинская Р.И., Курганский А.В., Фарбер Д.А. Мозговая организация рабочей памяти в младшем школьном возрасте // Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в предшкольном и младшем школьном возрасте / под ред. Р. И. Мачинской, Д. А. Фарбер. – М.: МПСУ; Воронеж: МОДЭК, 2014. – С.237-262.
6. Бетелева Т.Г., Фарбер Д.А. Роль лобных областей коры в произвольном и непроизвольном анализе зрительных стимулов // Физиология человека. – 2002. Т.28, №.5 – С. 5-14.

7. Бетелева Т.Г., Фарбер Д.А., Шуршалина Г.В. Корково-подкорковые взаимоотношения в системе зрительного анализатора на разных этапах онтогенеза // Журн. высш. нервн. деят. – 1975. – Т. 25, №3. – С.576-58
8. Бетелева Т.Г., Фарбер Д.А. Электрофизиологический анализ межполушарных различий механизмов зрительного опознания // Журн. высш. нервн. деят. – 1984. – Т. 34, №5. – С. 841-847.
9. Выготский Л. С. Психология развития ребенка. – М: Изд-во Смысл, Изд-во Эксмо, 2003. – 512с. (Серия «Библиотека всемирной психологии»).
10. Гоман (Мачинская) Р.И., Дубровинская Н.В. Анализ пластической конвергенции на нейронах поля СА1 дорзального гиппокампа кролика // Журн. высш. нервн. деят. – 1981. – Т.31, №1. – С. 141-147.
11. Горев А.С. Возрастные особенности произвольной регуляции функционального состояния центральной нервной системы // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л.: Наука, 1990. – С. 111-134.
12. Долин А.О., Фарбер Д.А., Змановский Ю.Ф. Об определении подвижности нервных процессов по реакции усвоения ритма световых мельканий// Журнал высшей нервной деятельности. – 1965. – Т. 15, №2. – С.381-392.
13. Дубровинская Н.В. Нейрофизиологические механизмы внимания. – Ленинград: Наука, 1985. 144 с.
14. Дубровинская Н.В. Фазные реакции нейронов гиппокампа и их возможное функциональное значение // Журн. высш. нервн. деят. – 1971. – Т.21, №5. – С. 1084-1087.
15. Дубровинская Н.В., Савченко Е.И. Формирование механизмов организации внимания в онтогенезе // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л.: Наука, 1990. – С. 87-109.
16. Корнеев А.А, Курганский А.В. Внутренняя репрезентация серии движений при воспроизведении статического рисунка и траектории движущегося объекта // Журн. высш. нервн. деят. – 2013. – Т.63, №4. – С. 437–450.
17. Корнеев А. А., Курганский А. В. Влияние способа зрительного предъявления сложной траектории на временные параметры ее отсроченного двигательного воспроизведения // Психологические исследования. – 2014. В.7, № 37. <https://doi.org/10.54359/ps.v7i37.594> (электронное издание)
18. Корнеев А.А., Ломакин Д.И., Курганский А.В., Мачинская Р.И. Запоминание вербальной и невербальной серийной информации детьми 9-11 лет // Национальный психологический журнал. – 2024. – Т.19, №4 (в печати)
19. Крупская Е. В., Мачинская Р.И. Возрастные изменения параметров распознавания иерархических стимулов в условиях направленного внимания у детей от 5 до 10 лет // Журн. высш. нервн. деят. им. И. П. Павлова. – 2010. – Т. 60, № 6. – С. 679–690.

20. Курганский А.В., Ломакин Д.И., Корнеев А.А., Мачинская Р.И. Мозговая организация рабочей памяти при отсроченном копировании ломаной линии: анализ потенциалов, связанных с императивным сигналом// Журн. высш. нервн. деят. – 2022. – Т.72, №3. – С. 387–404.

21. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1975. – 304 с.

22. Лурия А. Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. – М.: Изд-во МГУ, 1969. – 433 с

23. Мачинская Р. И., Курганский А. В. Фронтальные билатерально-синхронные тета-волны и когерентность фоновой ЭЭГ у детей 7–8 и 9–10 лет с трудностями обучения // Физиология человека. – 2013. – Т. 39, № 1. – С. 71–83.

24. Мачинская Р. И., Талалай И. В, Курганский А. В. Функциональная организация коры головного мозга при направленном и имплицитном модально-специфическом внимании. Анализ когерентности альфа-ритма в пространстве источников // Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. – 2015. – Т.65, №6 – С.661-675.

25. Мачинская Р.И. Регуляторные системы мозга и их функционирование в подростковом возрасте. Глава 1. / Регуляция поведения и когнитивной деятельности в подростковом возрасте. Мозговые механизмы/ Под ред. Р. И. Мачинской.- М: Изд-во МПСУ, 2023. – С. 20-160.

26. Мачинская Р.И. Управляющие системы мозга. // Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. – 2015. – Т.65, №1 – С.33-60.

27. Мачинская Р.И., Дубровинская Н.В. Мозговая организация предстимульного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста// Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в дошкольном и младшем школьном возрасте / Под ред. Р. И. Мачинской, Д. А. Фарбер. – М.: МПСУ; Воронеж: МОДЭК, 2014. – С.220-237.

28. Мачинская Р.И., Дубровинская Н.В. Онтогенетические особенности функциональной организации полушарий мозга при направленном внимании: ожидание перцептивной задачи //Журн. высш. нервн. деят. -1994. – Т.44, №3. – С.448-456.

29. Мачинская Р.И., Крупская Е.В. Мозговая организация распознавания деталей и целого при восприятии сложных изображений у детей дошкольного и младшего школьного возраста// Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в дошкольном и младшем школьном возрасте / Под ред.Р. И. Мачинской, Д. А. Фарбер. – М.: МПСУ; Воронеж: МОДЭК, 2014. – С. 95-134.

30. Мачинская Р.И., Курганский А.В., Ломакин Д.И. Возрастные изменения функциональной организации корковых звеньев регуляторных систем мозга у подростков. Анализ нейронных сетей покоя в пространстве источников ЭЭГ // Физиология человека. – 2019. – Т. 45, № 5. – С. 5-19.

31. Мачинская Р.И., Мачинский Н.О., Дерюгина Е.И. Функциональная организация правого и левого полушарий мозга человека при направленном внимании. // Физиология человека, 1992. – Т.18, № 6. – С.77-85.

32. Мачинская, Р. И. Крупская Е. В., Курганский А. В. Мозговая организация восприятия зрительных объектов на глобальном и локальном уровнях. Анализ связанных с событием потенциалов // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 5. – С. 29–48.

33. Мачинская, Р. И. Лукашевич И. П., Фишман М. Н. Динамика электрической активности мозга у детей 5–8 – летнего возраста в норме и при трудностях обучения // Физиология человека. – 1997. –Т. 23, № 5. – С. 5–11.

34. Мачинская Р.И., Курганский А.В. Электроэнцефалографические исследования регуляторных систем мозга. Качественный и количественный анализ. / Регуляция поведения и когнитивной деятельности в подростковом возрасте. Мозговые механизмы/ Под ред. Р. И. Мачинской.- М: Изд-во МПСУ, 2023. – С. 202-245.

35. Мачинская, Р. И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания: (аналитический обзор) // Журн. высш. нервн. деят. им. И. П. Павлова. – 2003. – Т. 53, № 2. – С. 133–151.

36. Мачинская Р.И., Дубровинская Н.В. Функциональная организация полушарий мозга при направленном внимании у детей 7–8 лет // Журн. высш. нервн. деят. им. И. П. Павлова. – 1996. – Т. 46, № 3. – С. 437–446.

37. 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.

38. Мачинская, Р. И., Семенова О. А. Особенности формирования высших психических функций у младших школьников с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга // Журн. эволюционной биохимии и физиологии. – 2004. – Т. 40, № 5. – С. 427–435.

39. Мачинская, Р.И., Соколова Л.С., Крупская Е.В. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение 2. Анализ когерентности альфа-ритма ЭЭГ// Физиология человека. – 2007. -Т.33, №2. – С.5-15.

40. Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в предшкольном и младшем школьном возрасте / Под ред. Р. И. Мачинской, Д. А. Фарбер. М.: МПСУ; Воронеж: МОДЭК, 2014. – 432 с

41. Новикова Л.А. Фарбер Д.А. Исследование синхронизированных ритмов в коре и ретикулярной формации мозга кролика при ориентировочной реакции // Физиологический журнал СССР. – 1959. Т. 45, №11. – С.1294-1303.

42. Новикова Л.А., Фарбер Д.А., Шулейкина К.В., Денисова Л.Г. О ранней и топической диагностике внутричерепной травмы новорожденных детей // Вестник академии медицинских наук. – 1962. В.10. – С.44-48.

43. Новикова Л.А., Фарбер Д.А. Электрофизиологическое исследование связи слухового и зрительного анализаторов при наличии доминантного очага в коре больших полушарий мозга кролика // Физиологический журнал СССР. – 1956. – Т.42, №5. – С.342-350

44. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д. А. Фарбер, М. М. Безруких. – М.: Изд-во МПСУ; Воронеж: МОДЭК, 2009. – 432 с

45. Савченко Е.И., Фарбер Д.А. Формирование функциональных влияний межанализаторных корковых зон на зрительную проекционную область коры в онтогенезе кроликов // Журн. высш. нервн. деят. – 1980. – Т. 30, № 5.– С.1061-1063.

46. Савченко Е.Н., Фарбер Д.А. Влияние стимуляции межанализаторных ассоциативных областей коры мозга кролика на вызванные потенциалы и ответы нейронов зрительной коры// Журн. высш. нервн. деят. – 1980. – Т. 30, Вып.3. – С.575-581.

47. Семенова О.А., Мачинская Р.И. Нейрофизиологические факторы когнитивных дефицитов у детей предшкольного и младшего школьного возраста// Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в предшкольном и младшем школьном возрасте / Под ред. Р. И. Мачинской, Д. А. Фарбер. – М.: МПСУ; Воронеж: МОДЭК, 2014. – С.323-380.

48. Соколов Е.Н. Детектор, командный нейрон и пластическая конвергенция // Журн. высш. нервн. деят. – 1977. – Т.27, №4. – С. 691-698.

49. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга / Под ред. О. С. Адрианова, Д. А. Фарбер. – Л.: Наука, 1990. – 177 с.

50. Ткаченко Н.М., Фарбер Д.А. Становление неспецифических таламо-кортикальных реакций в онтогенезе// Физиологический журнал СССР. – 1967. Т.53, №1. – С.1-12.

51. Ухтомский А. А. Доминанта как рабочий принцип нервных центров // Доминанта: физиология поведения / сост. А. А. Шапошникова. М.: АСТ, 2020. – С. 12–20

52. Ухтомский А.А. Очерк физиологии нервной системы (1941 г.) //Собрание сочинений. – Т.4. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1954. – 232 с.
53. Фарбер Д.А. Бетелева Т.Г. Формирование системы зрительного восприятия в онтогенезе//Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 5. – С. 26 – 36.
54. Фарбер Д.А. Бетелева Т.Г., Игнатьева И.С. Функциональная организация мозга в процессе реализации рабочей памяти // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 2. – С. 5–12.
55. Фарбер Д.А. Петренко Н.Е. Опознавание фрагментарных изображений и механизмы памяти // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 1. – С. 5–18.
56. Фарбер Д.А. Развитие зрительного восприятия в онтогенезе. Психофизиологический анализ // Мир психологии. – 2003. – № 2.- С. 114–123.
57. Фарбер Д.А. Бетелева Т.Г. Формирование мозговой организации рабочей памяти в младшем школьном возрасте // Физиология человека. – 2011. – Т. 37, № 1. – С. 5–15.
58. Фарбер Д.А., Алферова В.В. Электроэнцефалограмма детей и подростков. М.: Просвещение, 1972. – 215 с.
59. Фарбер Д.А. Волкова Е.В. Полисенсорные свойства нейронов сомоторной коры большого мозга кроликов в раннем онтогенезе // Журн. высш. нервн. деят. – 1970. – Т. 20., Вып.3. – С.628-636.
60. Фарбер Д.А. Генерализованные реакции и вызванные потенциалы в ЭЭГ новорожденных детей // Физиологический журнал СССР. – 1964. – Т. 50, №.6.- С. 697-706.
61. Фарбер Д.А. Идеи А.А. Ухтомского в изучении когнитивной деятельности // Российский физиологический журнал имени И.М. Сеченова. – 2000. – Т.86, № 8. – С. 921-927
62. Фарбер Д.А. О специфичности так называемых неспецифических зрительных вызванных потенциалов // Основные проблемы электрофизиологии головного мозга. – М.: Издательство «Наука», 1974 г. – С. 222 – 235
63. Фарбер Д.А. Системная организация интегративной деятельности мозга в онтогенезе ребенка // Физиология человека. – 1979. – Т.5, №3. – С. 516-525.
64. Фарбер Д.А. Функциональное созревание мозга в раннем онтогенезе (Электрофизиологическое исследование). – М: Просвещение, 1969. – 279 с.
65. Фарбер Д.А., Безруких М.М. Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка // Физиология человека, 2001. Т.27, №5. – С.8-16.
66. Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г. Регионарная и полушарная специализация операций зрительного опознавания. Возрастной аспект // Физиология человека. – 1990. – т.25, №1. – С.15-23.

67. Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г., Горев А.С., Савченко Е.И. Зрительная функция непроекционных отделов коры и ее отражение в вызванных потенциалах // Сенсорные системы. Зрение. – Ленинград: Наука, 1982. – С.53-64

68. Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г., Дубровинская Н.В., Савченко Е.И. Взаимодействие восприятия и внимания на разных этапах индивидуального развития // Журн. высш. нервн. деят. – 1990. – Т. 40, № 5. – С.860-869.

69. Фарбер Д.А., Дубровинская Д.А. Мозговая организация когнитивных процессов в дошкольном возрасте // Физиология человека – 1997. – Т.23, №2. – С. 25-32.

70. Фарбер Д.А., Дубровинская Н.В. Активационные процессы и эмоции в онтогенезе ребенка // Физиология человека. – 1989. – Т.15, №3. – С.61-68

71. Фарбер Д.А., Дубровинская Н.В. Онтогенетический анализ ЭЭГ реакции активации у детей // Журн. высш. нервн. деят. – 1983. – Т.33, №3. – С. 442-448

72. Фарбер Д.А., Дубровинская Н.В. Функциональная организация развивающегося мозга. (Возрастные особенности и некоторые закономерности) // Физиология человека. – 1991. – Т.17, №5. – С. 17-27..

73. Фарбер Д.А., Мачинская Р.И. Психофизиология активности в онтогенетических исследованиях / Теория деятельности: фундаментальная наука и социальная практика (к 100-летию А.Н. Леонтьева). Материалы международной конференции 28–30 мая 2003 г. / Под. общ. ред. А.А. Леонтьева. – С.157-159

74. Фарбер Д.А., Мачинская Р.И., Курганский А.В., Петренко Н.Е. Функциональная организация мозга в период подготовки к опознанию фрагментарных изображений // Журн. высш. нервн. деят. – 2014. – Т. 64, №2. – С. 190-200.

75. Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Особенности опознания фрагментарных изображений в 7-8-летнем возрасте. Анализ связанных событием потенциалов // Физиология человека. – 2005. – Т. 35, № 3. – С. 5–12.

76. Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Формирование механизмов опознания неполных изображений в предшкольном и младшем школьном возрасте // Физиология человека. – 2012. -Т.38, №5. – С.5 – 18.

77. Фарбер Д.А., Фрид Е.М. Направленное внимание и корковые вызванные потенциалы на свет у детей школьного возраста // Журн. высш. нервн. деят. – 1971. – Т.21, №5. – С. 1056-1061.

78. Фарбер Д.А., Эволюция специфических зрительных реакций коры больших полушарий в онтогенезе // Физиологический журнал СССР. – 1968. – Т. 54, №.7.- С.778 – 786

79. Шуршалина Г.В. Созревание нейронного аппарата подкоркового звена зрительного анализатора // Новые исследования по возрастной физиологии. – 1975. №1(4). – С.14-24.

80. Absatova K.A., Kurgansky A.V., Machinskaya R.I. The recall modality affects the source-space effective connectivity in the θ -band during the retention of visual information // Psychology and Neuroscience. – 2016. – V. 9, N 3. – P. 344-361.

81. Developing Brain and Cognition / Eds.: Farber D.A., Njiokiktjien Ch., Amsterdam: Syui Publ., 2003. 290 p.

82. Rizzolatti G, Fabbri-Destro M, Caruana F, Avanzini P. System neuroscience: Past, present, and future // CNS Neurosci Ther. – 2018 . V.24, N 8 - P. 685-693.

83. Talalay I.V., Kurgansky A.V., Machinskaya R.I. Alpha-band functional connectivity during modality-specific anticipatory attention in children aged 9-10 years: EEG-source coherence analysis // Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. – 2021. – Т.71, №4 – С. 547–562,

84. Talalay, I. V., Kurgansky, A. V., & Machinskaya, R. I. Alpha-band functional connectivity during cued versus implicit modality-specific anticipatory attention: EEG-source coherence analysis // Psychophysiology. – 2018. – V.55, N12. P. 1–16.

REFERENCES

1. Alferova V.V., Farber D.A. Otrazhenie vozrastnyh osobennostej funkcional'noj organizacii mozga v elektroencefalogramme pokoya // Strukturno-funcional'naya organizaciya razvivayushchegosya mozga. – L.: Nauka, 1990. – S. 45-65.

2. Anohin P. K. Biologiya i nejrofiziologiya uslovnogo refleksa.-M. : Medicina, 1968. 548 s.

3. Bezrukih M.M., Machinskaya R.I., Farber D.A. Strukturno-funcional'naya organizaciya razvivayushchegosya mozga i formirovanie poznavatel'noj deyatel'nosti v ontogeneze rebenka // Fiziologiya cheloveka. – 2009. – T.35, №6. – S.10-24.

4. Bernshtejn N.A. Fiziologiya dvizhenij i aktivnost'. – M.: Nauka, 1990. S. 373-392 s

5. Beteleva T.G., Machinskaya R.I., Kurganskij A.V., Farber D.A. Mozgovaya organizaciya rabochej pamyati v mladšem shkol'nom vozraste // Mozgovye mekhanizmy formirovaniya poznavatel'noj deyatel'nosti v predshkol'nom i mladšem shkol'nom vozraste / pod red. R. I. Machinskoj, D. A. Farber. – M.: MPSU; Voronezh: MODEK, 2014. – S.237-262.

6. Beteleva T.G., Farber D.A. Rol' lobnyh oblastej kory v proizvol'nom i neproizvol'nom analize zritel'nyh stimulov // Fiziologiya cheloveka. – 2002. T.28, №.5 – S. 5-14.

7. Beteleva T.G., Farber D.A., Shurshalina G.V. Korkovo-podkorkovye vzaimootnosheniya v sisteme zritel'nogo analizatora na raznyh etapah ontogeneza // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1975. – T. 25, №3.– S.576-58

8. Beteleva T.G., Farber D.A. Elektrofiziologicheskij analiz mezhpolutsharnyh razlichij mekhanizmov zritel'nogo opoznaniya // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1984. – T. 34, №5. – S. 841-847.

9. Vygotskij L. S. Psihologiya razvitiya rebenka. – M: Izd-vo Smysl, Izd-vo Eksmo, 2003. – 512s. (Seriya «Biblioteka vseмирnoj psihologii»).

10. Goman (Machinskaya) R.I., Dubrovinskaya N.V. Analiz plasticheskoi konvergencii na nejronah polya CA1 dorzal'nogo gippokampa krolika // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1981. – T.31, №1. – S. 141-147.

11. Gorev A.S. Vozrastnye osobennosti proizvol'noj reguljaccii funkcional'nogo sostoyaniya central'noj nervnoj sistemy // Strukturno-funkcional'naya organizaciya razvivayushchegosya mozga. – L.: Nauka, 1990. – S. 111-134.

12. Dolin A.O., Farber D.A., Zmanovskij Yu.F. Ob opredelenii podvizhnosti nervnyh processov po reakcii usvoeniya ritma svetovyh mel'kanij//Zhurnal vyssh. nervn. deyat. – 1965. – T. 15, №2. – S.381-392.

13. Dubrovinskaya N.V. Nejrofiziologicheskie mekhanizmy vnimaniya. – Leningrad: Nauka, 1985. 144 s.

14. Dubrovinskaya N.V. Faznye reakcii nejronov gippokampa i ih vozmozhnoe funkcional'noe znachenie // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1971. – T.21, №5. – S. 1084-1087.

15. Dubrovinskaya N.V., Savchenko E.I. Formirovanie mekhanizmov organizacii vnimaniya v ontogeneze // Strukturno-funkcional'naya organizaciya razvivayushchegosya mozga. – L.: Nauka, 1990. – S. 87-109.

16. Korneev A.A., Kurganskij A.V. Vnutrennyaya reprezentaciya serii dvizhenij pri vosproizvedenii staticheskogo risunka i traektorii dvizhushchegosya ob'ekta // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 2013. – T.63, №4. – S. 437–450.

17. Korneev A. A., Kurganskij A. V. Vliyanie sposoba zritel'nogo pred'yavleniya slozhnoj traektorii na vremennye parametry ee otsrochennogo dvigatel'nogo vosproizvedeniya // Psihologicheskie issledovaniya. – 2014. V.7, № 37. <https://doi.org/10.54359/ps.v7i37.594> (elektronnoe izdanie)

18. Korneev A.A., Lomakin D.I., Kurganskij A.V., Machinskaya R.I. Zapominanie verbal'noj i neverbal'noj serijnoj informacii det'mi 9-11 let // Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal. – 2024. – T.19, №4 (v pechati)

19. Krupskaya E. V., Machinskaya R.I. Vozrastnye izmeneniya parametrov raspoznavaniya ierarhicheskikh stimulov v usloviyah napravlennogo vnimaniya u detej ot 5 do 10 let // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. im. I. P. Pavlova. – 2010. – T. 60, № 6. – S. 679–690.

20. Kurganskij A.V., Lomakin D.I., Korneev A.A., Machinskaya R.I. Mozgovaya organizaciya rabochej pamyati pri otsrochennom kopirovanii lomanoj linii: analiz potencialov, svyazannyh s imperativnym signalom// Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 2022. – T.72, №3. – S. 387–404.

21. Leont'ev A. N. Deyatel'nost'. Soznanie. Lichnost'. M.: Politizdat, 1975. – 304 s.

22. Luriya A. R. Vysshie korkovye funkcii cheloveka i ih narusheniya pri lokal'nyh porazheniyah mozga. – M.: Izd-vo MGU, 1969. – 433 c

23. Machinskaya R. I., Kurganskij A. V. Frontal'nye bilateral'no-sinhronnye teta-volny i kogerentnost' fonovoj EEG u detej 7–8 i 9–10 let s trudnostyami obucheniya // Fiziologiya cheloveka. – 2013. – T. 39, № 1. – S. 71–83.

24. Machinskaya R. I., Talalaj I. V, Kurganskij A. V. Funkcional'naya organizaciya kory golovnogogo mozga pri napravlennom i implicitnom modal'no-specificheskom vnimanii. Analiz kogerentnosti al'fa-ritma v prostranstve istochnikov // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. im. I.P. Pavlova. – 2015. – T.65, №6 – S.661-675.

25. Machinskaya R.I. Regulyatornye sistemy mozga i ih funkcionirovanie v podrostkovom vozraste. Glava 1. / Regulyaciya povedeniya i kognitivnoj deyatelnosti v podrostkovom vozraste. Mozgovye mekhanizmy/ Pod red. R. I. Machinskoj.- M: Izd-vo MPSU, 2023. – S. 20-160.

26. Machinskaya R.I. Upravlyayushchie sistemy mozga. // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. im. I.P. Pavlova. – 2015. – T.65, №1 – S.33-60.

27. Machinskaya R.I., Dubrovinskaya N.V. Mozgovaya organizaciya predstimul'nogo proizvol'nogo vnimaniya u detej mladshogo shkol'nogo vozrasta// Mozgovye mekhanizmy formirovaniya poznavatel'noj deyatelnosti v predshkol'nom i mladšem shkol'nom vozraste / Pod red. R. I. Machinskoj, D. A. Farber. – M.: MPSU; Voronezh: MODEK, 2014. – S.220-237.

28. Machinskaya R.I., Dubrovinskaya N.V. Ontogeneticheskie osobennosti funkcional'noj organizacii polusharij mozga pri napravlennom vnimanii: ozhidanie perceptivnoj zadachi //Zhurn. vyssh. nervn. deyat. -1994. – T.44, №Z. – S.448-456.

29. Machinskaya R.I., Krupskaya E.V. Mozgovaya organizaciya raspoznavaniya detalej i celogo pri vospriyatii slozhnyh izobrazhenij u detej predshkol'nogo i mladshogo shkol'nogo vozrasta// Mozgovye mekhanizmy formirovaniya poznavatel'noj deyatelnosti v predshkol'nom i mladšem

shkol'nom vozraste / Pod red.R. I. Machinskoj, D. A. Farber. – M.: MPSU; Voronezh: MODEK, 2014. – S. 95-134.

30. Machinskaya R.I., Kurganskij A.V., Lomakin D.I. Vozrastnye izmeneniya funkcional'noj organizacii korkovyh zven'ev reguljatornyh sistem mozga u podrostkov. Analiz nejronnyh setej pokoya v prostranstve istochnikov EEG // Fiziologiya cheloveka. – 2019. – T. 45, № 5. – S. 5-19.

31. Machinskaya R.I., Machinskij N.O., Deryugina E.I. Funkcional'naya organizaciya pravogo i levogo polusharij mozga cheloveka pri napravlenom vnimanii. //Fiziologiya cheloveka, 1992. – T.18, № 6. – S.77-85.

32. Machinskaya, R. I. Krupskaya E. V., Kurganskij A. V. Mozgovaya organizaciya vospriyatiya zritel'nyh ob'ektov na global'nom i lokal'nom urovnjah. Analiz svyazannyh s sobytiem potencialov // Fiziologiya cheloveka. – 2010. – T. 36, № 5. – S. 29–48.

33. Machinskaya, R. I. Lukashevich I. P., Fishman M. N. Dinamika elektricheskoy aktivnosti mozga u detej 5–8 – letnego vozrasta v norme i pri trudnostyah obucheniya // Fiziologiya cheloveka. – 1997. –T. 23, № 5. – S. 5–11.

34. Machinskaya R.I., Kurganskij A.V. Elektroencefalograficheskie issledovaniya reguljatornyh sistem mozga. Kachestvennyj i kolichestvennyj analiz. / Reguljaciya povedeniya i kognitivnoj deyatel'nosti v podrostkovom vozraste. Mozgovye mekhanizmy/ Pod red. R. I. Machinskoj.- M: Izd-vo MPSU, 2023. – S. 202-245.

35. Machinskaya, R. I. Nejrofiziologicheskie mekhanizmy proizvol'nogo vnimaniya: (analiticheskij obzor)// Zhurn. vyssh. nervn. deyat. im. I. P. Pavlova. – 2003. – T. 53, № 2. – S. 133–151.

36. Machinskaya R.I., Dubrovinskaya N.V. Funkcional'naya organizaciya polusharij mozga pri napravlenom vnimanii u detej 7–8 let // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. im. I. P. Pavlova. – 1996. – T. 46, № 3. – S. 437–446.

37. Machinskaya, R. I. Funkcional'noe sozrevanie mozga i formirovanie nejrofiziologicheskikh mekhanizmov izbiratel'nogo proizvol'nogo vnimaniya u detej mladshego shkol'nogo vozrasta // Fiziologiya cheloveka. – 2006. – T. 32, № 1. – S. 26–36.

38. Machinskaya, R. I., Semenova O. A. Osobennosti formirovaniya vysshih psichicheskikh funkcij u mladshih shkol'nikov s razlichnoj stepen'yu zrelosti reguljatornyh sistem mozga // Zhurn. evolyucionnoj biohimii i fiziologii. – 2004. – T. 40, № 5. – S. 427–435.

39. Machinskaya, R.I., Sokolova L.S., Krupskaya E.V. Formirovanie funkcional'noj organizacii kory bol'shih polusharij v pokoe u detej mladshego shkol'nogo vozrasta s razlichnoj stepen'yu zrelosti reguljatornyh sistem mozga. Soobshchenie 2. Analiz kogerentnosti al'fa-ritma EEG// Fiziologiya cheloveka. – 2007. -T.33, №2. – S.5-15.

40. Mozgovye mekhanizmy formirovaniya poznavatel'noj deyatel'nosti v predshkol'nom i mladšem shkol'nom vozraste / Pod red. R. I. Machinskoj, D. A. Farber. M.: MPSU; Voronezh: MODEK, 2014. – 432 s

41. Novikova L.A. Farber D.A. Issledovanie sinhronizirovannyh ritmov v kore i retikulyarnoj formacii mozga krolika pri orientirovochnoj reakcii // Fiziologicheskij zhurnal SSSR. – 1959. T. 45, №11. – S.1294-1303.

42. Novikova L.A., Farber D.A., Shulejkina K.V., Denisova L.G. O rannej i topicheskoj diagnostike vnutricherepnoj travmy novorozhdennyh detej // Vestnik akademii medicinskih nauk. – 1962. V.10. – S.44-48.

43. Novikova L.A., Farber D.A. Elektrofiziologicheskoe issledovanie svyazi sluhovogo i zritel'nogo analizatorov pri nalichii dominantnogo ochaga v kore bol'shij polusharij mozga krolika // Fiziologicheskij zhurnal SSSR. – 1956. – T.42, №5. – S.342-350

44. Razvitiye mozga i formirovaniye poznavatel'noj deyatel'nosti rebenka / Pod red. D. A. Farber, M. M. Bezrukih. – M.: Izd-vo MPSU; Voronezh: MODEK, 2009. – 432 s

45. Savchenko E.I., Farber D.A. Formirovaniye funkcional'nyh vliyanij mezhanalizatornyh korkovyh zon na zritel'nuyu proekcionnuyu oblast' kory v ontogeneze krolikov // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1980. – T. 30, № 5.– S.1061-1063.

46. Savchenko E.N., Farber D.A. Vliyanie stimulyacii mezhanalizatornyh asociativnyh oblastej kory mozga krolika na vyzvannye potentsialy i otvety nejronov zritel'noj kory// Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1980. – T. 30, Vyp.3. – S.575-581.

47. Semenova O.A., Machinskaya R.I. Nejrofiziologicheskie faktory kognitivnyh deficitov u detej predshkol'nogo i mladšego shkol'nogo vozrasta// Mozgovye mekhanizmy formirovaniya poznavatel'noj deyatel'nosti v predshkol'nom i mladšem shkol'nom vozraste / Pod red. R. I. Machinskoj, D. A. Farber. – M.: MPSU; Voronezh: MODEK, 2014. – S.323-380.

48. Sokolov E.N. Detektor, komandnyj nejron i plasticheskaya konvergenciya // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1977. – T.27, №4. – S. 691-698.

49. Strukturno-funkcional'naya organizaciya razvivayushchegosya mozga / Pod red. O. S. Adrianova, D. A. Farber. – L.: Nauka, 1990. – 177 s.

50. Tkachenko N.M., Farber D.A. Stanovlenie nespecificheskijh talamo-kortikal'nyh reakcij v ontogeneze//Fiziologicheskij zhurnal SSSR. – 1967. T.53, №1. – S.1-12.

51. Uhtomskij A. A. Dominanta kak rabochij princip nervnyh centrov // Dominanta: fiziologiya povedeniya / sost. A. A. Shaposhnikova. M.: AST, 2020. – S. 12–20

52. Uhtomskij A.A. Oчерk fiziologii nervnoj sistemy (1941 g.) //Sobranie sochinenij. – T.4. – L.: Izd-vo LGU, 1954. – 232 s.
53. Farber D.A. Beteleva T.G. Formirovanie sistemy zritel'nogo vospriyatiya v ontogeneze//Fiziologiya cheloveka. – 2005. – T. 31, № 5. – S. 26–36.
54. Farber D.A. Beteleva T.G., Ignat'eva I.S. Funkcional'naya organizaciya mozga v processe realizacii rabochej pamyati // Fiziologiya cheloveka. – 2004. – T. 30, № 2. – S. 5–12.
55. Farber D.A. Petrenko N.E. Opoznanie fragmentarnyh izobrazhenij i mekhanizmy pamyati // Fiziologiya cheloveka. – 2008. – T. 34, № 1. – S. 5–18.
56. Farber D.A. Razvitie zritel'nogo vospriyatiya v ontogeneze. Psihofiziologicheskij analiz // Mir psihologii. – 2003. – № 2.- С. 114–123.
57. Farber D.A. Beteleva T.G. Formirovanie mozgovoј organizacii rabochej pamyati v mladšem shkol'nom vozraste // Fiziologiya cheloveka. – 2011. – T. 37, № 1. – S. 5–15.
58. Farber D.A., Alferova V.V. Elektroencefalogramma detej i podrostkov. M.: Prosveshchenie, 1972. – 215 s.
59. Farber D.A. Volkova E.V. Polisensornye svojstva nejronov sensomotornoj kory bol'shogo mozga krolikov v rannem ontogeneze // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1970. – T. 20., Vyp.3. – S.628-636.
60. Farber D.A. Generalizovannye reakcii i vyzvannye potencialy v EEG novorozhdennyh detej // Fiziologicheskij zhurnal SSSR. – 1964. – T. 50, №.6.- S. 697-706.
61. Farber D.A. Idei A.A. Uhtomskogo v izuchenii kognitivnoj deyatelnosti // Rossijskij fiziologicheskij zhurnal imeni I.M. Sechenova. – 2000. – T.86, № 8. – S. 921-927
62. Farber D.A. O specifichnosti tak nazyvaemyh nespecificeskikh zritel'nyh vyzvannyh potencialov // Osnovnye problemy elektrofiziologii golovnogogo mozga. – M.: Izdatel'stvo «Nauka», 1974 g. – S. 222 – 235
63. Farber D.A. Sistemnaya organizaciya integrativnoj deyatelnosti mozga v ontogeneze rebenka // Fiziologiya cheloveka. – 1979. – T.5, №3. – S. 516-525.
64. Farber D.A. Funkcional'noe sozrevanie mozga v rannem ontogeneze (Elektrofiziologicheskoe issledovanie). – M: Prosveshchenie, 1969. – 279 s.
65. Farber D.A., Bezrukih M.M. Metodologicheskie aspekty izucheniya fiziologii razvitiya rebenka // Fiziologiya cheloveka, 2001. T.27, №5. – S.8-16.
66. Farber D.A., Beteleva T.G. Regionarnaya i polusharnaya specializaciya operacij zritel'nogo opoznaniya. Vozrastnoj aspekt // Fiziologiya cheloveka. – 1990. – t.25, №1. – S.15-23.
67. Farber D.A., Beteleva T.G., Gorev A.S., Savchenko E.I. Zritel'naya funkciya neproekcionnyh otdelov kory i ee otrazhenie v vyzvannyh potencialah // Sensornye sistemy. Zrenie. – Leningrad: Nauka, 1982. – S.53-64

68. Farber D.A., Beteleva T.G., Dubrovinskaya N.V., Savchenko E.I. Vzaimodejstvie vospriyatiya i vnimaniya na raznyh etapah individual'nogo razvitiya // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1990. – T. 40, № 5. – S.860-869.

69. Farber D.A., Dubrovinskaya D.A. Mozgovaya organizaciya kognitivnyh processov v doshkol'nom vozraste // Fiziologiya cheloveka – 1997. – T.23, №2. – S. 25-32.

70. Farber D.A., Dubrovinskaya N.V. Aktivacionnye processy i emocii v ontogeneze rebenka // Fiziologiya cheloveka. – 1989. – T.15, №3. – S.61-68

71. Farber D.A., Dubrovinskaya N.V. Ontogeneticheskij analiz EEG reakcii aktivacii u detej // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1983. – T.33, №3. – S. 442-448

72. Farber D.A., Dubrovinskaya N.V. Funkcional'naya organizaciya razvivayushchegosya mozga. (Vozrastnye osobennosti i nekotorye zakonomernosti) // Fiziologiya cheloveka. – 1991. – T.17, №5. – S. 17-27..

73. Farber D.A., Machinskaya R.I. Psihofiziologiya aktivnosti v ontogeneticheskikh issledovaniyah / Teoriya deyatelnosti: fundamental'naya nauka i social'naya praktika (k 100-letiyu A.N. Leont'eva). Materialy mezhdunarodnoj konferencii 28–30 maya 2003 g. / Pod. obshch. red. A.A. Leont'eva. – S.157-159

74. Farber D.A., Machinskaya R.I., Kurganskij A.V., Petrenko N.E. Funkcional'naya organizaciya mozga v period podgotovki k opoznaniyu fragmentarnyh izobrazhenij // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 2014. – T. 64, №2. – S. 190-200.

75. Farber D.A., Petrenko N.E. Osobennosti opoznaniya fragmentarnyh izobrazhenij v 7-8-letnem vozraste. Analiz svyazannyh sobytijem potencialov // Fiziologiya cheloveka. – 2005. – T. 35, № 3. – S. 5–12.

76. Farber D.A., Petrenko N.E. Formirovanie mekhanizmov opoznaniya nepolnyh izobrazhenij v predshkol'nom i mladshem shkol'nom vozraste // Fiziologiya cheloveka. – 2012. -T.38, №5. – S.5 – 18.

77. Farber D.A., Frid E.M. Napravlennoe vnimanie i korkovye vyzvannye potencialy na svet u detej shkol'nogo vozrasta // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 1971. – T.21, №5. – S. 1056-1061.

78. Farber D.A., Evolyuciya specificheskikh zritel'nyh reakcij kory bol'shih polusharij v ontogeneze // Fiziologicheskij zhurnal SSSR. – 1968. – T. 54, №.7.- S.778 – 786

79. Shurshalina G.V. Sozrevanie nejronnogo apparata podkorkovogo zvena zritel'nogo analizatora // Novye issledovaniya po vozrastnoj fiziologii. – 1975. №1(4). – S.14-24.