

УВАКИНА ЕВГЕНИЯ ВЛАДИМИРОВНА

**ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ У
ДЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДУЛЯ ПОСТПРОЦЕССИНГОВОЙ
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ КОМПЬЮТЕРНОГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА «ПСИХОМАТ»**

3.1.21. Педиатрия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Работа выполнена в федеральном государственном автономном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

Доктор медицинских наук, профессор

Фисенко Андрей Петрович

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики имени академика Л.О.Бадаляна педиатрического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации

Немкова Светлана Александровна

доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией коррекции психического развития и адаптации федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мозга человека им. Н.П. Бехтеревой Российской академии наук

Чутко Леонид Семенович

Ведущая организация:

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Защита диссертации состоится «_____» «_____» 2024 года в «_____» часов на заседании диссертационного совета 21.1.026.01 при ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России по адресу: 119991, Москва, Ломоносовский проспект, 2 стр.1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России по адресу: 119991, Москва, Ломоносовский проспект, 2 стр.1 и на сайте <http://www.nczd.ru>

Автореферат разослан «_____» «_____» 2024 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор медицинских наук, профессор РАН

Винярская Ирина Валериевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Высокий интерес к научным и практическим проблемам получения количественных характеристик высшей нервной деятельности сохраняется на протяжении многих десятилетий. Особое внимание уделяется становлению психофизиологических и когнитивных функций в детском возрасте (Фисенко А.П. с соавт., 2020, Лазуренко С.Б., 2015). На формирование высших психических функций влияют многие факторы: от течения беременности и родов у матери и до социальных и культурологических аспектов жизни.

Наблюдаемый рост численности детского населения в Российской Федерации влечет за собой и увеличение числа детей с различными соматическими и/или неврологическими заболеваниями. Применение высоких технологий в неонатальной службе обуславливает успешное выхаживание глубоко недоношенных детей, а также детей, перенесших перинатальное поражение ЦНС, что может быть причиной формирования когнитивных и психофизиологических дисфункций (Яцык Г.В. с соавт., 2000).

В настоящее время интенсификация учебного процесса, а именно повышение требований к обучению, внедрение раннего предпрофильного образования и обязательное прохождение дополнительных образовательных курсов оказывают существенное влияние на развитие ВПФ у детей. Эти факторы могут негативно отражаться на психофизиологических показателях и эмоциональном фоне детей (Чанчаева Е.А. с соавт., 2019, Кучма В.Р. с соавт., 2015).

С учетом вышеизложенного, исследование когнитивного и психофизиологического статуса детей в дошкольном и школьном возрасте является прогностически важным для ранней диагностики и своевременной коррекции выявленных нарушений.

Разработка и внедрение в медицину психофизиологической аппаратуры, позволяющей определять состояние психофизиологических и когнитивных функций стало важным этапом развития экспериментальных исследований, посвященных поиску количественных характеристик восприятия, внимания, памяти, координации, мелкой моторики и других высших корковых функций.

Использование психофизиологических приборов имеет ряд преимуществ перед устаревшими технологиями тестирования на бумажных носителях: прежде всего это возможность стандартизации условий и параметров проведения обследования, уменьшение субъективизма при интерпретации результатов и зависимости результатов от социально-культурологических, языковых и образовательных факторов.

Эпоха глобальной цифровизации определило внедрение компьютерных технологий в медицину, тем самым стало возможным создание и развитие компьютерных нейропсихологических программ, особенностями которых являются возможность оперативного получения результатов, создание нормативных баз данных, проведение сравнительного анализа при повторных исследованиях (Астаева А.В. с соавт., 2018, Wild K. et al, 2008). В настоящее время симбиоз компьютерных технологий и психофизиологических приборов при оценке и обработке исследуемых параметров психофизиологических функций и когнитивной деятельности, позволяют перейти на новый уровень контроля процессов высших психических функций.

В Российской практике отсутствуют нейропсихологические порталы наподобие зарубежных CNS Vital Signs¹ или CAT - Cambridge Automated Testing²; известны лишь единичные программные комплексы, разработанными для узкой когорты пациентов.

Одна из основных методологических проблем при проведении исследований когнитивных и психофизиологических функций у детей в отечественных исследованиях является отсутствие постпроцессинговой обработки результатов тестирования, невозможность сопоставления данных однонаправленных тестов, и соответственно, трудности в интерпретации результатов (относительно здоровой когорты).

Также остается нерешенной проблема массового скринингового тестирования детей дошкольного и школьного возраста с целью ранней диагностики дефицита высших психических функций. Проведение скринингового тестирования позволит оптимизировать время обследования, что является крайне актуальным при массовом тестировании детей в детских садах, поликлиниках, школах; а также выявить когорту детей, которым необходимо углубленное тестирование с целью определения степени дефицита высших психических функций. Повторное применение скрининговой программы может является объективным способом динамической оценки когнитивных и психофизиологических показателей ребенка.

Степень разработанности темы

Изучению когнитивных и психофизиологических функций у детей посвящено большое количество исследований как в нашей стране, так и за рубежом (Астаева А.В. с соавт., 2018, Ахутина Т.В. с соавт., 2017, Кучма В.Р. с соавт., 2017, Bauer et al., 2012, Brooks et al., 2019). Эпоха глобальной цифровизации диктует активное развитие компьютерных нейропсихологических тестов, особое внимание в которых уделяется созданию скрининговых программных комплексов, позволяющих при массовом тестировании, выявлять когорты детей с дефицитом высших психических функций (Gualtieri C.T. et al., 2006, Wojcik S.M. et al., 2019). Использование зарубежных скрининговых программ в отечественной практике осложняется разностью подходов к образовательному процессу и возрасту начала обучения. Создание отечественных скрининговых программ затруднено в связи с отсутствием полных нормативных баз данных показателей ВПФ, на основе которых возможно было бы установить наиболее значимые тесты для оценки последних. Также, в отечественной практике не разработаны современные модели автоматической обработки данных для оценки результатов тестирования в онлайн-режиме.

В связи с вышеизложенным, мы считаем необходимым проведение комплексного тестирования с использованием современной психофизиологической аппаратуры, формирование на его основе нормативной базы данных и создание программного комплекса, включающего в себя возможность проведения скринингового тестирования.

Цель исследования

Создать и апробировать модуль постпроцессинговой обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат» для оценки психофизиологических и когнитивных функций у детей.

¹ <http://www.cnsvs.com>

² <https://www.cambridgecognition.com>

Задачи исследования

1. Определить параметры психофизиологических и когнитивных функций здоровых детей 6-16 лет с применением компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат».
2. Разработать балльную оценку и сформировать нормативную базу данных параметров высших психических функций здоровых детей 6-16 лет.
3. Создать скрининговую программу для проведения массового тестирования детей в детских учреждениях.
4. Разработать программный комплекс для ЭВМ: «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»» для оценки результатов тестирования в онлайн-режиме.
5. Провести верификацию и апробировать созданный программный комплекс для ЭВМ в детском дошкольном общеобразовательном учреждении.

Научная новизна

Впервые определены параметры психофизиологических и когнитивных функций здоровых детей 6-16 лет с применением расширенного тестирования (24 теста, 66 параметров) на КПФК «Психомат».

На основании проведенного тестирования на КПФК «Психомат» впервые создана скрининговая программа, которая является чувствительным инструментом первичной оценки когнитивных и психофизиологических функций в условиях массового скрининга детей.

Впервые разработан и верифицирован программный комплекс для ЭВМ: «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат» для получения результатов тестирования в онлайн-режиме, который включает в себя возможность оценки проведенного как скринингового, так и расширенного тестирования.

Теоретическая и практическая значимость

Разработана балльная оценка показателей когнитивных и психофизиологических функций здоровых детей 6-16 лет, которая позволила стандартизировать результаты расширенного тестирования на КПФК «Психомат» и сформировать нормативную базу данных.

Разработан и внедрен в практику детского невролога, созданный на основе тестирования на КПФК «Психомат», модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных, дающих возможность в онлайн-режиме получить результаты исследования высших психических функций у детей как при скрининговом, так и при расширенном тестировании. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022612718 от 28.02.2022.

Результаты исследования важны для клинической практики, так как применение программного комплекса позволяет своевременно выявить нарушения когнитивных и психофизиологических функций у детей и провести коррекцию образовательного маршрута.

Внедрение результатов работы в практику

Основные научные положения, выводы и рекомендации исследования используются в научной и клинической работе отделения психоневрологии и нейрореабилитации, отделении

расстройств аутистического спектра и других психических расстройств детского возраста ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, ГБУЗ "Научно-практический центр детской психоневрологии» Департамента здравоохранения города Москвы.

Методология и методы исследования

Проведен анализ современных научных данных отечественной и зарубежной литературы, посвященной проблеме диагностики психофизиологических и когнитивных функций у детей, особое внимание уделено современным отечественным разработкам в области создания компьютерных нейропсихологических батарей тестов. В диссертационном исследовании были проанализированы данные 306 детей, разделенных на 3 исследовательские группы. В основной группе (184 ребенка) проводилось тестирование детей на КПФК «Психомат», по результатам которого был разработан модуль постпроцессинговой обработки данных для оценки психофизиологических и когнитивных функций у детей 6-16 лет. В контрольной группе (60 детей) проведена верификация разработанного модуля, на экспериментальной группе (62 ребенка) продемонстрировано применение разработанного модуля в реальной клинической практике.

Статистический анализ полученных данных проводили в соответствии с современными методиками, включая описательные статистические методы, Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы SPSS 26.0 (SPSS Inc., США). Проверка формы распределения определялась с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова Смирнова (при числе исследуемых более 50). При наличии нормального распределения использовались показатели: среднее значение, стандартное отклонение; для непараметрических критериев использовались медиана и перцентили. Для сравнения параметрических данных использовался t-критерий Стьюдента, парный критерий Стьюдента, одномерный дисперсионный анализ с применением теста Дункана для сравнения более 2х групп, коэффициент корреляции Пирсона. Для исследования непараметрических данных (порядковые шкалы), использовался χ^2 , коэффициент корреляции Спирмена, U-тест Манна и Уитни, H-тест методом Крускала и Уоллиса. Степень достоверности (p) при всех вычислениях устанавливалась на уровне 0,05 и ниже.

Положения, выносимые на защиту

1. Проведенное расширение тестирования на КПФК «Психомат» с использованием 24 тестов (66 параметров) позволило разработать балльную оценку когнитивных и психофизиологических функций у детей 6-16 лет и сформировать нормативную базу данных.
2. Высокая потребность получения результатов тестирования в онлайн-режиме определило создание и, в дальнейшем, верификацию программного комплекса: «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»».
3. Созданная скрининговая программа для первичной оценки когнитивных и психофизиологических функций является чувствительным инструментом в условиях массового скрининга детей.

4. Проведение обследования с применением разработанного программного комплекса позволяет выявить когорту детей с нарушением высших психических функций в общей группе детского дошкольного учреждения и своевременно скорректировать их образовательный маршрут.

Степень достоверности результатов

Исследование основывается на современных представлениях о диагностике психофизиологических и когнитивных функций у детей, которые анализируются в отечественной и зарубежной литературе. Достоверность результатов диссертации определяется репрезентативностью выборки пациентов, подтверждается достаточным объемом полученных данных.

Используемые статистические методы адекватны поставленным задачам, а сформулированные положения, выводы и рекомендации аргументированы и логически вытекают из полученных данных.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Осенние Филатовские чтения – важные вопросы детского здоровья» (г. Севастополь, 2021г), V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Осенние Филатовские чтения – важные вопросы детского здоровья» (г. Владимир, 2023г)

Публикации

По теме диссертации опубликовано 4 научные работы, из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ для публикации результатов диссертационных исследований, из них 2 статьи и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022612718 от 28.02.2022 «Модуль постпроцессинговой обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»».

Личный вклад автора

Личный вклад автора основан на активном участии в проведении исследования на всех его этапах: определении цели и задач, разработке дизайна исследования, изучении научной литературы, посвященной современному состоянию исследуемого вопроса, обследовании пациентов, статистической обработке данных, интерпретации и анализе полученных результатов, оформлении научных статей, участии в научно-практических конференциях, внедрении в клиническую практику разработанных рекомендаций.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 227 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием материалов и методов исследования, четырех глав собственных исследований, обсуждения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Список литературы представлен 155 источниками, из которых 31 в зарубежных изданиях. Полученные результаты проиллюстрированы с помощью 95 таблиц и 36 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Исследование проводилось в 2019-2023 гг. в ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России (директор – д.м.н., проф. Фисенко А.П.). Базой для исследования были ГБОУ города Москвы «Школа №199» и ГАОУ города Москвы «Школа №548 «Царицыно» (дошкольное отделение).

Объем, методы и дизайн исследования

В соответствии с дизайном исследования (рисунок 1) обследовано 306 детей в возрасте от 6 до 16 лет 11 мес 29 дней.

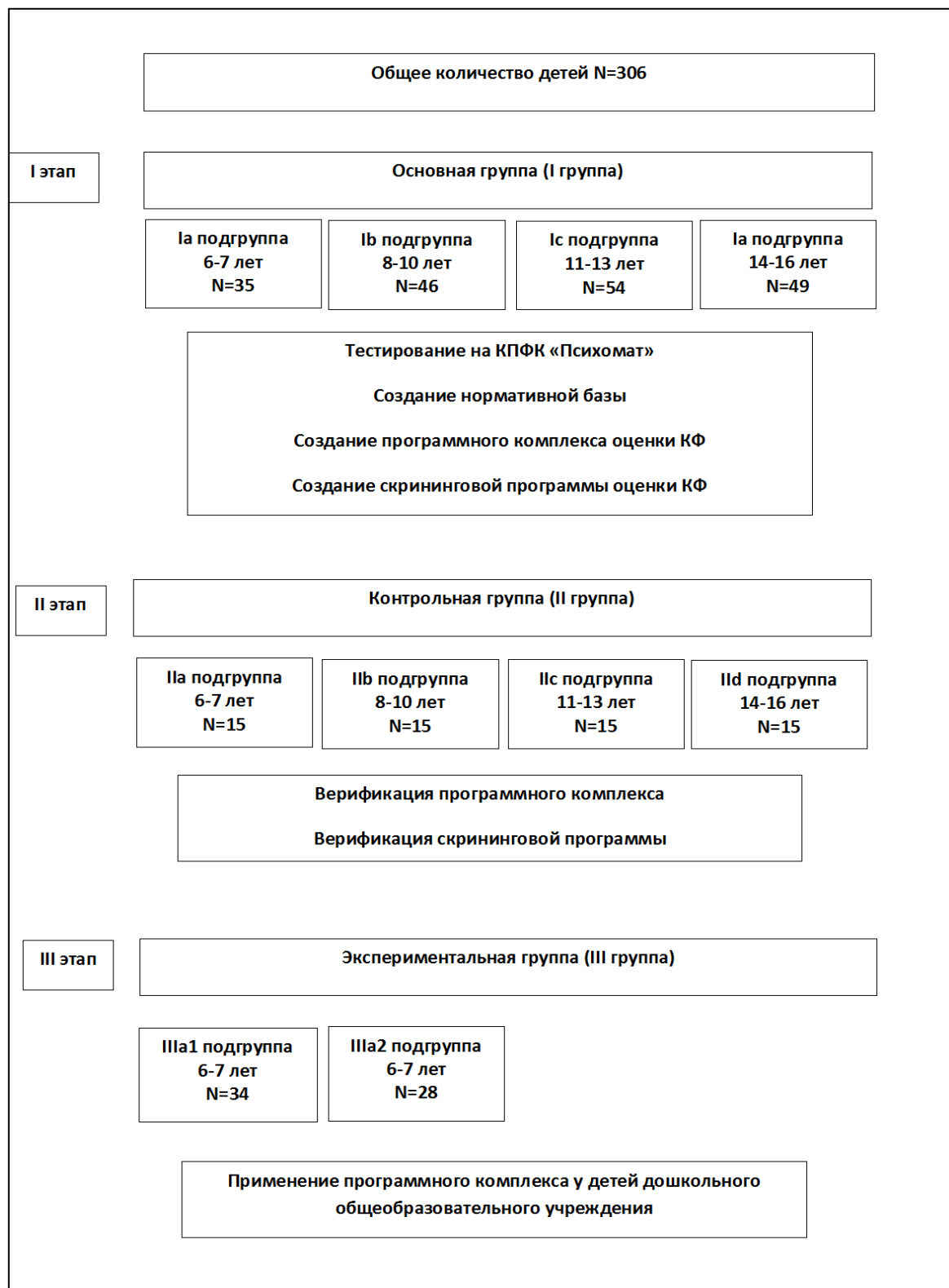


Рисунок 1. Дизайн исследования

Основную группу (I группа) составили 184 здоровых ребенка, обучающихся в общеобразовательной школе. Соответственно возрасту, были выделены 4 подгруппы: Ia – 6-7 лет (35 детей – 19%), Ib – 8-10 лет (46 детей – 25%), Ic – 11-13 лет (54 ребенка - 29,3%), Id – 14-16 лет (49 детей - 26,7%).

В контрольную группу (II группа) вошли 60 здоровых детей в возрасте от 6 до 16 лет 11 мес 29 дней, проходящих обучение в общеобразовательной школе. Они также были разделены на подгруппы соответственно возрасту: IIa – 6-7 лет (15 детей – 25%), IIb – 8-10 лет (15 детей – 25%), IIc – 11-13 лет (15 детей - 25%), IId – 14-16 лет (15 детей - 25%). Экспериментальную группу (III группа) составили 62 ребенка, посещающих дошкольное общеобразовательное учреждение (далее - ДОУ). III группа включала одну возрастную категорию 6-7 лет (IIIa) и была разделена две подгруппы: подгруппа IIIa1 - 6-7 лет (34 ребенка– 54,8%, посещающих общую группу ДОУ) и IIIa2 – 6-7 лет (28 детей – 45,2%, посещающих специализированную группу ДОУ для детей с нарушением речевого развития).

Исследование включало в себя три этапа.

На I этапе проводилось исследование когнитивной сферы и психофизиологических функций здоровых школьников (I группа).

Критерии включения в I группу:

- Дети, обучающиеся в общеобразовательной школе;
- Возраст детей от 6 лет до 16 лет 11 мес 29 дней.

Критерии исключения:

- Дети с отягощенным перинатальным анамнезом;
- Дети с неврологическими заболеваниями;
- Дети с хроническими соматическими заболеваниями желудочно-кишечного тракта, дыхательной, сердечно-сосудистой, мочеполовой систем
- Дети в период острых респираторных заболеваний.

Всем детям проводились стандартные соматический и психоневрологический осмотры.

Тестирование включало в себя комплекс психофизиологических тестов и методики исследования высших психических функций - 24 теста, включающих 66 параметров (таблица 1). В зависимости от возраста детей проводилось изменение ряда параметров тестов: для детей старшего возраста повышался уровень сложности, сокращалось время экспозиции.

На основе полученных данных было проведено формирование нормативной базы, разработан механизм балльной оценки когнитивных и психофизиологических функций, создан оригинальный программный комплекс, позволяющий проводить новое тестирование детей на КПФК «Психомат» и получать балльную оценку параметров высших психических функций в режиме онлайн.

Разработанный программный комплекс: «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат» для получения результатов тестирования в онлайн-режиме включает в себя возможность оценки проведенного как скринингового, так и расширенного тестирования.

Таблица 1. Сравнительная характеристика тестов с учетом разделения детей по возрасту.

№	Тесты	Возраст			
		6-7 лет	8-10 лет	11-13 лет	14-16 лет
1	Простая сенсомоторная реакция на свет				
2	Простая сенсомоторная реакция на звук				
3	Сложная сенсомоторная реакция на свет				
4	Сложная сенсомоторная реакция на звук				
5	Сложная сенсомоторная реакция на символ				
6	Сложная сенсомоторная реакция на слово				
7	Сложная сенсомоторная реакция на цвет				
8	Сложная сенсомоторная реакция вербальный тест				
9	Реакция на движущийся объект				
10	Теппинг-тест на свет				
11	Теппинг-тест на звук				
12	Бинатест				
13	Мнемотест				
14	Расширенная корректурная проба №1				
15	Расширенная корректурная проба №2				
16	Красно-черные таблицы				
17	Манекен				
18	Статическая координация №3				
19	Статическая координация №5				
20	Таблицы Шульте возрастание				
21	Таблицы Шульте убывание				
22	Внимание по расстановке чисел возрастание				
23	Внимание по расстановке чисел убывание				
24	Память на числа				
	- параметры тестов одинаковые для всех возрастных категорий;				
	- параметры тестов разные в зависимости от возрастной категории;				
	- данные тесты встречаются только в данной возрастной категории;				
	- тесты в данной возрастной группе не проводились				

На II этапе исследования проведена верификация созданного программного комплекса для КПФК «Психомат». С этой целью было проведено обследование 60 здоровых детей (контрольная группа, II группа) в возрасте от 6 до 16 лет 11 мес 29 дней.

Разделение по подгруппам проходило по образцу I группы: дети были разделены по подгруппам по классическому принципу: дошкольный (IIa), младший (IIb), средний (IIc) и старший школьный возраст (IId).

Критерии включения/исключения детей во II группу были аналогичны критериям включения/исключения в I группу. Результаты тестирования II группы на КПФК «Психомат» были обработаны с применением разработанного программного комплекса «Модуль постпроцессинговой

автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат», которые затем были сопоставлены с результатами нативного исследования (оценка когнитивных и психофизиологических функций в числовом выражении в ручном режиме). Верификация была проведена как для скринингового, так и для расширенного тестирования.

С целью применения программного комплекса в качестве тест-системы на III этапе проведено исследование когнитивных и психофизиологических функции детей, вошедших в экспериментальную группу (III группа).

III группа.

Критерии включения:

- Дети с 6 лет до 7 лет 11 мес 29 дней, посещающие общую группу дошкольного отделения общеобразовательной школы - подгруппа IIIa1. Дети с 6 лет до 7 лет 11 мес 29 дней, посещающие специализированную группу дошкольного отделения общеобразовательной школы - подгруппа IIIa2.
- В специализированную группу вошли дети, которым по заключению психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) было рекомендовано проходить занятия по адаптированной общеобразовательной программе для детей с нарушением речевого развития.

Критерии исключения:

- Наличие острой неврологической симптоматики;
- Дети с хроническими соматическими заболеваниями желудочно-кишечного тракта, дыхательной, сердечно-сосудистой, мочеполовой систем.
- Дети в период острых респираторных заболеваний.

Исследование выполнено на КПФК «Психомат» с применением разработанного программного комплекса.

Статистическая обработка

Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы SPSS 26.0 (IBM SPSS Inc., США). Проверка формы распределения определялась с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). При наличии нормального распределения использовались показатели: среднее значение, стандартное отклонение; для непараметрических критериев использовались медиана и перцентили. Для сравнения параметрических данных использовался t-критерий Стьюдента, парный критерий Стьюдента, одномерный дисперсионный анализ с применением теста Дункана для сравнения более 2х групп, коэффициент корреляции Пирсона. Для исследования непараметрических данных (порядковые шкалы), использовался χ^2 , коэффициент корреляции Спирмена, U-тест Манна и Уитни, H-тест методом Крускала и Уоллиса. Степень достоверности (p) при всех вычислениях устанавливалась на уровне 0,05 и ниже.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования проведено тестирование на КПФК «Психомат» основной (I) группы детей (n=184) для получения количественных характеристик когнитивных и психофизиологических функций. Дети были разделены в соответствии с возрастом на 4 подгруппы: Ia подгруппа – 6-7 лет (35 детей - 19%), Ib подгруппа – 8-10 лет (46 детей - 25,0%), Ic подгруппа – 11-13 лет (54 ребенка - 29,3%), Id подгруппа – 14-16 лет (49 детей - 26,7%). При проведении стандартного соматического и психоневрологического осмотров у детей I группы патологии не было выявлено. Полученный массив данных по 24 тестам (66 параметрам) анализировался как с учетом формирования детей в подгруппы, так и с оценкой отдельно каждой возрастной категории. На основании полученных данных можно заключить следующее:

- у детей 6-16 лет идет постепенное плавное изменение параметров когнитивных и психофизиологических функций за исключением параметров сенсомоторных реакций у детей 8 лет в отличие от детей 6-7 лет (т.н. «скачок развития»);
- полученные данные не имеют четкой взаимосвязи с гендерной представленностью;
- анализ разделения детей по возрастам на дошкольный, младший, средний и старший школьный возраст доказал правомочность исторического распределения: по большинству параметров психофизиологических и когнитивных функций распределение на подгруппы 6-7 лет, 8-10 лет, 11-13 лет, 14-16 лет выявило однородность показателей внутри каждой подгруппы и достоверные различия между подгруппами, что свидетельствует о возможности исследования когнитивных функций у детей не только по каждому возрасту отдельно, но и объединяя несколько возрастов;
- для объективного исследования когнитивных функций по мере взросления детей правомочно усложнение ряда параметров тестов, поскольку, одинаковые параметры при тестировании ВПФ у детей 6 - 16 лет, могут отражать лишь скоростные характеристики психомоторной деятельности, но не охватывают показатели объема, переключения, устойчивости внимания, памяти и восприятия, характерные для детей более старшего возраста.

Одной из новаций работы было изучение ВПФ у детей 6-7 лет. При обследовании детей в общеобразовательной школе, установлено отсутствие достоверных различий в показателях ВПФ у детей 6 и 7 лет. Полученные данные обусловили возможность проведения тестирования детей этой же возрастной группы (6-7 лет) в подготовительной группе дошкольного общеобразовательного учреждения (ДОУ).

Полученные количественные характеристики показателей когнитивных и психофизиологических функций детей 6-16 лет, послужили основой для формирования нормативной базы данных. Проводилось сопоставление показателей тестов с параметрами когнитивных функций и психомоторной деятельности в соответствии с учением А.Р. Лурия о трех функциональных блоках мозга (Лурия А.Р., 1973). В связи с проведением расширенного тестирования (24 теста, 66 параметров), показатели высших психических функций формировались из нескольких

разнонаправленных тестов, что позволило выполнить комплексную оценку когнитивных и психофизиологических функций у детей 6-16 лет и сформировать нормативную базу. Суммируя полученные данные, в нашем исследовании мы смогли оценить уровень психомоторной деятельности (скорость реакции – 10 параметров; зрительно-моторная координация – 5 параметров; слухо-моторная координация – 1 параметр; координация – 2 либо 4 параметра в зависимости от возраста) и высших психических функций: восприятия (зрительное восприятие – 5 параметров; слуховое восприятие – 3 параметра), внимания (концентрация внимания – 13 либо 12 параметров в зависимости от возраста; устойчивость внимания – 5 либо 3 параметра в зависимости от возраста; объем внимания – 6 либо 4 параметра в зависимости от возраста); переключение внимания – 7 параметров), памяти (кратковременная зрительная память – 4 либо 5 параметров в зависимости от возраста), аналитико-синтетических процессов (оперативность аналитико-синтетических процессов – 3 либо 4 параметра в зависимости от возраста; пространственное мышление – 1 параметр).

Сопоставление параметров тестов с показателями когнитивных и психофизиологических функций дало возможность в дальнейшем разработать математическую модель оценки когнитивных функций и психофизиологической деятельности.

Для формирования балльной оценки значения каждого параметра (показателя психофизиологической или когнитивной функций) были разделены на 6 интервалов: для параметров, подчиняющихся нормальному распределению, от $< M - 2\sigma$ до $> M + 2\sigma$; для непараметрических критериев от $< 2,5\%$ до $> 97,5\%$, где M – среднее значение исследованного показателя. Каждому интервалу был присвоен соответствующий балл (рисунок 2).

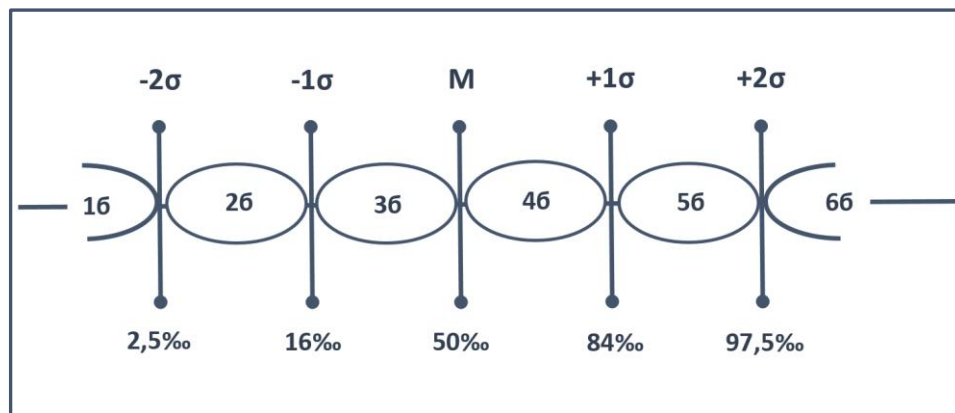


Рисунок 2. Распределение баллов для параметрических и непараметрических параметров

Таким образом, все параметры были оценены от 1 до 6 баллов. К средним значениям (3 или 4 балла) были отнесены интервалы от $M - \sigma$ до $M + \sigma$ (для параметрических критериев), от 16% до 84% (для непараметрических критериев). Ниже средних значений (1 или 2 балла) – интервалы от $< M - 2\sigma$ до $M - \sigma$ (для параметрических критериев), от $< 2,5\%$ до 16% (для непараметрических критериев). Выше средних значений (5 или 6 баллов) – интервалы от $M + \sigma$ до $> M + 2\sigma$ и от 84% и выше 97,5% соответственно для параметрических и непараметрических параметров (Гланц С., 1998).

При применении балльной оценки нами был получен диапазон баллов (от минимального и максимального количества баллов) по параметрам когнитивных и психофизиологических функций в каждой подгруппе (таблица 2). Таким образом, была сформирована база данных балльной оценки психомоторной деятельности и когнитивных функций.

Таблица 2 - Минимальное и максимальное количество баллов по параметрам в подгруппах Ia- Ib – Ic - Id

Показатели высших психических функций		Подгруппы (минимальное / максимальное количество баллов)			
		Ia	Ib	Ic	Id
Психомоторная деятельность	Скорость реакции	10 / 60	10 / 60	10 / 60	10 / 60
	Зрительно-моторная координация	5 / 30	5 / 30	5 / 30	5 / 30
	Слухо-моторная координация	1 / 6	1 / 6	1 / 6	1 / 6
	Координация (мелкая моторика, сенсорный контроль над движениями)	2 / 12	2 / 12	4 / 24	4 / 24
Восприятие	Зрительное восприятие	5 / 30	5 / 30	5 / 30	5 / 30
	Слуховое восприятие	3 / 18	3 / 18	3 / 18	3 / 18
Внимание	Концентрация внимания	13 / 78	13 / 78	12 / 72	12 / 72
	Устойчивость внимания	5 / 30	5 / 30	3 / 18	3 / 18
	Объем внимания	6 / 36	6 / 36	4 / 24	4 / 24
	Переключение внимания	7 / 42	7 / 42	7 / 42	7 / 42
Память	Кратковременная зрительная память	4 / 24	4 / 24	5 / 30	5 / 30
Аналитико-синтетические процессы	Оперативность аналитико-синтетических процессов	3 / 18	3 / 18	4 / 24	4 / 24
	Пространственное мышление	1 / 6	1 / 6	1 / 6	1 / 6
Общий балл (минимальное / максимальное количество баллов)		65 / 390	65 / 390	64 / 384	64 / 384

Следующей задачей исследования была разработка скрининговой программы. Скрининговые программы позволяют оптимизировать процесс при массовом тестировании, выявлять когорты детей с подозрением на дефицит когнитивных и/или психофизиологических функций и являются высокочувствительным инструментом первичной диагностики нарушений ВПФ.

Созданная нами нормативная база данных показателей ВПФ позволила сформировать скрининговую программу, содержащую тесты, с наибольшим охватом когнитивных и психофизиологических функций и наименьшим разбросом значений по заданным интервалам. Такими тестами явились: «Сложная психомоторная реакция на свет», «Расширенная корректурная проба (один символ)», «Мнемотест», «Бинатест: управляемый выбор».

Принцип формирования балльной оценки скрининговой программы был аналогичным расширенному (полному) тестированию; минимальное количество баллов в скрининговой программе соответствовало 13 баллам, а максимальное – 78 баллам. Используя гауссовское распределение (рисунок 3) и повторно применив разработанный метод балльной оценки, были определены интервалы низких, средних и высоких значений при скрининговом тестировании, а также установлен

порог значений общего балла скрининговой программы – ниже 34 баллов, который определял необходимость проведения расширенного тестирования. Для подтверждения правильности выбора тестов в скрининговую программу нами была проведена кросс-верификация, показавшая, что в 96,6% случаев ($p < 0,01$) результат скринингового тестирования соответствовал результату полного тестирования (под результатом понимается интервал распределения, в которые попадают баллы от $< 2,5\%$ до $> 97,5\%$).

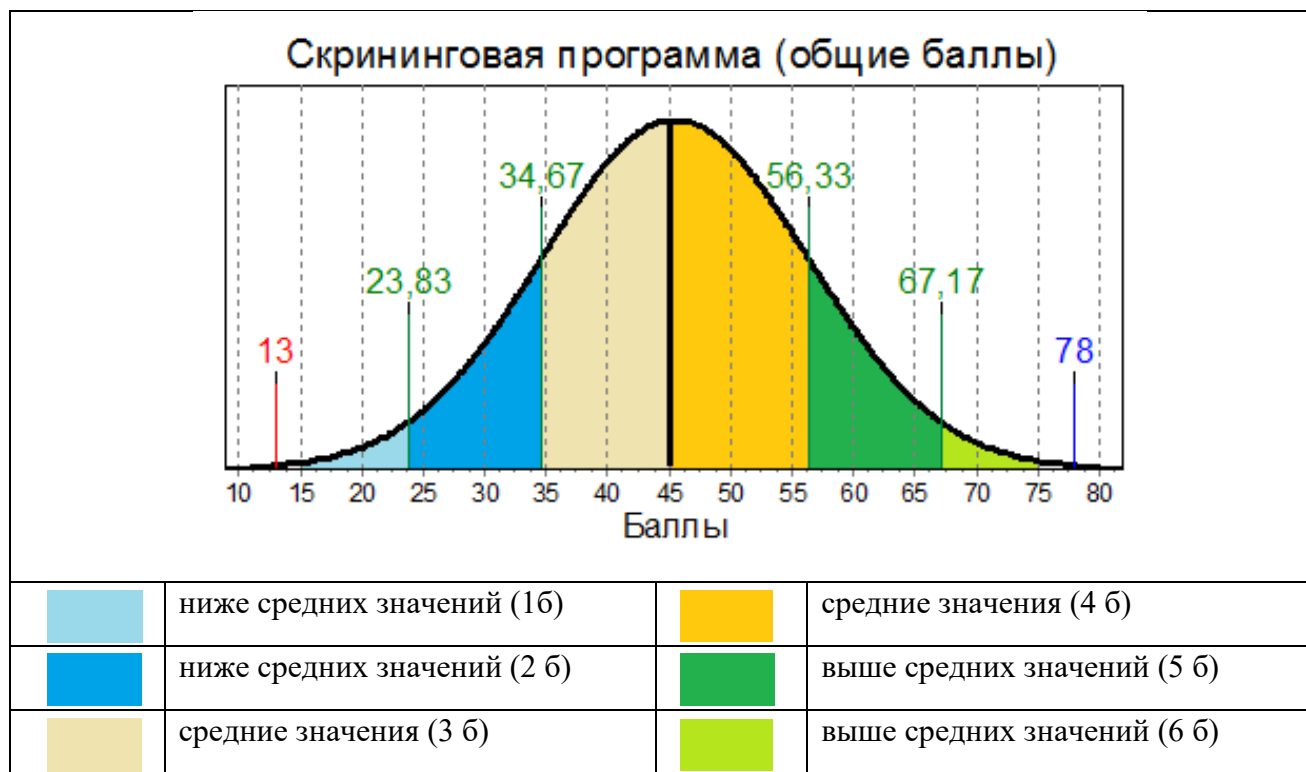


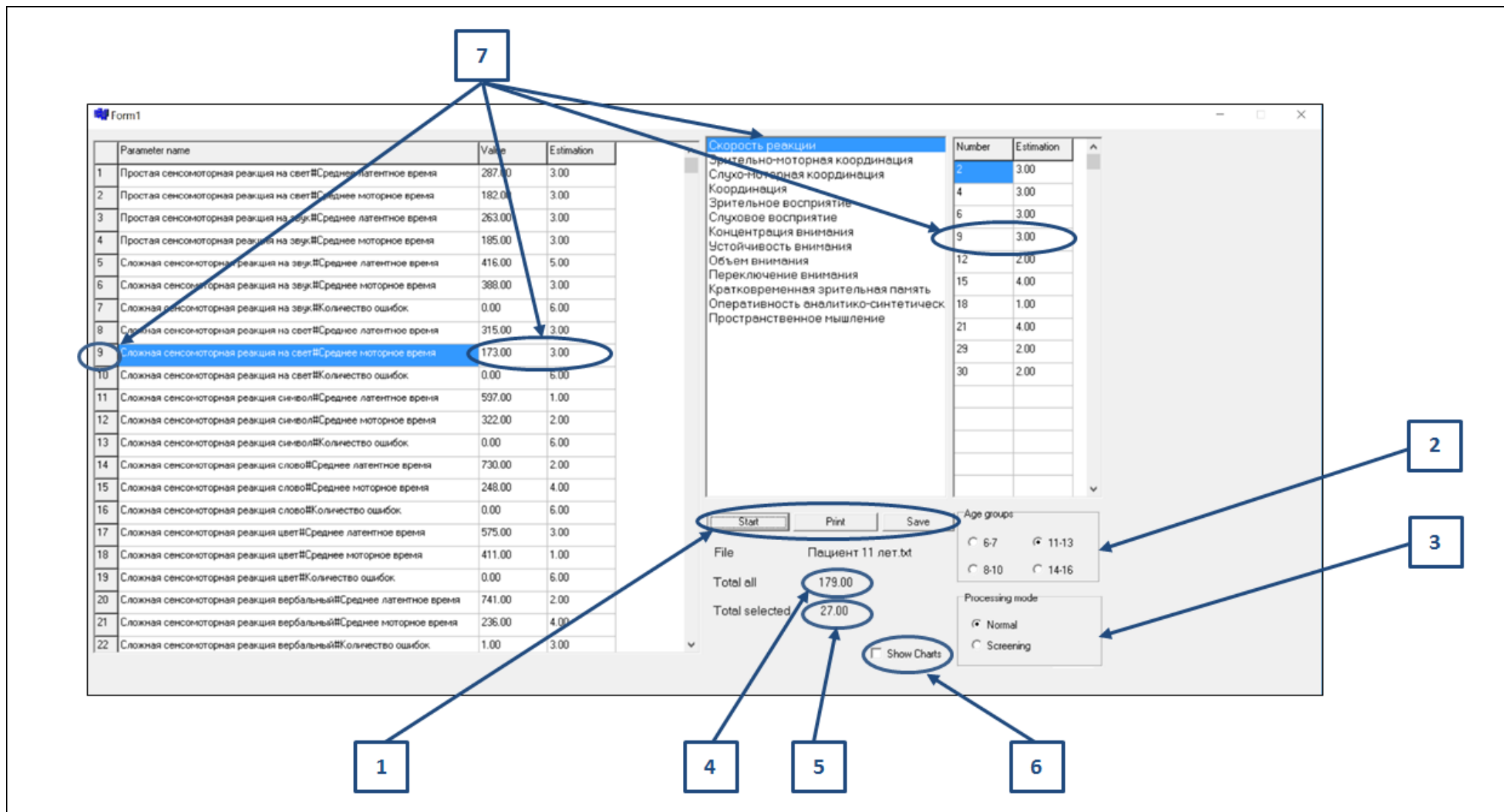
Рисунок 3. Распределение общих баллов в скрининговой программе

Таким образом, было установлено, что разработанная скрининговая программа является чувствительным методом оценки когнитивных и психофизиологических функций и может быть использована в рамках первичной диагностики у детей.

Все преобразования по модификации данных, разработки балльной системы оценки были необходимы для дальнейшего создания оригинального программного пакета на основе КПФК «Психомат» для тестирования новых пациентов и получения результатов исследования психофизиологических и когнитивных функций в режиме «онлайн». Оригинальный программный пакет получил название: модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат».

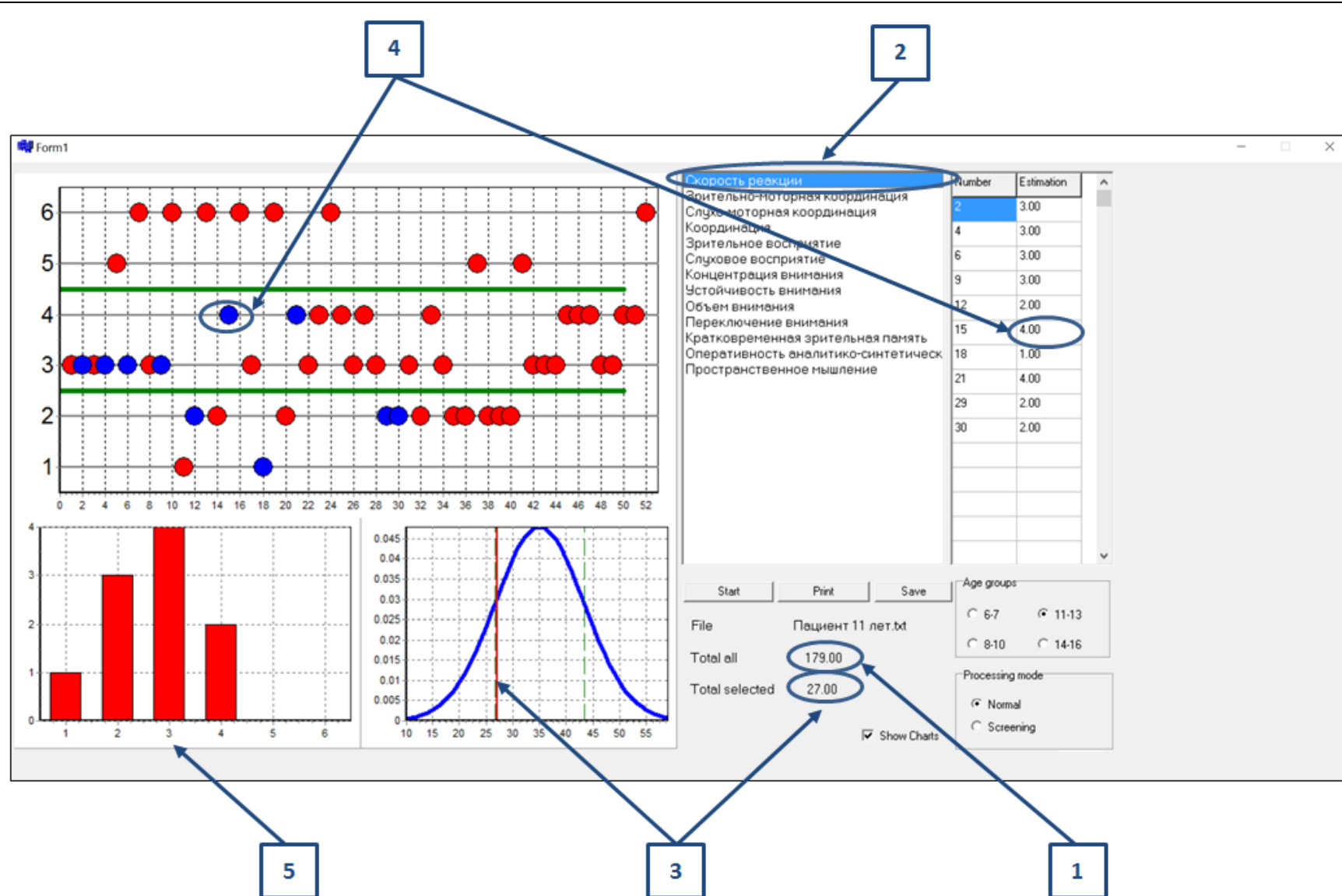
К преимуществам специализированной программы для ЭВМ относится: обеспечение быстрого и удобного представления результатов тестирования в режиме «он-лайн»; получение быстрого анализа результатов тестирования ребенка при варьировании выбранных параметров тестирования (полного или скринингового); сохранение полученных результатов на электронных и бумажных носителях и возможность оценки результатов в динамике.

Интерфейс программы представлен на рисунках 4-5.



1	основные функции загрузки, сохранения и печати результатов	5	общее количество баллов по выбранной ВПФ
2	возрастные группы	6	графическое изображение результатов
3	расширенное (полное) либо скрининговое тестирование	7	бальная оценка ВПФ
4	общее количество баллов за тестирование		

Рисунок 4. Интерфейс программного комплекса, вид при загрузке результатов тестирования



1	общее количество баллов за тестирование	3	общее количество баллов по выбранной ВПФ
2	параметры ВПФ	4	баллы, полученные за определенный показатель в тесте
5	графическое изображение соотношения количества параметров и баллов		

Рисунок 5. Интерфейс программного комплекса, вид при графическом изображении результатов тестирования

Проведение полного тестирования.

При запуске программного комплекса необходимо выбрать возрастную подгруппу и параметры проведения тестирования: полное тестирование – «Normal». Результаты тестирования на КПФК «Психомат» представлены в формате «Книга Excel 97-2003 - .xls», для использования в программном комплексе их необходимо преобразовать в «Текстовый файл - .txt». Далее файл в формате .txt загружается в программный комплекс, в котором в автоматическом режиме осуществляется оценка показателей тестирования на основе разработанной балльной оценки ВПФ.

На рисунке 4 показан общий вид программного комплекса после загрузки данных. Номера тестов, их названия, параметры и полученные значения отображаются в левой половине программного комплекса. Каждому значению, согласно разработанной нами балльной оценки показателей психофизиологических и когнитивных функций присваивается соответствующей балл. С учетом 6-балльной оценки, где 1-2 балла – это показатели ниже нормы, 3-4 балла – средние значения, а 5-6 баллов – показатели выше нормы, можно сразу оценить успешность ребенка при выполнении данного теста. На представленном на рисунке 4 примере в «тесте №9 - сложная сенсомоторная реакция на свет, среднее моторное время составляет 173.00 (мс), что соответствует 3 баллам (среднее значение).

В правой половине интерфейса программного комплекса представлены суммарные показатели психической деятельности, которые были сформированы из нескольких разнонаправленных тестов (рисунок 4). При выборе любого критерия, например, «Скорость реакции» отображаются номера тестов, которые вошли в этот критерий и полученные за них баллы. При нажатии на кнопку «Show charts» осуществляется вывод трех диаграмм, иллюстрирующих полученные результаты (рисунок 5).

На верхней диаграмме отображается распределение по баллам по всем пройденным тестам.

На нижней левой диаграмме показано какому количеству тестов присвоен тот или иной балл. В рассматриваемом случае, в 18 тестах получено по 3 балла, в 3 тестах – по 5 баллов и т.д., что означает, что большинство показателей находятся в интервале «средних значений» относительно нормы. На нижней правой диаграмме представлено общее количество баллов в виде гауссовского распределения (от минимального до максимального значения) и красной линией отмечен общий балл, набранный ребенком во время тестирования. В рассматриваемом случае, общий балл составил 179, что входит в интервал «средних значений».

При выборе одного из показателей психической деятельности, диаграммы будут автоматически обновляться и отображать результаты выбранного критерия. Для удобства использования результаты выбранного показателя на верхней диаграмме подсвечиваются синим цветом.

В рассматриваемом случае, баллы, набранные за тесты, которые объединены в показатель «Скорость реакции» находятся в интервале «средних значений». Аналогичным образом можно провести анализ всех критериев психической деятельности.

Проведение скринингового тестирования.

Скрининговое тестирование в программном комплексе построено по такому же принципу, как и полное. Технически разница состоит только в количестве проведенных тестов. Основной задачей

скринингового тестирования в условиях массового обследования является получение общего количества баллов, по которому определяется необходимость проведения полного тестирования.

При нажатии на кнопку «Show charts» появляются 3 диаграммы, на правой нижней диаграмме красной линией отмечен общий балл, набранный ребенком при проведении скринингового тестирования относительно нормы.

В рассматриваемом случае общий балл составил 47, что входит в интервал «средних значений» (общий балл выше 16 %о (34 баллов) и данный пациент не нуждается в проведении полного тестирования (рисунок 6).

Данные примеры демонстрируют варианты использования программного комплекса «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»» для оценки психофизиологических и когнитивных функций.

Для использования данного программного комплекса при массовых тестированиях в образовательных и медицинских учреждениях необходимо провести его верификацию.

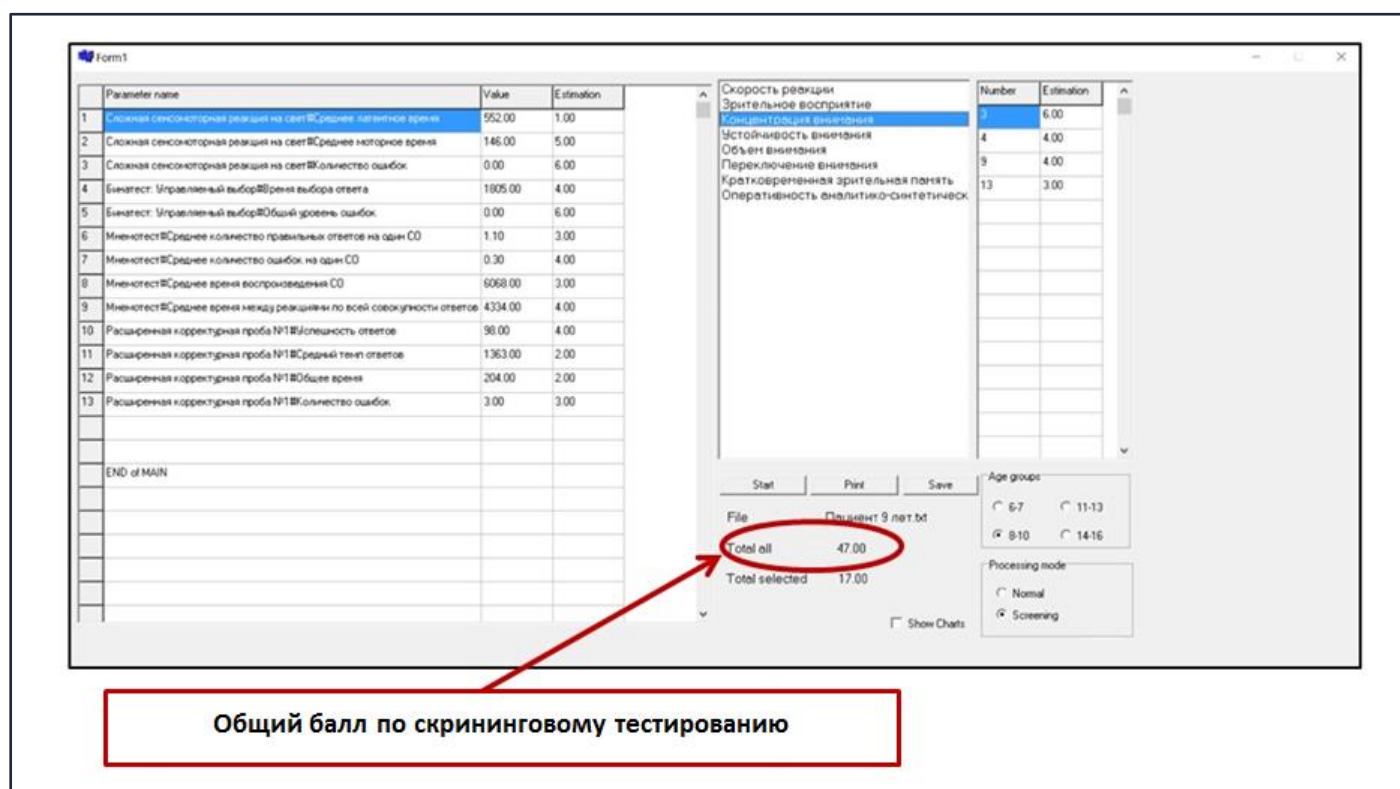


Рисунок 6. Общий вид интерфейса программного комплекса при скрининговом тестировании

На II этапе исследования проводилась верификация созданного программного комплекса путем сопоставления результатов тестирования на КПФК «Психомат», полученных двумя разными способами: «ручным методом оценки» и с помощью созданного программного комплекса. Для реализации этой задачи было протестировано 60 здоровых детей (контрольная (II) группа) в возрасте от 6 до 16 лет, проходящих обучение в общеобразовательной школе. Они так же, как и дети основной группы (I группы) были разделены на подгруппы соответственно возрасту: Па – 6-7 лет (15 детей – 25%), Пб – 8-10 лет (15 детей – 25%), Пс – 11-13 лет (15 детей - 25%), Пд – 14-16 лет (15 детей - 25%). При проведении стандартного соматического и психоневрологического осмотров у

детей II группы патологии не было выявлено. Всем 60 пациентам было проведено сравнение общих баллов, полученных «ручным методом оценки» и с помощью программного комплекса. В 100% случаев баллы показателей, полученных при тестировании, совпадали. Необходимо отметить, что время, затраченное на «ручной метод оценки» одного ребенка в среднем, превышало время, затраченное при использовании программного комплекса, более чем в 10 раз, что является одним из преимуществ использования программного комплекса.

Для оценки возможности применения модуля постпроцессинговой автоматической обработки данных КПФК «Психомат» в реальной клинической практике, на III этапе исследования нами были протестированы дети, посещающие ДОУ. Экспериментальную группу (III группа) составили 62 ребенка в возрасте 6-7 лет: подгруппа IIIa1 - 34 ребенка (54,8%), посещающих общую группу ДОУ и IIIa2 – 28 детей (45,2%), посещающих специализированную группу ДОУ для детей с нарушением речевого развития.

В подгруппу IIIa1 вошли условно здоровые дети. При проведении стандартного соматического и психоневрологического осмотров у детей подгруппы IIIa1 патологии не было выявлено.

85,3% детей подгруппы IIIa1 успешно прошли скрининговое тестирование, получив средние баллы (3 или 4 балла) и высокие баллы (5 баллов). Дальнейшее исследование этим детям не требовалось. 14,7% детей (5 человек) получили 2 балла за тестирование, что обусловило необходимость проведения полного тестирования (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели скринингового тестирования детей, посещающих общую группу ДОУ (подгруппа IIIa1)

Подгруппа	Референсные значения					
	16	26	36	46	56	66
IIIa1	-	5 (14,7%)	16 (47,1%)	12 (35,3%)	1 (2,9%)	-

Анализ данных полного тестирования показал, что у 5 детей подгруппы IIIa1 имели место нарушение показателей внимания, особенно устойчивости и переключения. Также отмечено снижение баллов по показателям восприятия (как зрительного, так и слухового) и кратковременной зрительной памяти. Полученные результаты тестирования были сообщены родителям и педагогам детей с рекомендациями о необходимости проведения коррекционных психолого-педагогических занятий. Динамическое исследование ВПФ 5 детям подгруппы IIIa1 было проведено через 4 мес. При сопоставлении с данными первичного обследования была установлена умеренная положительная динамика по общему баллу: 3 из 5 детей, имевшие при первичном тестировании наиболее высокие баллы (162, 170 и 164 балла), достигли при повторном тестировании показателей средних значений (187, 199 и 186 баллов соответственно), у 2 детей сохранялись нарушения показателей внимания, однако отмечалось улучшение показателей восприятия, при этом порог средних значений не был

преодолен. Результаты повторного исследования также были предоставлены родителям и педагогам для формирования дальнейшего коррекционного маршрута.

Таким образом, применение скрининговой программы позволило выявить нарушения ВПФ у тех детей, которые ранее считались условно здоровыми и своевременно скорректировать их образовательный маршрут. Общую группу ДОУ, как правило, посещают дети без значимых неврологических и/или соматических нарушений. Однако, в нее могут входить и дети с «неравномерным» развитием ВПФ, не имеющие речевых нарушений, а также перенесшие перинатальное поражение ЦНС легкой степени. В связи с этим, исследование высших психических функций детей, посещающих общую группу ДОУ, крайне важно для раннего выявления нарушений и возможного быстрого формирования коррекционного маршрута.

В состав подгруппы вошли 33а2 дети, имевшие на момент формирования специализированной группы ДОУ (в возрасте 4-5 лет), нарушение речевого развития (общее недоразвитие речи I-III уровней, моторную алалию, сенсомоторную алалию, дизартрию). В соматическом статусе на момент проведения обследования патологии не выявлено. При оценке психоречевого развития нарушение произношения выявлено у 10 (35,7%) детей, задержка психического развития у 1 (3,6%) ребенка.

67,8% детей подгруппы 33а2 успешно прошли скрининговое тестирование, получив средние баллы (3 или 4 балла). Дальнейшее тестирование этим детям не требовалось. 28,6% детей (8 человек) получили 2 балла за тестирование, что обусловило необходимость проведения полного тестирования. При проведении полного тестирования результаты скрининговой оценки 8 детей были подтверждены. Ребенок, получивший по скрининговому тестированию 1 балл, не смог пройти полное тестирование, в связи с выраженной задержкой психоречевого развития и непониманием словесной инструкции перед выполнением тестов (таблица 4).

Согласно полученным результатам тестирования, у детей, посещающих специализированную группу ДОУ, отмечались снижение показателей кратковременной зрительной памяти, нарушения объема, устойчивости и переключения внимания, снижение скорости психомоторной деятельности. Выявленные нарушения полностью согласуются с литературными данными.

Таблица 4 - Показатели скринингового тестирования детей, посещающих специализированную группу ДОУ (подгруппа 33а2)

Подгруппы	Референсные значения					
	16	26	36	46	56	66
33а2	1 (3,6%)	8 (28,6%)	13 (46,4%)	6 (21,4%)	-	-

Адаптированный общеобразовательный маршрут каждого ребенка был скорректирован с учетом полученных данных. Динамическое исследование ВПФ 8 детям было проведено через 4 мес. 4 детей из 8 при повторном тестировании достигли показателей средних значений. В основном

положительная динамика была отмечена в показателях концентрации внимания, зрительно-моторной координации, кратковременной зрительной памяти. Наименьший прирост баллов отмечен в показателях устойчивости, переключения и объема внимания. Результаты повторного исследования вновь были предоставлены родителям и педагогам для формирования дальнейшего коррекционного маршрута. Таким образом, применение в динамике программного комплекса как в скрининговом, так и в полном варианте тестирования позволяет контролировать изменения состояния психофизиологических и когнитивных функций у детей.

На примере исследования высших психических функций у детей ДООУ продемонстрировано успешное применение разработанного программного комплекса – «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных КПФК «Психомат»» в реальной клинической практике, что может быть рекомендовано для проведения массового скринингового исследования когнитивных и психофизиологических функций у детей в условиях ДООУ.

ВЫВОДЫ

1. Определены параметры психофизиологических и когнитивных функций здоровых детей 6-16 лет на основе применения расширенного тестирования (24 теста, 66 параметров) на компьютерном психофизиологическом комплексе «Психомат».
2. Разработанная бальная оценка показателей когнитивных и психофизиологических функций здоровых детей 6-16 лет позволила стандартизировать результаты расширенного тестирования на компьютерном психофизиологическом комплексе «Психомат» и сформировать нормативную базу данных.
3. Созданная на основе нормативной базы данных показателей высших психических функций скрининговая программа является чувствительным инструментом первичной оценки когнитивных и психофизиологических функций в условиях массового скрининга детей. Кросс-верификация скрининговой программы показала, что в 96,6% случаев ($p < 0,01$) результат скринингового тестирования соответствовал результату расширенного тестирования (под результатом понимается интервал распределения, в который попадают баллы от $< 2,5\%$ до $> 97,5\%$).
4. Разработанный и верифицированный программный комплекс: «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат» для получения результатов тестирования в онлайн-режиме включает в себя возможность оценки проведенного как скринингового, так и расширенного тестирования. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022612718 от 28.02.2022.
5. Программный комплекс «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат» является актуальным инструментом оценки и контроля изменений состояния психофизиологических и

когнитивных функций у детей в динамике как в скрининговом, так и в расширенном варианте. Применение программного комплекса позволило выявить нарушения высших психических функций у 14,7% детей общей группы дошкольного общеобразовательного учреждения, которые ранее считались здоровыми, а также своевременно скорректировать их образовательный маршрут.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Рекомендовано применение программного комплекса «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»» как инструмента диагностики нарушений когнитивных и психофизиологических функций у детей 6-16 лет с получением результатов тестирования в онлайн-режиме для раннего выявления нарушений высших психических функций и своевременной коррекции образовательного маршрута.
2. Детям дошкольного возраста с целью определения готовности к школьному обучению в качестве первичной оценки когнитивных и психофизиологических функций показано проведение скринингового тестирования с применением «Модуля постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»».
3. При выявлении нарушений высших психических функций при проведении скринингового тестирования рекомендовано проведение полного тестирования с применением «Модуля постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»» с дальнейшим психолого-педагогическим обследованием и формированием комплекса коррекционных мероприятий.
4. Рекомендовано использование программного комплекса «Модуль постпроцессинговой автоматической обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»» для динамической оценки состояния высших психических функций на фоне проведения реабилитационных мероприятий.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Увакина Е.В., Кузенкова Л.М., Попович С.Г. Оригинальный программный пакет для анализа психофизиологических и когнитивных функций у детей. *Российский педиатрический журнал*. 2021; 24(5): 300–310. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2021-24-5-300-310>
2. Увакина Е.В., Кузенкова Л.М., Фисенко А.П., Попович С.Г. Особенности формирования когнитивных и психофизиологических функций у детей дошкольного возраста: опыт

использования нового программного пакета. Российский педиатрический журнал. 2021; 24(6): 365–371. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2021-24-6-365-371>

3. Увакина Е.В., Фисенко А.П., Кузенкова Л.М. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022612718 от 28.02.2022 «Модуль постпроцессинговой обработки данных компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат»»
4. Увакина Е.В., Кузенкова Л.М., Фисенко А.П., Попович С.Г. Новые возможности использования компьютерного психофизиологического комплекса «Психомат». Неврологический журнал имени Л.О. Бадаляна. 2022;3(2):65-71. <https://doi.org/10.46563/2686-8997-2022-3-2-65-71>