

СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОИЗОБРАЖЕНИЯ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ С УСПЕШНОСТЬЮ ВЫПОЛНЕНИЯ СЕНСОМОТОРНЫХ ПРОБ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕСТОВ

А. А. Косенков, В. Ю. Щебланов

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный
медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» ФМБА России,
Москва, Россия

***Аннотация:** Проведен анализ статистически значимых различий между группами мужчин-добровольцев наиболее и наименее успешных в выполнении когнитивных задач различного уровня сложности по параметрам виброизображения (ВИ). В исследованиях с участием 204 мужчин-добровольцев показано, что параметры ВИ, зарегистрированные в состоянии относительного покоя, могут содержать информацию о когнитивных способностях. Повидимому, полученные данные отражают существование устойчивых функциональных связей между структурами головного мозга человека, обеспечивающими успешное выполнение различных когнитивных задач на стабильно высоком уровне.*

***Ключевые слова:** технология виброизображения, когнитивные способности, сенсомоторные реакции, интеллектуальные тесты.*

TASK-INDEPENDENT VIBRAIMAGE PARAMETERS AND SUCCESSFUL PERFORMANCE IN SENSORIMOTOR AND INTELLIGENCE TESTS

Alexander A. Kosenkov, Viktor Yu. Shcheblanov

State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical and Biological Agency (SRC — FMBC) of Russia,
Moscow, Russia.

***Abstract:** The analysis of statistically significant differences in the vibraimage parameters between groups of male volunteers who most and least successfully performed cognitive tasks of different difficulty levels is presented. It is shown that these parameters based on task-independent (resting state) spontaneous fluctuations may contain information about some cognitive abilities. Apparently, the data obtained reflect the existence of stable functional connections between the structures of the human brain that ensure the performance of cognitive tasks at a consistently high level.*

***Keywords:** vibraimage technology, cognitive abilities, sensorimotor reactions, intelligence tests.*

Введение

Одной из важнейших задач, стоящих перед исследователями, использующими новый метод, является определение его сильных и слабых сторон, и, в частности, определение круга задач, решение которых с его помощью возможно и оптимально с точки зрения как получаемого результата, так и необходимых ресурсов. Данная работа является в этом смысле продолжением ряда работ, ставящих перед собой целью поиск места технологии виброизображения (ВИ) в существующем наборе классического и современного психофизиологического инструментария.

Гипотезы данного исследования:

1. Параметры ВИ, записанные в состоянии относительного покоя, могут нести информацию о способностях человека успешно выполнять определенные виды деятельности.

2. Связь между успешностью выполнения тестового задания и параметрами ВИ тем более выражена, чем проще выполняемая деятельность, то есть чем ближе она по своему содержанию к рефлексорной.

Цель исследования: анализ особенностей связи параметров виброизображения в состоянии покоя с успешностью выполнения сенсомоторных проб и интеллектуальных тестов.

Сенсомоторные пробы и интеллектуальные тесты, выбранные для исследования, могут быть отнесены к инструментам оценки различных когнитивных способностей (Лаптева, 2017; Ржанова и др., 2018). Процедура теста «простая сенсомоторная реакция» (ПСМР) предполагает однотипные двигательные реакции на повторяющийся заранее известный зрительный раздражитель. Хотя скорость реакции у человека контролируется сознанием (Бойко, 1964), в ряду использованных когнитивных задач ПСМР требует наименьшего участия корковых структур головного мозга, которое К. К. Платонов назвал «центральным моментом» (Платонов, 1972). Основными показателями ПСМР являются скорость реакции и её вариабельность, а также возможные редко встречающиеся ошибки в виде пропусков сигналов либо преждевременных реакций.

При проведении теста «реакция выбора» (РВ), который является вариантом сложной сенсомоторной реакции (ССМР), испытуемому предлагается реагировать на два или более разных стимулов, которые предъявляются ему в случайном или псевдослучайном порядке, причём каждому стимулу соответствует своя реакция, например, нажатие на определённую кнопку на клавиатуре. Сложность задачи, а соответственно роль центрального момента и средняя скорость реакции, возрастает с увеличением разнообразия предъявляемых стимулов. Разница между временем РВ и ПСМР от появления стимула до начала моторного ответа называется «центральной задержкой». К ошибочным реакциям при выполнении РВ добавляются неверные нажатие клавиш.

Интеллектуальные задачи, решаемые испытуемыми, были разной направленности и отражали уровень развития флюидного (тест «прогрессивные матрицы»

Дж. Равена) и кристаллизованного (фактор В 16-факторного личностного опросника Р. Б. Кеттелла — 16-ФЛО) интеллектов. Оба термина предложены Р. Б. Кеттеллом (Cattell, 1971; 1987) для обозначения сложных когнитивных функций: флюидный интеллект зависит от гибкости мышления и определяет способность к логическому мышлению и успешность в решении новых и нестандартных задач, выходящих за пределы опыта; кристаллизованный интеллект отражает объем знаний и опыта человека и способность применять их на практике.

Таким образом, выбранные для исследования когнитивных функций методики занимают места в континууме от наиболее простой (ПСМР) до наиболее сложных задач (интеллектуальные тесты) с промежуточным расположением РВ. В то же время можно выделить два фактора, которые их объединяют. Измеряемые с их помощью способности: 1) подвержены существенному влиянию наследуемых человеком свойств центральной нервной системы (ЦНС) (Cattell, 1971; 1987; Пантелеева, 1977; Saraykin, 2017); 2) претерпевают существенные возрастные изменения у взрослых людей (Ананьев, 2001; Шутова и Муравьева, 2013; Raven, 2008; Horn & Cattell, 1967).

В зрелом возрасте скорость сенсомоторных реакций и успешность решения интеллектуальных задач претерпевают различную динамику, поэтому говорить о каких-либо общих закономерностях для них не представляется возможным. Учитывая сказанное, при планировании данной работы авторы сочли необходимым ограничить круг обследованных лиц средним возрастом.

Значимым стимулом для формирования идеи настоящего исследования послужили недавние публикации работ В. А. Минкина и соавторов (Минкин и Бланк, 2019; Минкин и Качалин, 2019), подтверждающих существование связи параметров ВИ и функционального состояния ЦНС. В них описывается зависимость длительности периодов мозговой активности, измеряемых технологией ВИ, от рода деятельности и мозговой нагрузки человека, однако до настоящего времени работ по исследованию связи параметров виброизображения с успешностью выполнения когнитивных задач не проводилось.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 204 мужчины-добровольца в возрасте от 27 до 47 лет. Ограничение круга обследованных лицами мужского пола среднего возраста позволило избежать влияния половых, возрастных и антропометрических факторов на результаты исследования параметров виброизображения.

Проведение сенсомоторных проб и интеллектуальных тестов осуществлялось с помощью аппаратно-программного комплекса (АПК) «ПФС-Контроль». В начале исследования проводились сенсомоторные пробы:

1) Простая сенсомоторная реакция (ПСМР) — в качестве стимула использовался красный прямоугольник, на появление которого в центре экрана монитора испытуемый должен был реагировать как можно быстрее и одновременно обеими руками путем нажатия клавиш «shift» справа и слева на клавиатуре.

2) Реакция выбора (РВ) — в качестве стимулов использовались прямоугольники красного, желтого и зеленого цвета в случайном порядке. На появление одного из стимулов в центре экрана монитора испытуемый должен был реагировать как можно быстрее, нажав соответствующую сигналу клавишу. Для определения успешности выполнения каждой из сенсомоторных проб использовался целевой показатель «среднее время реакции». Дополнительным условием включения в группу наиболее успешных было отсутствие большого (выше среднего уровня) числа ошибок.

Затем испытуемые выполняли два интеллектуальных теста:

3) «Прогрессивные матрицы» Равена.

4) Задачи, входящие в фактор В Кеттела, решавшиеся во время выполнения 16-ФЛО (форма А). Критерием успешности/неуспешности выполнения каждого из тестов было число правильно решенных задач.

Таким образом, в ходе исследования испытуемые последовательно выполняли задания возрастающей сложности: ПСМР, РВ и интеллектуальные тесты, направленные на исследование различных аспектов общего интеллекта (фактора «g») — флюидного и кристаллизованного интеллекта. Так как результаты выполнения данных тестов могут отражать функциональное состояние ЦНС, тестирование проводилось только в утренние и дневные часы.

По результатам выполнения каждой из 4 методик были сформированы по две группы, наиболее и наименее успешно выполнившие предложенные задания. В результате из общего числа участников исследования было выделено 8 (4 пары) групп, и каждая пара представляла собой группы испытуемых, полярных по успешности выполнения одной из 4 когнитивных задач. В дальнейшем в каждой из пар групп было проведено сравнение по 164 параметрам ВИ с целью выявления статистически значимых различий.

Численность выделенных групп представлена в таблице 1.

Таблица 1

Численность групп наиболее (группа 1) и наименее (группа 2) успешных участников исследования по результатам выполнения различных заданий

| Номера групп | ПСМР | РВ | Фактор В 16-ФЛО | Тест Равена |
|--------------|------|----|-----------------|-------------|
| Группа 1 | 48 | 55 | 45 | 36 |
| Группа 2 | 57 | 51 | 31 | 31 |

Ни по возрасту, ни по антропометрическим показателям достоверных различий между лучшими и худшими испытуемыми ни в одной из пар выявлено не было.

Средние значения целевых (определяющих успешность выполнения задачи) показателей в выделенных группах приведены в таблице 2.

Таблица 2

Средние значения целевых показателей тестов, использованных для формирования групп наиболее (группа 1) и наименее (группа 2) успешных участников исследования

| Показатели тестов, использованные для формирования групп | Группа 1 | Группа 2 |
|--|----------|----------|
| Латентный период ПСМР, мс | 264,7 | 352,32 |
| Латентный период РВ, мс | 543,8 | 725,21 |
| Значения фактора В 16-ФЛО (в стенах) | 9,5 | 4,3 |
| Число правильно решенных задач в тесте Равена | 51 | 34,1 |

В тот же день с помощью программы ВибраМед (ВибраМед8, 2016 или ВибраМед10, 2020) производилась запись виброизображения в течение 1 минуты, качество записи поддерживалось на уровне не менее 70%.

Результаты исследования анализировались с использованием пакета программ STATISTICA v. 8.0.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследования были сформированы 4 пары групп его участников наиболее и наименее успешных в выполнении заданий возрастающей сложности: а) простая сенсомоторная реакция; б) реакция выбора; в) интеллектуальные тесты (задачи из теста Р. Кеттела — фактор В и тест «прогрессивные матрицы» Равена).

На рисунке 1 и в таблицах 3 и 4 приведены результаты попарного сравнения показателей ВИ в группах, выполнявших когнитивные задачи различной сложности.

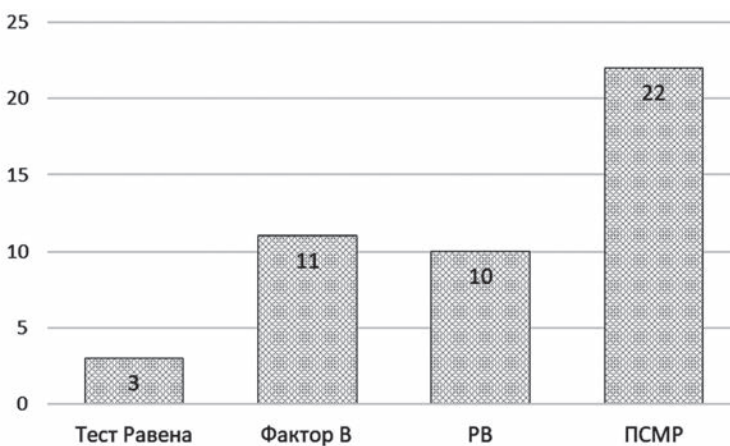


Рис. 1. Число статистически значимых различий по параметрам ВИ между наиболее и наименее успешными испытуемыми, выполнявшими когнитивные задачи различного уровня сложности.

Как видно из рисунка 1, результаты исследования в целом подтверждают гипотезу о том, что связь между успешностью выполнения тестового задания и параметрами ВИ тем более выражена, чем проще выполняемая деятельность, то есть чем ближе она по своему содержанию к рефлекторной. Обращает на себя внимание высокое число статистически значимых различий параметров ВИ между группами, полярными по признаку успешности в решении задач фактора В 16-ФЛО, что не совпадает с ожидаемым. Естественнее было бы предположить совпадение или близость по этому показателю между интеллектуальными тестами, несмотря на их разную направленность. Тот факт, что фактор В 16-ФЛО не вполне укладывается в общую описанную тенденцию может быть связано как с содержанием деятельности, так и с особыми условиями её выполнения. Возможно, развитый кристаллизованный интеллект предполагает существование устойчивых функциональных связей между участками головного мозга, вовлеченных в решение соответствующих задач. В отличие от других использованных когнитивных задач 16-ФЛО выполняется в произвольном темпе, в то время как для теста Равена существуют ограничение во времени, а в инструкциях для сенсомоторных проб ключевым является условие реагировать «как можно быстрее».

Неожиданным стал и результат анализа совпадений параметров ВИ, по которым получены статистически значимые различия между группами наиболее и наименее успешных в выполнении различных когнитивных задач (табл. 3 и 4). По мнению авторов, число совпадающих параметров ВИ для разных задач может быть критерием степени общности мозговых механизмов, участвующих в их реализации.

Таблица 3

Число совпадений параметров ВИ, по которым получены статистически значимые различия между группами наиболее и наименее успешных в выполнении различных когнитивных задач

| Методики | Тест Равена | Фактор В 16-ФЛО | РВ | ПСМР |
|-----------------|-------------|-----------------|----|------|
| Тест Равена | – | 0 | 0 | 0 |
| Фактор В 16-ФЛО | 0 | – | 1 | 9 |
| РВ | 0 | 1 | – | 6 |
| ПСМР | 0 | 9 | 6 | – |

Из таблицы 3 видно, что для теста Равена такого рода совпадения отсутствуют, фактор В имеет 1 совпадение параметров ВИ с РВ и 9 с ПСМР и, наконец, между сенсомоторными пробами выявлено 6 совпадений по параметрам ВИ. При этом, если направленность различий по параметрам ВИ между лучшими и худшими испытуемыми, выполнявшими сенсомоторные пробы, совпадает, то по всем 9 аналогичным совпадениям между фактором В 16-ФЛО и ПСМР она носит противоположный характер (табл. 4). Другими словами, если по какому-либо из этих параметров, например, по «тревожности» для группы лучших по фактору В характерны меньшие значения, то для группы лучших по ПСМР — большие (табл. 4).

Таблица 4

Статистически значимые различия по показателям виброизображения между группами испытуемых наиболее (группа 1) и наименее (группа 2) успешных в выполнении интеллектуальных тестов и сенсомоторных проб

| Параметры ВИ | Тест Равена ($\mu \pm \sigma$) | | | Фактор В 16 ФЛО ($\mu \pm \sigma$) | | |
|-------------------------------|----------------------------------|------------|-------|--------------------------------------|--------------|-------|
| | Группа 1 | Группа 2 | P | Группа 1 | Группа 2 | P |
| Стресс (P6) | | | | | | |
| Тревожность (F5X) | | | | 36,0±12,9 | 44,48±17,31 | <0,05 |
| Уравновешенность (P16) | | | | | | |
| F3 | 20,81±6,1 | 24,93±9,66 | <0,05 | | | |
| F5 (fast) | | | | 0,4±0,1 | 0,44±0,17 | <0,05 |
| F7 | | | | 0,1±0,0 | 0,05±0,04 | <0,05 |
| F8 | | | | | | |
| P2 | 27,73±5,6 | 31,66±6,6 | <0,05 | | | |
| A3-S | | | | | | |
| F5-S | | | | | | |
| Стресс (P6)-Vi | | | | | | |
| Тревожность (F5X)-Vi | | | | | | |
| Харизма (P17)-Vi | | | | | | |
| Саморегуляция (P18)-Vi | | | | | | |
| A2-Vi | | | | | | |
| A3-Vi | | | | | | |
| F2-Vi | | | | | | |
| F4-Vi | | | | 16,5±18,6 | 27,2±26,43 | <0,05 |
| F6-Vi | | | | | | |
| F7-Vi | | | | 21,3±27,2 | 168,18±340,9 | <0,01 |
| F8-Vi | | | | | | |
| F9-Vi | | | | 13,0±14,6 | 22,54±18,33 | <0,05 |
| P1-Vi | | | | | | |
| P2-Vi | | | | 6,8±7,8 | 12,64±12,33 | <0,05 |
| A1 (fast)-CMin | | | | | | |
| A4 (fast)-CMin | | | | 0,00±0,0 | 0,02±0,05 | <0,05 |
| F1 (fast)-CMin | | | | | | |
| F5 (fast)-CMin | | | | 0,1±0,1 | 0,19±0,15 | <0,05 |
| F7-CMin | | | | 0,00±0,0 | 0,02±0,01 | <0,01 |
| S6-CMin | -0,2±0,2 | -0,11±0,16 | <0,05 | | | |
| F5 (fast)-CMax | | | | 0,5±0,1 | 0,62±0,17 | <0,01 |

Таблица 4 (окончание)

| PB ($\mu \pm \sigma$) | | | ПСМР ($\mu \pm \sigma$) | | | Параметры ВИ |
|-------------------------|-------------|-------|---------------------------|---------------|-------|-------------------------------|
| Группа 1 | Группа 2 | P | Группа 1 | Группа 2 | P | |
| 34±6,2 | 36,51±6,75 | <0,05 | | | | Стресс (P6) |
| | | | 41,7±16,47 | 35,01±12,1 | <0,05 | Тревожность (F5X) |
| | | | 66,9±7,96 | 63,07±9,8 | <0,05 | Уравновешенность (P16) |
| | | | | | | F3 |
| | | | 0,4±0,16 | 0,35±0,1 | <0,05 | F5 (fast) |
| | | | | | | F7 |
| | | | 0,1±0,03 | 0,15±0,0 | <0,01 | F8 |
| | | | | | | P2 |
| 2,9±2,1 | 4,05±3,27 | <0,05 | | | | A3-S |
| | | | 0,0±0,02 | 0,05±0,0 | <0,05 | F5-S |
| | | | 10,9±5,69 | 13,77±7,9 | <0,05 | Стресс (P6)-Vi |
| | | | 21,4±9,87 | 25,44±10,1 | <0,05 | Тревожность (F5X)-Vi |
| 14,7±11,2 | 21,8±17,48 | <0,05 | | | | Харизма (P17)-Vi |
| 9,4±5,5 | 12,06±7,03 | <0,05 | | | | Саморегуляция (P18)-Vi |
| 36,2±33,7 | 23,71±30,82 | <0,05 | 31,8±27,76 | 16,68±22,6 | <0,01 | A2-Vi |
| | | | 15,1±14,17 | 8,98±13,2 | <0,05 | A3-Vi |
| 11,8±8,2 | 7,6±9,24 | <0,05 | 11,4±8,61 | 6,06±7,8 | <0,01 | F2-Vi |
| | | | 19,2±18,19 | 11,31±17,8 | <0,05 | F4-Vi |
| 13,1±20,6 | 6,57±9,52 | <0,05 | 14,4±25,13 | 5,74±8,0 | <0,05 | F6-Vi |
| | | | 131,5±367,32 | 20,2±41,4 | <0,05 | F7-Vi |
| 47,8±76,5 | 20,36±27,42 | <0,05 | 55,0±106,27 | 19,9±26,7 | <0,05 | F8-Vi |
| | | | 17,8±15,84 | 10,91±15,2 | <0,05 | F9-Vi |
| 11,7±8,2 | 7,86±9,59 | <0,05 | 11,1±8,52 | 6,47±8,4 | <0,01 | P1-Vi |
| 10,8±9,6 | 6,75±10,08 | <0,05 | 9,7±9,3 | 6,14±8,9 | <0,05 | P2-Vi |
| | | | 0,005 ±0,014 | 0,001±0,0028 | <0,05 | A1 (fast)-CMin |
| | | | 0,013±0,037 | 0,002±0,007 | <0,05 | A4 (fast)-CMin |
| | | | 0,001±0,0018 | 0,000±0,00048 | <0,05 | F1 (fast)-CMin |
| | | | 0,2±0,17 | 0,12±0,1 | <0,01 | F5 (fast)-CMin |
| | | | | | | F7-CMin |
| | | | | | | S6-CMin |
| | | | 0,6±0,15 | 0,53±0,1 | <0,05 | F5 (fast)-CMax |

Содержательное описание стоящих за полученными результатами регуляторных процессов в ЦНС на данном этапе не представляется возможным. Это прежде всего связано с дефицитом теоретического осмысления параметров ВИ, причем не только тех, которые имеют только буквенно-цифровые обозначения. К содержанию поименованных параметров (например, «стресс») также следует относиться с осторожностью, так как они могут нести смысловую нагрузку, противоречащую классическим представлениям (Бобров и Щебланов, 2018). Автор технологии ВИ В. А. Минкин в своей недавней работе также подчеркивает (Минкин, 2020), что в развиваемом им направлении психологии разработка тезауруса далеко не завершена и является задачей дальнейших теоретических обобщений. Он полагает, что на данном этапе развития методологии ВИ, с точки зрения кибернетического подхода, эмоции, психофизиологические параметры и черты характера целесообразно «объединить их под одним термином — поведенческие характеристики» (там же, с. 9).

Можно предположить, что разная направленность статистически значимых различий между группами наиболее и наименее успешных испытуемых при выполнении ими ПСМР и логических задач 16-ФЛО объясняется положением закона Йеркса-Додсона о существовании оптимального уровня активации для выполнения различных видов деятельности. Роберт Йеркс и Джон Додсон экспериментально установили, что чем сложнее задача, тем при более низком уровне активации достигается максимальная результативность (Фресс, 2006). Аналогичная зависимость выявлена между уровнем тревожности и продуктивностью интеллектуальной деятельности (Грибанов и др., 2019). Если это предположение верно, то может быть предложено как минимум два варианта механизма действия данного закона: 1) параметры ВИ в состоянии относительного покоя отражают уровень активации или тревожности испытуемых в день тестирования как их личностные особенности, либо как реакцию на само тестирование; 2) параметры ВИ в состоянии относительного покоя содержат признаки предрасположенности ЦНС к её изменениям в сторону большей или меньшей активации. Однако, учитывая то, что различия между группами 1 и 2 по определяющим их целевым показателям очень велики (табл. 2), более вероятно, что выделенные параметры ВИ характеризуют не столько текущее психофизиологическое состояние обследованных, сколько более устойчивые характеристики ЦНС.

Для понимания выявленных связей между параметрами ВИ и успешностью выполнения когнитивных задач могут оказаться полезными результаты исследования I. Tavor и др. (Tavor et al., 2016), которые показали, что на основании данных функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ), полученных в состоянии покоя, можно успешно прогнозировать особенности активации участков коры головного мозга у конкретного человека при выполнении им различных (языковых, социальных, моторных и др.) заданий. На основании этого авторы делают заключение, что функциональные нейронные связи в относительно спокойном состоянии уже содержат сценарии, которые затем реализуются при выполнении человеком различных (языковых, социальных, моторных и др.) задач

и выражаются в индивидуальных паттернах фМРТ, различающихся по локализации, форме и степени активации.

По-видимому, различия, выявленные нами по показателям ВИ между группами, полярными по признаку успешности выполнения различных когнитивных задач, также отражают особенности мозгового обеспечения психической деятельности, присущие данным группам как результат взаимодействия различных факторов, генетически обусловленных или сформированных в процессе онтогенеза.

Дальнейшая проверка обсуждаемых представлений о природе связи параметров ВИ в состоянии покоя с успешностью выполнения сенсомоторных проб и интеллектуальных тестов позволит приблизиться к пониманию возможностей этой технологии и её места в ряду других психофизиологических методов исследования.

Выводы

1. Выявлены достоверные различия по параметрам виброизображения, зарегистрированным в состоянии покоя, между группами наиболее и наименее успешных участников исследования, последовательно выполнявших деятельность различной сложности. При этом число таких различий имеет тенденцию к снижению при увеличении сложности деятельности.

2. Результаты исследования показывают, что параметры ВИ, зарегистрированные в состоянии относительного покоя, содержат информацию о способностях к выполнению некоторых когнитивных задач различной направленности и уровня сложности.

Литература:

1. Ананьев Б. Г. Человек как предмет познания. СПб.: Питер, (Серия «Мастера психологии») 2001. 288 с.
2. Бобров А. Ф., Щербанов В. Ю. Технология виброизображения: новая парадигма в психофизиологических обследованиях персонала предприятий и объектов атомной отрасли // Современная психофизиология. Технология виброизображения: Тр. 1-й Международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, Россия, 28–29 июня 2018 г. СПб.: Элсис, 2018. С. 15–24. DOI: 10.25696/ELSYS.VCI.RU.2
3. Бойко Е. И. Время реакции человека. М.: Медицина, 1964. 440 с.
4. ВибраМед8. Система анализа психофизиологического и эмоционального состояния человека. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. СПб.: Многопрофильное предприятие «ЭЛСИС», 2016. 72 с. URL: <http://www.psymaker.com/downloads/VIManualRusMed.pdf> (дата обращения: 01 мая 2020).
5. ВибраМед10. Система анализа психофизиологического и эмоционального состояния человека. Версия 10.0. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. СПб.: Многопрофильное предприятие «ЭЛСИС», 2020. 67 с. URL: <https://www.psymaker.com/downloads/VibraMedRus10.pdf> (дата обращения: 01 мая 2020).
6. Грибанов А. В. и др. Психофизиологическая характеристика тревожности и интеллектуальной деятельности в детском возрасте (обзор) // Экология человека. 2019. № 9. С. 50–58.

7. Лаптева Е. М. Современные исследования кристаллизованного интеллекта: методы диагностики и связи с когнитивными и личностными переменными // Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология». 2017. Т. 10, № 4. С. 56–67.
8. Минкин В. А. Виброизображение, кибернетика и эмоции. СПб.: Реноме, 2020. 164 с. DOI: 10.25696/ELSYS.B.RU.VCE.2020
9. Минкин В. А., Бланк М. А. Психофизиологическое формирование периода мозговой активности // Современная психофизиология. Технология виброизображения: Тр. 2-й Международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, Россия, 25–26 июня 2019. СПб.: Элсис, 2019. С. 148–156. DOI: 10.25696/ELSYS.VC2.EN.19
10. Минкин В. А., Качалин А. Н. Анализ периода мозговой активности при различных видах деятельности технологией виброизображения // Современная психофизиология. Технология виброизображения: Тр. 2-й Международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, Россия, 25–26 июня 2019 г. СПб.: Элсис, 2019. С. 100–105. DOI: 10.25696/ELSYS.VC2.EN.12
11. Пантелеева Т. А. Закон силы в моторных и премоторных параметрах простой двигательной реакции // Новые исследования по генетике развития человека: сб. науч. тр. НИИ общей педагогики АПН СССР. М., 1977. С. 45–53.
12. Платонов К. К. О системе психологии. М.: Мысль, 1972. 216 с.
13. Ржанова И. Е. и др. Флюидный интеллект: обзор зарубежных исследований // Клиническая и специальная психология. 2018. Том 7, № 4. С. 19–43.
14. Фресс П. Оптимум мотивации // Психология мотиваций и эмоций / Под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер и М. В. Фаликман. М.: ЧеРо; МПСИ; Омега-Л, 2006. С. 481–483.
15. Шутова С. В., Муравьева И. В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС // Вестник ТГУ. 2013. Том 18, вып. 5. С. 2831–2840.
16. Cattell, R. B. (1971). Abilities: Their structure, growth, and action. New York: Houghton Mifflin.
17. Cattell, R. B. (1987). Intelligence: Its structure, growth and action. New York: Elsevier.
18. Der, G. and Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey, *Psychol. Aging*. V. 21 (1), pp. 62–73.
19. Horn, J. L. and Cattell, R. B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence, *Acta Psychologica*, 26, pp. 107–129.
20. Raven, J. (2008). The Raven Progressive Matrices tests: Their theoretical basis and measurement model. In Raven J., Raven C. J. (Eds.), *Uses and abuses of intelligence: Studies advancing Spearman and Raven's quest for non-arbitrary metrics*. Unionville, New York: Royal Fireworks Press, pp. 17–68.
21. Saraykin, D. A. (2017). Genetic Prerequisites of Sports Success of Sportsmen Going in for Combat Sports, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, Vol. 9 (9), pp. 1569–1572.
22. Tavor, I. et al. (2016). Task-free MRI predicts individual differences in brain activity during task performance, *Science* 08, Apr: Vol. 352, Issue 6282, pp. 216–220. DOI: 10.1126/science.aad8127