

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2021

УДК 616-072.85

Увакина Е.В., Кузенкова Л.М., Попович С.Г.

Оригинальный программный пакет для анализа психофизиологических и когнитивных функций у детей

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия

Психометрия имеет особое значение в определении состояния психофизиологических и когнитивных функций у детей разного возраста.

Цель. Создание оригинального программного пакета для компьютерного психофизиологического комплекса (КПФК) «Психомат», позволяющего проводить анализ психофизиологических и когнитивных функций у детей разного возраста в режиме онлайн.

Материалы и методы. Проведено обследование 184 условно здоровых школьников 6–17 лет с использованием комплекса психофизиологических тестов и оригинальных методов исследования высших психических функций (24 теста, 66 параметров).

Результаты. Разработан оригинальный программный пакет для КПФК «Психомат», определены нормативная база, механизм нового тестирования детей и способы оценки состояния их психофизиологических функций, что позволяет устанавливать закономерности формирования когнитивных и психофизиологических функций в разные возрастные периоды.

Заключение. Созданный программный пакет позволяет применять его в качестве тест-системы при массовых обследованиях детей различных возрастных групп.

Ключевые слова: когнитивные функции; психофизиологические функции; дети; школа; компьютерные методы

Для цитирования: 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>

Для корреспонденции: Увакина Евгения Владимировна, врач отделения психоневрологии и психосоматической патологии ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, uvakina.ev@nczd.ru

Участие авторов: Увакина Е.В., Кузенкова Л.М. — концепция и дизайн исследования; Увакина Е.В., Попович С.Г. — сбор и обработка материала, написание текста; Кузенкова Л.М. — редактирование. Утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей — все соавторы.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 12.10.2021
Принята в печать 28.10.2021
Опубликована 15.11.2021

Evgeniya V. Uvakina, Lyudmila M. Kuzenkova, Sofiya G. Popovich

Original software package for psychophysiological and cognitive functions analysis of children

National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation

Psychometry plays an important role when determining the state of psychophysiological and cognitive functions in children of different ages.

Goal. To deliver an original software package for a psychophysiological computer complex (PCC) “Psychomat” for implementing an online analysis of psychophysiological and cognitive functions in children of different ages.

Materials and methods. One hundred eighty-four conditionally healthy school children aged 6 to 17 years were examined using a set of psychophysiological tests and original methods for evaluating higher mental functions (24 tests, 66 parameters).

Results. An original software package as the computer psychophysiological complex “Psychomat” was elaborated. The norm base was determined. Also, the testing mechanism and scoring system in points for psychophysiological functions assessment were developed. Thus, it became possible to establish the patterns of cognitive and psychophysiological functions development at different ages.

Conclusion. This newly created software package can be used as a test system for mass examination of children of different ages.

Keywords: cognitive functions; psychophysiological functions; children; school; computer methods

For citation: Uvakina E.V., Kuzenkova L.M., Popovich S.G. Original software package for psychophysiological and cognitive functions analysis of children. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal (Russian pediatric journal)*. 2021; 24(5): 300–310. (In Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2021-24-5-300-310>

For correspondence: Evgeniya V. Uvakina, MD, Doctor at the Department of psychoneurology and psychosomatic pathology at the National Medical Research Center for Children's Health, uvakina.ev@nczd.ru

Contributions: Uvakina E.V., Kuzenkova L.M. — concept and design of the research; Uvakina E.V., Popovich S.G. — collection and processing of materials, text writing; Kuzenkova L.M. — editing. Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all its parts — all coauthors.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Information about the authors:

Uvakina E.V., <https://orcid.org/0000-0002-8381-8793>
Kuzenkova L.M., <https://orcid.org/0000-0002-9562-3774>
Popovich S.G., <https://orcid.org/0000-0002-9697-500X>

Received: October 12, 2021
Accepted: October 28, 2021
Published: November 15, 2021

Исследование психофизиологических и когнитивных функций у детей и подростков является одной из приоритетных задач детской психоневрологии [1, 2]. В условиях цифровизации, дистанционных методов обучения, предпрофильного образования в средней и старшей школе всё чаще используются компьютерные методы анализа высших психических функций [3–5]. Высокие нагрузки в школе, малоподвижный образ жизни, ограничение социальных контактов — всё это также отражается на формировании психофизиологических функций и эмоциональном развитии детей [6–8].

Анализ когнитивного статуса детей в дошкольном и школьном возрасте является прогностически значимым для раннего выявления и коррекции его нарушений [9–12].

Компьютерные технологии активно внедряются в практику психологов и психофизиологов, однако потенциал использования компьютерных психометрических тестов полностью ещё не реализован [13–15]. Необходима их дальнейшая разработка, формирование нейропсихологических «батарей» тестов и создание нормативной базы для обеспечения их сравнительного анализа при длительном наблюдении за пациентами [16–18].

В зарубежной практике широкое распространение получили следующие нейропсихологические программные комплексы:

- CNS Vital Signs (www.cnsvs.com);
- CAT (Cambridge Automated Testing);
- ImPACT (Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing);
- ANAM (Automated Neuropsychological Assessment Metrics, www.vistalifesciences.com);
- CANS-MCI (Computer-Administered Neuropsychological Screen for Mild Cognitive Impairment) [19, 20].

В нашей стране одной из широко применяемых компьютерных систем для тестирования является компьютерный психофизиологический комплекс (КПФК) «Психомат». В него включены как оригинальные, так и распространённые методики исследования когнитивных и психофизиологических функций у детей: простая и сложная сенсомоторные реакции на стимулы разной модальности (звук, свет, символ, цвет), реакция на движущийся объект, «теппинг-тесты», «таблицы Шульце», «красно-черные таблицы» и др. Эти параметры тестов отображаются в числовом виде, что позволяет осуществлять автоматическую обработку данных [21].

На основе этого и других психометрических комплексов проведён анализ изменений когнитивных и психофизиологических функций у детей с эпилепсией, ишемическими и травматическими повреждениями головного мозга, синдромом дефицита внимания и гиперактивности, головными болями, ревматическими болезнями [22–26]. Установлены особенности психофизиологического развития школьников разного возраста, формирование когнитивных функций у детей с наруше-

ниями зрения [11, 27–29]. Использование тестирования получило применение и в детской спортивной медицине [17, 30]. Следует отметить, что в этом комплексе для анализа требовалось использование внешних статистических программ [21]. Это не позволяло оценить полученные результаты в онлайн-режиме и ограничивало применение данного комплекса в условиях массового скрининга и в поликлиническом звене.

Цель работы — создание оригинального программного пакета для КПФК «Психомат», позволяющего проводить анализ психофизиологических и когнитивных функций у детей разного возраста в режиме онлайн.

Материалы и методы

Исследование когнитивной сферы и психофизиологических функций условно здоровых школьников проводилось на базе средней общеобразовательной школы г. Москвы. Критерии включения в исследование: дети, обучающиеся в школе, в возрасте 6–17 лет. В исследование не включались дети с отягощённым перинатальным анамнезом, неврологическими болезнями, хроническими формами соматической патологии желудочно-кишечного тракта, дыхательной, сердечно-сосудистой и мочеполовой систем.

Было получено добровольное информированное согласие родителей на проведение исследований. Тема и протокол обследования были одобрены локальным независимым этическим комитетом.

Комплексно обследовано 184 условно-здоровых школьника в возрасте 6–17 лет, из них было 87 мальчиков (47,3%) и 97 (52,7%) девочек. Дети были распределены по подгруппам по возрастному принципу: дошкольный (подгруппа Ia, 35 детей 6–7 лет), младший (подгруппа Ib, 46 детей 8–10 лет), средний (подгруппа Ic, 54 ребёнка 11–13 лет) и старший школьный возраст (подгруппа Id, 49 детей 14–16 лет) [31].

Тестирование включало в себя комплекс психофизиологических тестов и методики исследования высших психических функций (24 теста, 66 параметров). Для стандартизации статистической обработки данных в КПФК «Психомат» существует возможность объединения необходимых тестов в наборы тестов с подобранными фиксированными параметрами, так называемые «макротесты». С учётом распределения детей на подгруппы нами были сформированы 4 макротеста. В зависимости от возраста детей проводилось изменение ряда тестов: для детей старшего возраста повышался уровень сложности, сокращалось время экспозиции в некоторых тестах. На основе полученных данных было проведено формирование нормативной базы, разработан механизм балльной оценки когнитивных и психофизиологических функций. Затем был создан оригинальный программный пакет балльной оценки когнитивных и психофизиологических функций, позволяющий проводить новое тестирование детей на КПФК-99 «Психомат» и анали-

зирать параметры высших психических функций в режиме онлайн.

Результаты

По большинству параметров сформированные подгруппы были однородны; значимые различия внутри подгрупп были отмечены в младшем школьном возрасте и связаны, в основном, с психомоторной деятельностью (скоростью реакций, координацией). Выявленные различия в характеристиках скорости моторного развития детей младшего школьного возраста обусловлены активностью созревания вторичных и третичных зон коры головного мозга детей в этом периоде [9, 20, 28].

Благодаря использованию большого количества тестов (24) и их параметров (66) осуществлена комплексная оценка когнитивных и психофизиологических функций у детей. В анализ были включены 13 психофизиологических тестов (простые и сложные сенсомоторные реакции на стимулы разной модальности, статическая координация, реакция на движущийся объект), которые включали в себя 30 параметров. Для анализа когнитивных функций применялись методики определения внимания (таблицы Шульце и их модификации, корректурные пробы, красно-черные таблицы), памяти (мнемотест, память на числа, красно-черные таблицы), восприятия (9), аналитико-синтетических процессов (бинатест, манекен, мнемотест). Всего было использовано 11 тестов (36 параметров), а также ряд параметров психофизиологического обследования, в которых были задействованы когнитивные функции [32]. Сопоставление параметров тестов и показателей психофизиологических и когнитивных функций проведено в соответствии с концепцией о трех основных функциональных блоках мозга [31, 33].

В связи с большим числом использованных параметров показатели психической деятельности формировались из нескольких разнонаправленных тестов. Например, показатель «концентрация внимания» складывается из 16 параметров, показатель «зрительное восприятие» — из 7 и др., что уменьшало вероятность ошибок при интерпретации результатов.

При анализе полученных данных мы оценивали уровни психомоторной деятельности детей по разному числу параметров:

- скорость реакции — 10 параметров;
- зрительно-моторная координация — 5;
- слухомоторная координация — 1;
- общая координация — 4;
- функции высшей психической деятельности: восприятие (зрительное — 7; слуховое — 3), внимание (концентрация — 16; устойчивость — 7; объём — 8; переключение — 7), память (кратковременная зрительная память — 5), аналитико-синтетические процессы (оперативность — 4; пространственное мышление — 1).

Сопоставление параметров указанных тестов с показателями когнитивных и психофизиологических функций позволило разработать математическую модель оценки когнитивных функций и психофизиологической деятельности школьников и создать на её основе нормативную базу. Для этого значения каждого параметра в подгруппах были распределены на 6 интервалов:

- для параметров, подчиняющихся нормальному распределению, — от $< M - 2\sigma$ до $> M + 2\sigma$;
- для непараметрических критериев — от $< 2,5\%$ до $> 97,5\%$.

Каждому интервалу был присвоен соответствующий балл. Все параметры были оценены от 1 до 6 баллов. При нормальном распределении 68% значений находятся в пределах $M \pm \sigma$, а 95% — в пределах $M \pm 2\sigma$ [32].

К средним значениям (3–4 балла) были отнесены интервалы от $M - \sigma$ до $M + \sigma$ (для параметрических критериев), 16–84% (для непараметрических критериев). Ниже средних значений (1–2 балла) — интервалы от $< M - 2\sigma$ до $M - \sigma$ (для параметрических критериев), от $< 2,5\%$ до 16% (для непараметрических критериев). Выше средних значений (5–6 баллов) — интервалы от $M + \sigma$ до $> M + 2\sigma$ и от 84% и выше 97,5% соответственно для параметрических и непараметрических параметров [32].

Аналогичным образом было проведено распределение всех параметров, которые были использованы в тестировании, с учётом их разделения по четырем подгруппам. Отдельно были рассмотрены случаи, когда один непараметрический показатель попадал в несколько интервалов, либо когда параметр измерялся в процентах.

После определения референтных точек и интервалов проводилось формирование общих баллов когнитивных функций и психомоторной деятельности по подгруппам. Если каждый параметр может быть оценен от 1 до 6 баллов, то общее количество баллов, отражающих состояние когнитивных функций, равно произведению количества параметров на 6 (баллов). Разброс показателей (минимальное и максимальное количество баллов по параметрам в каждой подгруппе) представлен в **табл. 1**.

Таким образом, при тестировании детей подгрупп Ia и Ib минимально можно набрать 65 баллов, максимально — 390 баллов, для подгрупп Ic и Id — 64 и 384 баллов соответственно. Незначительный разброс баллов по подгруппам связан с модификациями «макротестов» в подгруппах. Для общих баллов, полученных при тестировании, нами было использовано гауссовское распределение, и показатели также были распределены на 6 интервалов (**рис. 1, 2**).

Очевидно, что балльная оценка упрощает интерпретацию данных, увеличивает «наглядность» тестирования и расширяет возможности сравнительной оценки результатов при динамическом исследовании.

Все модификации данных, разработка балльной системы оценки были необходимы для создания программного кода.

Описание программного комплекса для обработки и представления результатов

Для обработки и представления результатов тестирования пациента на основе предлагаемой методики и сформированной базы данных для многопараметрического анализа был разработан специализированный программный комплекс. Основными целями специализированной программы являлись:

- обеспечение быстрого и удобного представления результатов диагностики при помощи персонального компьютера с OS Windows (версия XP и выше);
- возможность быстрого анализа данных диагностики пациента при варьировании выбранных критериев;

- сохранение полученных данных в удобном формате на электронных и бумажных (вывод на печать) носителях.

Программный комплекс включает в себя блок постоянных (не редактируемых пользователем) входных фай-

лов, блок редактируемых входных файлов, загружаемый файл, полученный по данным тестирования пациента на КПФК «Психомат» и набор выходных файлов для записи результатов анализа. Загружаемый файл и все входные файлы имеют стандартный текстовый формат

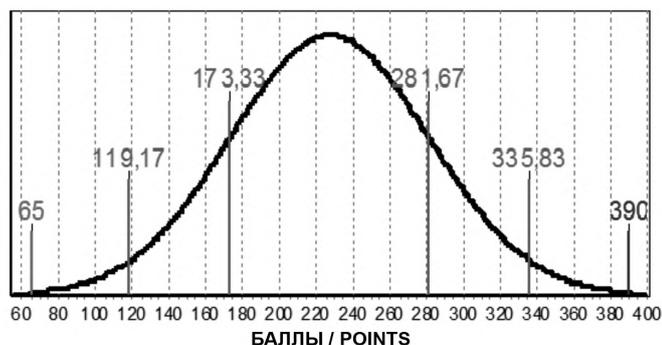


Рис. 1. Распределение общих баллов в подгруппах детей Ia и Ib.
Fig. 1. Distribution of total points in Ia and Ib subgroups of children.

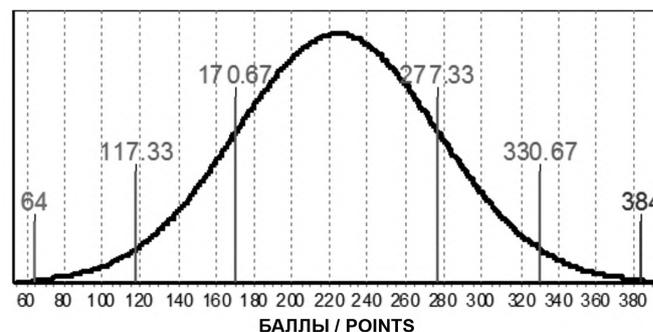


Рис. 2. Распределение общих баллов в подгруппах детей Ic и Id.
Fig. 2. Distribution of total points in children's subgroups Ic and Id.

Таблица 1 / Table 1

Общее число баллов когнитивных и психофизиологических функций в подгруппах детей
The total number of points of cognitive and psychophysiological functions in subgroups of children

Показатели высших психических функций и психомоторной деятельности Indices of higher mental functions and psychomotor activity		Подгруппы детей (минимальное/максимальное количество баллов) Subgroups of children (minimum/maximum number of points)			
		Ia	Ib	Ic	Id
Психомоторная деятельность Psychomotor functions	скорость реакции speed reaction	10 / 60	10 / 60	10 / 60	10 / 60
	зрительно-моторная координация hand-eye coordination	5 / 30	5 / 30	5 / 30	5 / 30
	слухомоторная координация auditory coordination	1 / 6	1 / 6	1 / 6	1 / 6
	координация (мелкая моторика, сенсорный контроль над движениями) coordination (fine motor skills, motion sensory controls)	2 / 12	2 / 12	4 / 24	4 / 24
Восприятие Perception	зрительное восприятие visual perception	5 / 30	5 / 30	5 / 30	5 / 30
	слуховое восприятие auditory perception	3 / 18	3 / 18	3 / 18	3 / 18
Внимание Attention	концентрация внимания concentrating of attention	13 / 78	13 / 78	12 / 72	12 / 72
	устойчивость внимания sustainability of attention	5 / 30	5 / 30	3 / 18	3 / 18
	объем внимания volume of attention	6 / 36	6 / 36	4 / 24	4 / 24
	переключение внимания shifting attention	7 / 42	7 / 42	7 / 42	7 / 42
Память Memory	кратковременная зрительная память short-term visual memory	4 / 24	4 / 24	5 / 30	5 / 30
Аналитико-синтетические процессы Analytical and synthetic processes	оперативность аналитико-синтетических процессов agility of analytical and synthetic processes	3 / 18	3 / 18	4 / 24	4 / 24
	пространственное мышление spatial intelligence	1 / 6	1 / 6	1 / 6	1 / 6
Итого (минимальное/максимальное количество баллов) Total (minimum/maximum number of points)		65 / 390	65 / 390	64 / 384	64 / 384

на основе кодировки ASCII, выгружаемые файлы имеют стандартный текстовый формат на основе кодировки ASCII и графический формат векторного типа (Windows Metafile).

Общая схема файловой структуры комплекса с указанием назначения файловых блоков и путей обмена данными представлены на **рис. 3**. Описание типов структуры текстовых файлов представлено в **табл. 2**.

Блок постоянных входных файлов представляет собой фактическую базу данных, содержащую перечень регистрируемых при диагностике параметров и границы доверительных интервалов, выбранные для них по результатам обработки статистически значимого количества пациентов, разделённых на 4 подгруппы. Внесение изменения пользователем в этот блок файлов не предполагается. База данных может обновляться разработчиком программы. Для унификации версий базы данных в качестве идентификатора используется дата разработки.

Блок редактируемых входных файлов содержит выборку диагностируемых параметров для различных когнитивных функций. Эта выборка редактируется пользо-

вателем, который определяет, на основе каких параметров будет проводиться диагностика.

Блок дополнительных редактируемых входных файлов является сокращённым набором из файлов базы данных и редактируемых файлов с выборками. Данный блок формируется пользователем для проведения экспресс-анализа (скрининга) результатов тестирования пациента.

Блок выходных файлов представляет собой файлы с записью результатов обработки тестирования пациента на КПФК «Психомат» на используемой базе данных при заданной выборке параметров.

При разработке пользовательского интерфейса в качестве основных целей были определены простота и однозначность функций выбранных элементов. Также учитывалась необходимость представительной визуализации результатов, для чего в структуру комплекса были включены 3 диаграммы.

Структура программного комплекса в части объектно-ориентированной среды (OS Windows) представлена на **рис. 4**. Описание элементов комплекса приведено в **табл. 3**.

Таблица 2 / Table 2

Описание типов структуры текстовых файлов
 Description of the types of structure of text files

Имя структуры Structure name	Описание Description
MAIN	<p>N строк формата: $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, \dots, M_i$ где $i = 1, 5$ — границы доверительных интервалов (определяются при разработке базы данных) для диагностируемого параметра, расположенного в соответствующем файле со структурой LOOKUP с тем же порядковым номером строки</p> <p>N format string: $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, \dots, M_i$ where $i = 1, 5$ is the confidence interval boundaries (defined during database development) for a diagnostic parameter located in a corresponding file with LOOKUP structure with the same string number</p>
LOOKUP	<p>N строк формата: $L_1 \# L_2$ где L_1 — имя когнитивной функции (соответствует выходному файлу прибора «Психомат»), в символьном формате не более 40 символов; L_2 — имя регистрируемого параметра (соответствует выходному файлу программы «Психомат»), в символьном формате не более 40 символов</p> <p>N format string: $L_1 \# L_2$ where L_1 is the name of the cognitive function (corresponds to the output file of the device «Psychomat») in a symbol format not exceeding 40 characters; L_2 — the name of the parameter being registered (corresponds to the output file of the program «Psychomat») in a symbol format not exceeding 40 characters</p>
FUNCTION	<p>Произвольное число строк формата: $F \# f_i \ i[1, N]$ где F — имя тестируемой функции (задаётся пользователем), $f_i \ i[1, N]$ — номера параметров, по которым предполагается диагностика пациента (соответствуют номерам строк в файле со структурой LOOKUP), количество произвольное, не более N</p> <p>Arbitrary number of format lines: $F \# f_i \ i[1, N]$ where F is the name of the function to be tested (set by the user), $f_i \ i[1, N]$ are the parameter numbers for which the patient is expected to be diagnosed (corresponding to line numbers in a file with a LOOKUP structure), the number is arbitrary, at most N</p>
OUT	<p>Структура идентична FUNCTION, но с удлинённой строкой на порцию: $\# h_i \ i[1, N]$ где h_i — результаты тестирования по параметру f_i</p> <p>The structure is identical to FUNCTION, but with an extended string per portion: $\# h_i \ i[1, N]$ where h_i is the test results for the f_i parameter</p>
NAME	<p>Имеет структуру выходного файла программы «Психомат», приведённую к текстовому формату Has the structure of the output file of the program «Psychomat» been reduced to text format</p>

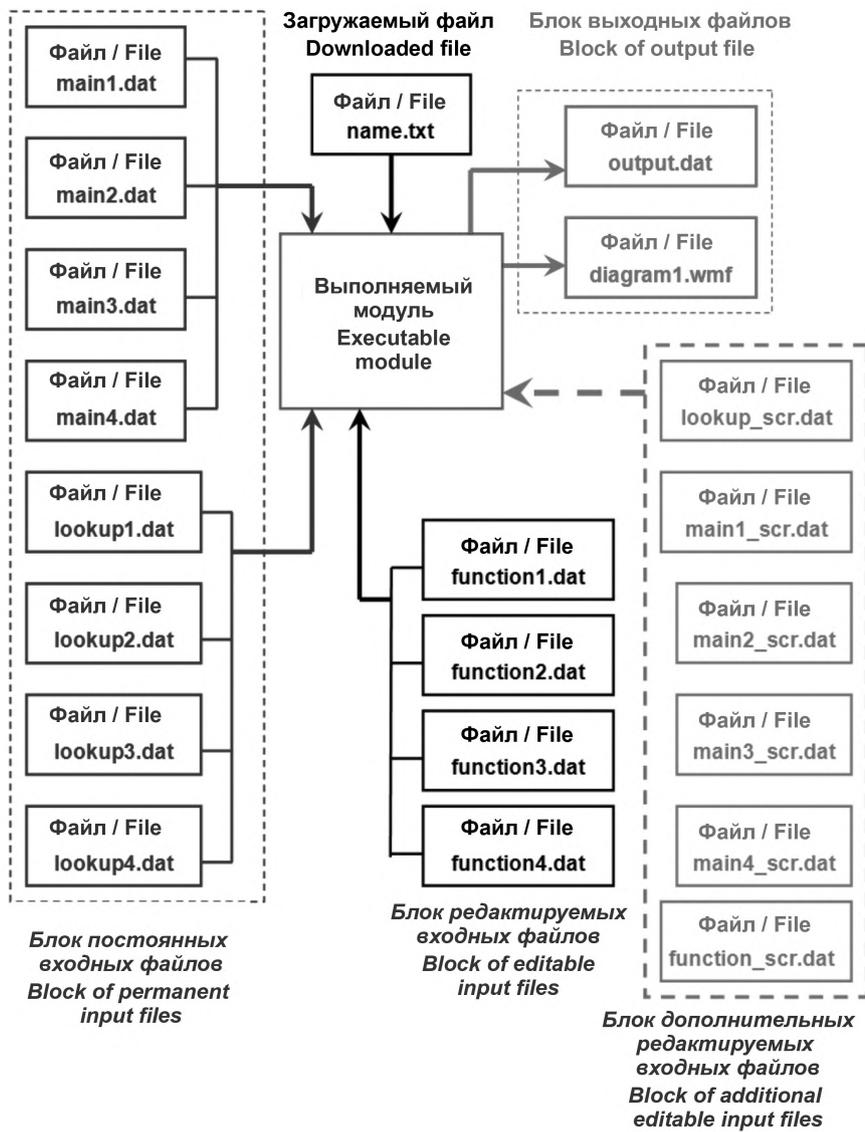


Рис. 3. Схема файловой структуры комплекса.
Fig. 3. Scheme of the file structure of the complex.

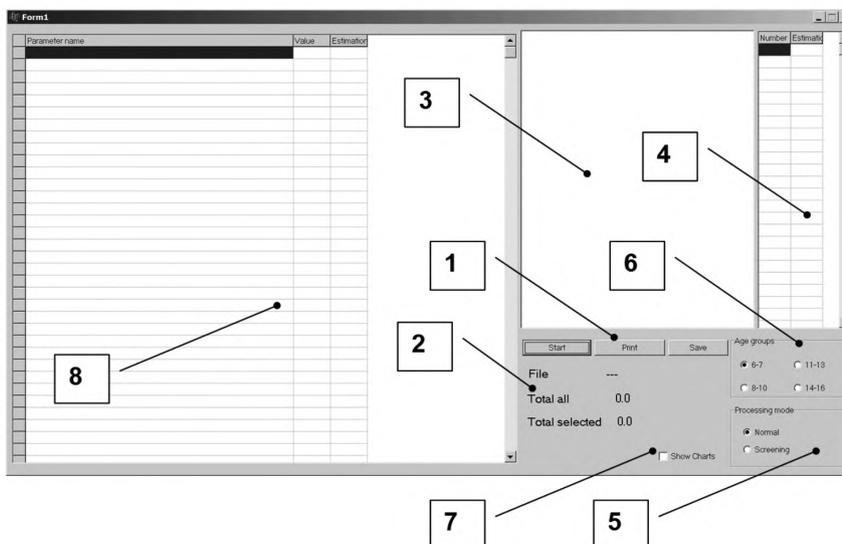


Рис. 4. Структура программного комплекса.
Fig. 4. Structure of the software complex.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

1. Для проведения однократной процедуры по обработке диагностического файла следует выполнить следующие операции:

2. Проверить наличие файла в родительской папке и структуру всех файловых блоков, указанных на **рис. 4**.

3. Запустить исполняемый файл. Будет отображена основная форма программного комплекса, приведенная на **рис. 5**.

4. Определить тип обработки данных — предварительный (скрининг) или полный. Сделать выбор селективной кнопки элемента 5.

5. Определить возрастную категорию тестируемого пациента и выбрать селективную кнопку элемента 6.

Нажать кнопку Start элемента 1, при этом запускается стандартное диалоговое окно выбора файла OS

Windows. Следует выбрать нужный файл, записанный по данным тестирования, нажать «Открыть». Будет выведен результат обработки загруженной информации (пример показан на **рис. 5**). Будет отображена таблица строк элемента 8 с заполненными столбцами: перечень параметров (столбец Parameter name), данные тестирования (столбец Value) и результат диагностики по базе данных (столбец Estimation). Будут отображены строки элемента 3, заполненные именами тестируемых функций. На элементе 2 будут выведены имя загруженного файла (метка File) и полное количество набранных баллов по результатам обработки всех функций (метка Total all).

6. Далее возможен выбор флаговой кнопки элемента 7. При этом диалоговое окно программного ком-

Таблица 3/ Table 3

Описание элементов программного комплекса

Description of programme elements

Номер элемента Item number	Тип элемента Type of element (OS Windows)	Количество Amount	Описание Description
1	Button	3	Набор кнопок для загрузки файла (Start), вывода результатов на печать (Print) и записи выходных файлов (Save) Set of buttons to download the file (Start), print results (Print) and output files (Save)
2	Label	3	Группа меток для отображения имени загруженного файла (File), полного количества баллов в результате (Total all) и количества баллов в результате по критерию, выбранному в элементе 3 (Total selected) Group of tags for displaying the name of the downloaded file (File), the total number of points as a result (Total all) and the number of points as a result according to the criterion chosen in element 3 (Total selected)
3	StringList	1	Лист строк, отображающий содержимое соответствующего файла FUNCTION в части имен тестируемых функций (F) String sheet that displays the contents of the corresponding FUNCTION file in terms of the names of the functions to be tested (F)
4	StringGrid	1	Таблица, отображающая номера параметров, по которым предполагается диагностика пациента (столбец Number, соответствует выбранной пользователем функции в элементе 3) и количество баллов, полученное по результатам обработки файла прибора «Психомат» (столбец Estimation) Table showing the parameter numbers for which the diagnosis of the patient is assumed (column Number corresponds to the user-selected function in element 3) and the score obtained from the processing of the instrument file «Psychomat» (column Estimation)
5	RadioButton	2	Группа селективных кнопок для определения типа тестирования: на полной базе данных (Normal) и выборочной (Screening) Selective button group to determine the type of testing: full database (Normal) and sample (Screening)
6	RadioButton	4	Группа селективных кнопок для определения возрастной категории тестируемого пациента перед загрузкой файла: 6–7, 8–10, 11–13 и 14–16 лет Selective button group to determine the age of the tested patient before downloading the file: 6–7, 8–10, 11–13, and 14–16 years
7	CheckBox	1	Флаговая кнопка для выбора типа отображения элемента 8, выбор Show Charts для отображения диаграмм, отсутствие выбора — отображение соответствующего файла MAIN Flag button to select the display type of item 8, select Show Charts to display charts, no selection — display the corresponding MAIN file
8	StringGrid Chart	1 3	В зависимости от выбора элемента 7 отображается либо структура файла MAIN соответствующей возрастной категории (столбец Parameter name), включая результаты тестирования на приборе «Психомат» (столбец Value) и результаты диагностики по базе данных (столбец Estimation), либо 3 диаграммы Depending on the selection of element 7, either the structure of the MAIN file corresponding to the age category (column Parameter name) is displayed, including the results of testing on the device «Psychomat» (column Value) and the results of the database diagnostics (column Estimation) or 3 diagrams

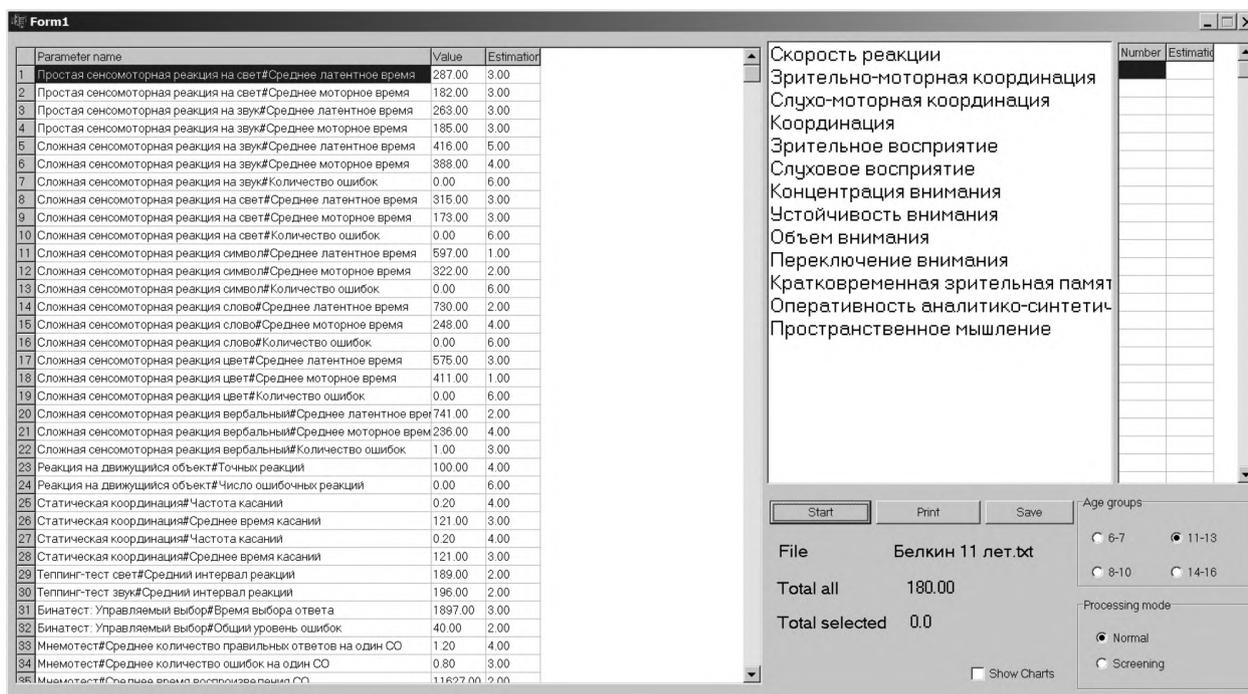


Рис. 5. Общий вид программного комплекса после загрузки данных.

Fig. 5. General type of software after downloading data.

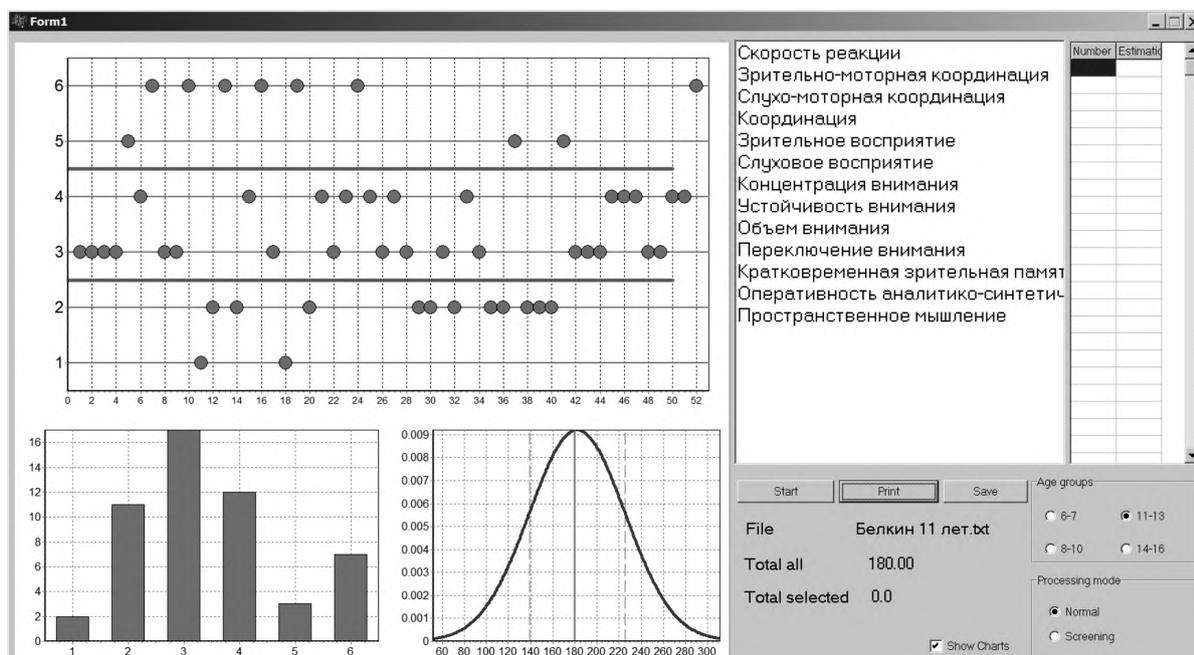


Рис. 6. Общий вид программного комплекса при отображении диаграмм.

Fig. 6. General view of the software complex when displaying diagrams.

плекса примет вид, представленный на рис. 6. Вместо таблицы строк будут отображены 3 диаграммы. Основная диаграмма расположена в верхней части диалогового окна. По оси абсцисс откладываются порядковые номера критериев базы данных MAIN, по оси ординат — величина от 1 до 6, соответствующая количеству баллов в зависимости от попадания данных пациента в границы заданных интервалов (из базы дан-

ных). Зелеными линиями отмечена область средних значений (от $M - \sigma$ до $M + \sigma$ (для параметрических критериев), от 16% до 84% (для непараметрических критериев)). При выполнении операции с выбором одной из тестируемых функций на диаграмме синим цветом будут выделяться точки, попадающие в критерии выбранной функции. Две другие диаграммы являются вспомогательными и отображают распределе-

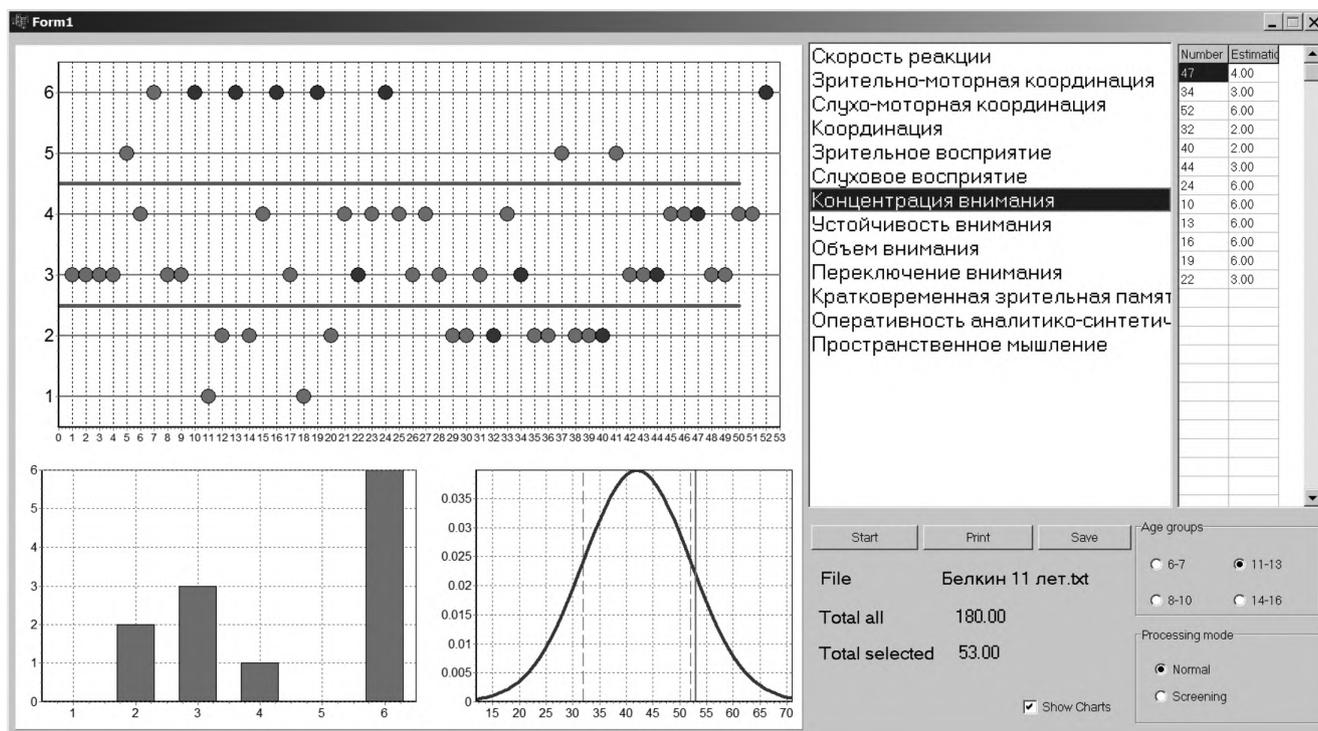


Рис. 7. Общий вид программного комплекса при отображении диаграмм при выбранной функции.

Fig. 7. The general view of the software complex when displaying diagrams for the selected function.

ние полученных оценок (от 1 до 6) по их количеству. На левой нижней диаграмме по оси абсцисс — числа от 1 до 6, по оси ординат — количество полученных оценок. На правой нижней диаграмме приведено нормальное распределение, соответствующее набору диагностируемых критериев. Данные оси абсцисс показывают суммарное количество баллов, данные оси ординат приведены из условия единичной площади под гауссовской кривой. Важно отметить, что при выборе отдельной функции все диаграммы автоматически изменяются. На основной диаграмме происходит изменение цвета точек выбранной функции, а две нижних диаграммы обновляются полностью. На нижних диаграммах отображается информация, соответствующая уже не всем критериям, а только тем, которые входят в выбранную функцию.

7. Далее возможен просмотр результатов тестирования по отдельным функциям. Для этого следует сделать выбор функции элемента 3 (рис. 6). В результате диалоговое окно программного комплекса примет вид, представленный на рис. 7. После выбора автоматически будет заполняться таблица строк элемента 4. В каждой строке будет указан номер критерия, содержащегося в выбранной функции, и результат обработки данных пациента по этому критерию. Также автоматически заполнится метка Total selected элемента 2, где будет указано суммарное количество баллов, набранное именно по критериям выбранной функции. Автоматически будут обновлены все три диаграммы. При повторе данной операции с выбором другой функции операция полностью воспроизведётся в отношении другой функции.

8. Возможен выбор кнопки Print элемента 1 (рис. 4). При этом будет запущено стандартное диалоговое окно печати OS Windows. Следует выбрать нужный принтер и нажать «Печать». На принтер будет выведена основная диаграмма.

9. Возможен выбор кнопки Save элемента 1. При этом будет запущено стандартное диалоговое окно сохранения файла OS Windows. Следует выбрать нужную папку и нажать «Сохранить». По указанному адресу будут сохраняться файлы блока выходных файлов.

При необходимости обработки данных следующего пациента операции 4–9 следует повторить.

Таким образом, с помощью оригинального программного пакета на основе КПФК «Психомат» мы получили возможность быстрого и наглядного представления результатов анализа когнитивных и психофизиологических функций у детей 6–17 лет [29, 34]. Создание оригинального программного пакета, в котором сравнение новых данных с нормативной базой происходит в автоматическом режиме (онлайн), является удобным инструментом в психометрических исследованиях у детей. Программный пакет позволяет значительно сократить время обследования, а также использовать эту инновационную технологию во всех детских учреждениях. Быстрое получение результатов исследования способствует при необходимости своевременной инициации комплексного лечения, что, безусловно, оказывает положительное влияние на исход заболевания. Широкий набор тестов, представленный в нашем исследовании, позволяет комплексно оценить состояние когнитивных функций и психофизиологических функций, выявить и детализировать их нарушения.

Литература

(п.п. 1-9, 11-14, 16-18, 20, 24, 25, 27, 28 см. References)

- Смирнов И.Е., Нечаева Н.Л., Кучеренко А.Г., Кузенкова Л.М. Факторы риска и маркеры эндотелиальной дисфункции у детей, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения. *Российский педиатрический журнал*. 2014; 17(1): 9–14.
- Иванюшкин А.Я., Попова О.В., Смирнов И.Е. Правовые и социокультурные проблемы легитимизации нового критерия смерти («смерть мозга») в отечественной педиатрии. *Российский педиатрический журнал*. 2017; 20(5): 294–300. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2017-20-5-294-300>
- Астаева А.В., Малкова А.А. Анализ современных компьютеризированных программ диагностики и коррекции в детской нейропсихологии. *Вестник Южно-Уральского государственного университета: Серия «Психология»*. 2018; 11(4): 39–47. <https://doi.org/10.14529/psy180405>
- Викторов В.А., Матвеев Е.В. *Приборы и комплексы для психофизиологических исследований. Исследования, разработка, применение*. М.; 2002.
- Балканская С.В. Когнитивные функции при эпилепсии у детей: клинико-лабораторно-инструментальные параллели. *Альманах клинической медицины*. 2005; (8-3): 52–9.
- Смирнов И.Е., Степанов А.А., Шакина Л.Д., Беляева И.А., Бомбардинова Е.П., Кучеренко А.Г. Неврологические проявления церебральной ишемии у детей первого года жизни. *Российский педиатрический журнал*. 2016; 19(5): 274–82. [https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19\(5\)-274-282](https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19(5)-274-282)
- Подклетнова Т.В., Кузенкова Л.М., Алексеева Е.И. Психоневрологические аспекты ювенильного ревматоидного артрита. *Вопросы современной педиатрии*. 2009; 8(1): 46–51.
- Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Надеждин Д.С., Сахаров В.Г. Особенности психофизиологического и психосоциального развития учащихся 9–11 классов средней школы. *Российский педиатрический журнал*. 2017; 20(6): 346–53. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2017-20-6-346-353>
- Смирнов И.Е., Иванюшкин А.Я., Смирнов В.И., Поляков С.Д. Спорт высших достижений в свете биоэтики. *Российский педиатрический журнал*. 2014; 17(1): 53–9.
- Шаповаленко И.В. *Психология развития и возрастная психология*. М.: Юрайт; 2016.
- Гланц С. *Медико-биологическая статистика*. Пер. с англ. М.: Практика; 1998.
- Лурья А.Р. *Основы нейропсихологии. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений*. М.: Академия; 2003.
- Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Надеждин Д.С., Сахаров В.Г. Сравнительный анализ психофизиологического развития подростков. *Российский педиатрический журнал*. 2015; 18(2): 23–7. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2015-18-2-23-27>

References

- Byrd D., Arentoft A., Scheiner D., Westerveld M., Baron I.S. State of multicultural neuropsychological assessment in children: current research issues. *Neuropsychol. Rev*. 2008; 18(3): 214–22. <https://doi.org/10.1007/s11065-008-9065-y>
- Hüsser A., Fourdain S., Gallagher A. Neuropsychologic assessment. *Handb. Clin. Neurol.* 2020; 174: 239–49. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64148-9.00017-X>
- Brooks B.L., Iverson G.L., Sherman E.M., Roberge M.C. Identifying cognitive problems in children and adolescents with depression using computerized neuropsychological testing. *Appl. Neuropsychol.* 2010; 17(1): 37–43. <https://doi.org/10.1080/09084280903526083>
- Plourde V., Hrabok M., Sherman E.M.S., Brooks B.L. Validity of computerized cognitive battery in children and adolescents with neurological diagnoses. *Arch. Clin. Neuropsychol.* 2018; 33(2): 247–53. <https://doi.org/10.1093/arclin/acx067>
- Young A.G., Shtulman A. Children's cognitive reflection predicts conceptual understanding in science and mathematics. *Psychol. Sci.* 2020; 31(11): 1396–408. <https://doi.org/10.1177/0956797620954449>
- Green P., Horton A.M.Jr. Introduction to special issue on effort testing in children and adolescents. *Appl. Neuropsychol. Child.* 2020; 9(4): 290–1. <https://doi.org/10.1080/21622965.2020.1750105>
- Combs T., Beebe D.W., Austin C.A., Gerstle M., Peugh J. Changes in child functioning pre-to post-neuropsychological evaluation.

- Child Neuropsychol.* 2020; 26(5): 711–20. <https://doi.org/10.1080/09297049.2019.1702155>
- Hyseni F., Blanken L.M.E., Muetzel R., Verhulst F.C., Tiemeier H., White T. Autistic traits and neuropsychological performance in 6-to-10-year-old children: a population-based study. *Child Neuropsychol.* 2019; 25(3): 352–69. <https://doi.org/10.1080/09297049.2018.1465543>
- Wild K., Howieson D., Webbe F., Seelye A., Kaye J. The status of computerized cognitive testing in aging: A systematic review. *Alzheimers Dement.* 2008; 4(6): 428–37. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2008.07.003>
- Smirnov I.E., Nechaeva N.L., Kucherenko A.G., Kuzenkova L.M. Risk factors and markers of endothelial dysfunction in children with the history of the acute cerebral circulation disorder. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2014; 17(1): 9–14. (in Russian)
- Rosenqvist J., Lahti-Nuutila P., Urgesi C., Holdnack J., Kemp S.L., Laasonen M. Neurocognitive functions in 3- to 15-year-old children: An international comparison. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 2017; 23(4): 367–80. <https://doi.org/10.1017/S1355617716001193>
- Theunissen M.H.C., de Wolff M.S., Deurloo J.A., Vogels A.G.C., Reijneveld S.A. Computerized adaptive testing to screen children for emotional and behavioral problems by preventive child healthcare. *BMC Pediatr.* 2020; 20(1): 119. <https://doi.org/10.1186/s12887-020-2018-1>
- Luciana M., Nelson C.A. Assessment of neuropsychological function through use of the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery: performance in 4- to 12-year-old children. *Dev. Neuropsychol.* 2002; 22(3): 595–624. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2203_3
- Gualtieri C.T., Johnson L.G. Reliability and validity of a computerized neurocognitive test battery, CNS Vital Signs. *Arch. Clin. Neuropsychol.* 2006; 21(7): 623–43. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2006.05.007>
- Ivanyushkin A.Ya., Popova O.V., Smirnov I.E. Legal and socio-cultural problems of legitimizing a new criterion of death («brain death») in domestic pediatrics. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2017; (5): 294–300. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2017-20-5-294-300> (in Russian)
- Brooks B.L., Plourde V., Fay-McClymont T.B., MacAllister W.S., Sherman E.M.S. Factor structure of the CNS Vital Signs computerized cognitive battery in youth with neurological diagnoses. *Child Neuropsychol.* 2019; 25(7): 980–91. <https://doi.org/10.1080/09297049.2019.1569609>
- Majerus S. Cognitive remediation for neurodevelopmental disabilities. *Handb. Clin. Neurol.* 2020; 174: 357–67. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64148-9.00026-0>
- Ross S.A., Allen D.N., Goldstein G. Factor structure of the Halstead-Reitan Neuropsychological Battery for children: a brief report supplement. *Appl. Neuropsychol. Child.* 2014; 3(1): 1–9. <https://doi.org/10.1080/21622965.2012.695882>
- Astaeva A.V., Malkova A.A. Analysis of modern computerized diagnostic and correction programs in children's neuropsychology. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta: Seriya «Psikhologiya»*. 2018; 11(4): 39–47. <https://doi.org/10.14529/psy180405> (in Russian)
- Kochhann R., Gonçalves H.A., Pureza J.D.R., Viapiana V.F., Fonseca F.D.P., Salles J.F., et al. Variability in neurocognitive performance: Age, gender, and school-related differences in children and from ages 6 to 12. *Appl. Neuropsychol. Child.* 2018; 7(3): 277–85. <https://doi.org/10.1080/21622965.2017.1312403>
- Viktorov V.A., Matveev E.V. *Devices and Complexes for Psychophysiological Research. Research, Development, Application [Приборы и комплексы для психофизиологических исследований. Исследования, разработка, применение]*. Moscow; 2002. (in Russian)
- Balkanskaya S.V. Cognitive functions in epilepsy in children: clinical, laboratory and instrumental parallels. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny*. 2005; (8-3): 52–9. (in Russian)
- Smirnov I.E., Stepanov A.A., Shakina L.D., Belyaeva I.A., Bombaridirova E.P., Kucherenko A.G. Neurologic manifestations of cerebral ischemia in infants at 1 year of age. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2016; 19(5): 274–82. [https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19\(5\)-274-282](https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19(5)-274-282) (in Russian)
- Brooks B.L., Low T.A., Daya H., Khan S., Mikrogianakis A., Barlow K.M. Test or rest? Computerized cognitive testing in the emergency department after pediatric mild traumatic brain injury does not delay symptom recovery. *J. Neurotrauma*. 2016; 33(23): 2091–96. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4301>

25. Rosa V.O., Schmitz M., Moreira-Maia C.R., Wagner F., Londero I., Bassotto C.F., et al. Computerized cognitive training in children and adolescents with attention deficit/hyperactivity disorder as add-on treatment to stimulants: feasibility study and protocol description. *Trends Psychiatry Psychother.* 2017; 39(2): 65–76. <https://doi.org/10.1590/2237-6089-2016-0039>
26. Podkletnova T.V., Kuzenkova L.M., Alekseeva E.I. Psychoneurological aspects of juvenile rheumatoid arthritis. *Voprosy sovremennoy pediatrii.* 2009; 8(1): 46–51. (in Russian)
27. Stadskleiv K., Jahnsen R., Andersen G.L., von Tetzchner S. Neuropsychological profiles of children with cerebral palsy. *Dev. Neurorehabil.* 2018; 21(2): 108–20. <https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1282054>
28. Weiss S.J., Blackwell M.C., Griffith K.M., Jordan L.S., Culotta V.P. Performance validity testing in children and adolescents: A descriptive study comparing direct and embedded measures. *Appl. Neuropsychol. Child.* 2019; 8(2): 158–62. <https://doi.org/10.1080/21622965.2017.1413982>
29. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Nadezhdin D.S., Sakharov V.G. The study of the psychophysiological and psychosocial characteristics of 9-11th grade students of secondary school. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal.* 2017; 20(6): 346–53. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2017-20-6-346-353> (in Russian)
30. Smirnov I.E., Ivanyushkin A.Ya., Smirnov V.I., Polyakov S.D. High performance sport in terms of bioethics. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal.* 2014; 17(1): 53–9. (in Russian)
31. Shapovalenko I.V. *Developmental Psychology and Age Psychology [Psikhologiya razvitiya i vozrastnaya psikhologiya]*. Moscow: Yurayt; 2016. (in Russian)
32. Glantz S.A. *Primer of Biostatistics*. New-York: McGraw-Hill; 1994.
33. Luriya A.R. *Fundamentals of Neuropsychology: Textbook for Students of Higher Educational Institutions [Osnovy neyropsikhologii. Uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy]*. Moscow: Akademiya; 2003. (in Russian)
34. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Nadezhdin D.S., Sakharov V.G. Comparative analysis of the psychophysiological development of adolescents. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal.* 2015; 18(2): 23–7. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2015-18-2-23-27> (in Russian)

Сведения об авторах:

Кузенкова Людмила Михайловна, доктор мед. наук, проф., начальник центра детской психоневрологии, зав. отд-нием психоневрологии и психосоматической патологии ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, kuzenkova@nczd.ru; **Попович Софья Георгиевна**, мл. науч. сотр. отд-ния психоневрологии и психосоматической патологии ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, porovich@nczd.ru