

УДК 612.821.1+159.9.072.533

НЕХОРОШКОВА Александра Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 38 научных публикаций, в т. ч. одной монографии

ГРИБАНОВ Анатолий Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, директор института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 356 научных публикаций, в т. ч. 11 монографий

ДЕПУТАТ Ирина Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 82 научных публикаций, в т. ч. трех монографий

СЕНСОМОТОРНЫЕ РЕАКЦИИ В ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (обзор)

В статье представлен анализ научной литературы о возможностях использования показателей сенсомоторного реагирования человека для психофизиологических исследований, проанализированы взгляды отечественных и зарубежных исследователей по проблеме классификации сенсомоторных реакций. Изучение характеристик сенсомоторной деятельности в настоящее время является одним из перспективных направлений в исследовании физиологических параметров организма. Сенсомоторная деятельность обеспечивается сложной функциональной системой, включающей большое количество различных по содержанию и значимости звеньев. Важнейшим условием полноценного функционирования сенсорных систем является координация сенсорных и моторных компонентов двигательного акта. Основные функциональные блоки реализации сенсомоторной деятельности и психические процессы, лежащие в основе выполнения сенсомоторных тестов, организованы работой нейронов разных областей мозга. Компоненты сенсомоторного реагирования тесно взаимосвязаны с высшими психическими функциями, что обуславливает возможность использования сенсомоторных тестов для оценки функционального состояния центральной нервной системы человека. Описана общая методика измерения параметров сенсомоторной деятельности, важными условиями которой являются установка реагировать как можно быстрее, достаточное количество контрольных проб, а также случайный порядок появления сигналов-раздражителей, позволяющий ослабить габитуацию. Показана зависимость времени сенсомоторного реагирования от модальности раздражителя, вероятностного прогноза развития ситуации возникновения стимула и индивидуальных свойств нервной системы. Отмечено, что время реакции существенно изменяется с возрастом и характеризует степень морфофункционального созревания центральной нервной системы ребенка. Подчеркнута важность исполь-

зования метода измерения показателей сенсомоторных реакций для психофизиологического изучения как когнитивной, так и эмоционально-личностной сферы человека.

Ключевые слова: *сенсомоторная деятельность, компоненты сенсомоторного реагирования, время реакции.*

Сенсомоторная деятельность (от лат. *sensus* – чувство, ощущение и *motor* – двигатель) – типичная и многообразная форма целенаправленной активности человека, предполагающая взаимодействие сенсорных и двигательных компонентов психической деятельности [1]. Поступление от анализаторов сенсорной информации приводит к запуску определенных двигательных программ, а также активизирует отделы центральной нервной системы (ЦНС), ответственные за контроль над этими программами и их корректировку. Сенсомоторные реакции являются важнейшими в группе двигательных реакций на конкретные воздействия.

В настоящее время метод регистрации сенсомоторных реакций является одним из перспективных направлений в исследовании психофизиологических показателей организма, он используется в первую очередь для оценки динамики нервных процессов.

Многие российские и зарубежные ученые используют сенсомоторные тесты для изучения когнитивных процессов [2], для оценки функционального состояния ЦНС [3, 4], сенсорной чувствительности [5], развития моторики [6], психофизиологических и нейрофизиологических параметров функционирования головного мозга [7, 8]. Благодаря своей простоте и информативности, сенсомоторные пробы все чаще используются в диагностике нарушений психического развития у детей [9–13].

Исследование функциональных возможностей центральной нервной системы по скорости и точности выполнения сенсомоторных тестов позволяет выявить функциональные сдвиги в условиях изменяющейся обстановочной афферентации [1, 14].

Общей структурной схемой организации сенсомоторных процессов является рефлекторное кольцо [15]. Сенсорная информация,

поступающая от анализаторов, осуществляет запуск, регуляцию и контроль движений. Кроме того, в процессе непосредственного выполнения движений они корректируются, что связано с уточнением уже имеющейся и возникновением новой сенсорной информации. Координация сенсорных и моторных компонентов двигательного акта – важнейшее условие функционирования сенсорных систем [16]. При этом происходит сложное взаимодействие восходящего потока возбуждений с управляющими импульсами из словесных отделов коры головного мозга, которые могут избирательно усиливать или подавлять работу отдельных нервных структур, принимая на себя роль высшего акцептора результата действия и определяя сложную динамику психофизиологического процесса как в его афферентной и центрально-замыкательной части, так и в области нисходящих эффекторных систем [15].

Сенсомоторные реакции в первую очередь характеризуются таким психофизиологическим понятием, как «время реакции», под которым обычно понимают интервал времени между появлением сигнала и ответной реакцией. Это комплексное образование, которое определяется суммарной совокупностью следующих элементов [1, 17]:

- скорость возбуждения рецептора и посылки возникшего импульса в соответствующий чувствительный центр;
- скорость переработки сигнала в центральной нервной системе;
- скорость принятия решения о реагировании на сигнал;
- скорость передачи сигнала к началу действия по эфферентным волокнам;
- скорость развития возбуждения в мышце и преодоления инерции тела или его отдельного звена.

Большинство исследователей определяет общее время сенсомоторной реакции сложением двух основных компонентов [1, 4, 7, 11, 16]:

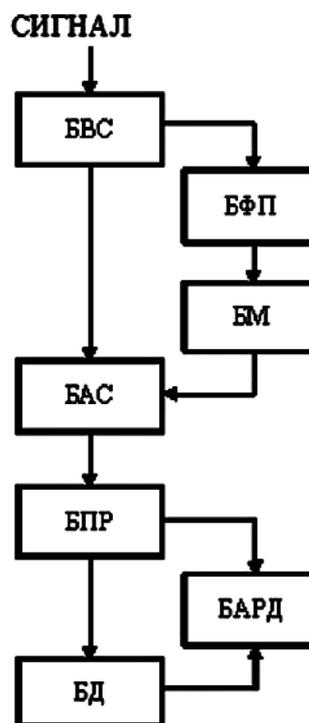
1. Латентный (скрытый) компонент времени реакции, включающий время, требуемое для поступления сенсорной информации, время центральных процессов (перекодирование, опознание, формирование образа, сличение его с эталонами памяти, принятие перцептивного решения, формирование программы двигательного действия), время прохождения импульса по нисходящим путям к соответствующим мышцам.

2. Моторный компонент времени реакции, определяемый как время движения, т. е. время непосредственной реализации движения в пространстве.

Говоря о компонентах сенсомоторной деятельности с выбором сигналов, некоторые авторы отдельно выделяют так называемое время выбора, т. е. время, затрачиваемое на дифференцировку сигналов, на припоминание того, как именно следует реагировать на тот или иной сигнал [1, 8]. Объясняя необходимость выделения времени выбора в качестве самостоятельного показателя, исследователи ссылаются на П.К. Анохина, который считал принятие решения критическим пунктом, переводящим один системный процесс – афферентный синтез – в другой системный процесс – программу действий [18].

Любая форма целостной психической деятельности обеспечивается сложной функциональной системой, включающей большое количество различных по содержанию и значимости звеньев.

В соответствии с теорией функциональных систем реализация сенсомоторной деятельности, по-нашему мнению, включает в себя следующие блоки: блок формирования потребностей (БФП); блок мотиваций – (БМ); блок восприятия сигналов (БВС); блок афферентного синтеза (БАС); блок принятия решения (БПР); блок акцептора результатов действия (БАРД); блок действий (БД) [19]. Модель сенсомоторной деятельности схематично представлена нами на *рисунке*.



Функциональная модель сенсомоторной деятельности

Сенсорный сигнал поступает через анализатор соответствующей модальности в БВС, где трансформируется, кодируясь в сигнал нервного импульса. Далее сигнал поступает в БАС, где из множества внутренних и внешних раздражителей отбирается главное и создается цель будущей сенсомоторной деятельности. Поступление сигнала в этот блок идет по двум путям: непосредственно из БВС, а также опосредованно через БФП и БМ, ответственные за моделирование мотивации к предстоящей деятельности.

После поступления сигнала от БВС в БФП формируются информационные сигналы, имитирующие возникновение потребностей при работе мозга. Величины отклонений существенных переменных от нормального уровня передаются в БМ. Элементы БМ взаимодействуют между собой таким образом, что возбуждение одного элемента (определенного

сенсорного сигнала) ослабляет возбуждение других, с которыми он соединен. Благодаря этому один из элементов БМ становится доминирующим. Доминирующий элемент генерирует возрастающий по амплитуде сигнал, который распространяется к БАС.

Информационный процесс, имитирующий проигрывание возможных вариантов будущих двигательных действий и их результатов, осуществляется БПР. В этом блоке принимается решение о выборе траектории достижения результата, т. е. о выборе соответствующего заданному сигналу двигательного действия. Модель этого будущего действия отражается в элементах памяти БАРД.

После совершения двигательных действий сигналы об их параметрах передаются из БД в БАРД, где кратковременно сохраняется след их возбуждения. Этот след сопоставляется с элементами памяти БАРД, в результате чего происходит оценка соответствия выполненного действия заданному сенсорному сигналу.

Таким образом, в основе выполнения сенсомоторных тестов, так же как и осуществления любой деятельности, лежат разнообразные психические процессы, организованные функционированием нейронов разных областей мозга. В соответствии с теорией системной динамической локализации функций А.Р. Лурия [20] эти процессы можно отнести к трем основным блокам работы мозга: энергетическому блоку, блоку приема, переработки и хранения информации и блоку программирования, регуляции и контроля за протеканием психической деятельности.

В функциональной системе, обеспечивающей осуществление произвольной сенсомоторной деятельности, условно можно выделить следующие основные звенья: эмоционально-мотивационное звено; когнитивное звено (сенсорно-перцептивные процессы, память, принятие решения, построение программы двигательного ответа); звено регуляции и контроля за протеканием действия [1]. Каждое из этих звеньев вносит свой вклад в процесс сенсомоторного реагирования, при этом значимость

отдельного звена может варьироваться в зависимости от типа сенсомоторной реакции.

К настоящему времени существуют различные классификации сенсомоторных реакций, отличающиеся параметрами, лежащими в их основе. Так, в зависимости от типа анализатора, на который воздействует сигнал, различают зрительно-моторные, слухо-моторные (аудиомоторные), тактильные и обонятельные реакции. В свою очередь каждая из этих видов реакций может быть простой или сложной [21, 22].

Простая сенсомоторная реакция предполагает простое реагирование на сигналы одним и тем же определенным способом (например, нажатием определенной кнопки).

Сложная сенсомоторная реакция включает в себя различение сигналов и в соответствии с этим выбор разных способов поведенческого реагирования. Сложные сенсомоторные реакции подразделяются на:

- дифференцировочные (Go/No-go) реакции: испытуемый определенным способом реагирует лишь на один вид раздражителя, игнорируя все другие;

- реакции выбора (Go/Go): испытуемый реагирует одним способом на один раздражитель и другим способом на другие.

Считается, что время простой сенсомоторной реакции отражает функциональное состояние ЦНС, а также некоторые свойства нервной системы человека (например, подвижность нервных процессов) [8, 16, 23]. Вследствие этого определение времени простой сенсомоторной реакции уже довольно давно используют в диагностике профессиональной пригодности к различным видам операторской и другой деятельности, связанным с необходимостью быстрого реагирования [5, 21, 24].

По мнению ряда исследователей, существует взаимосвязь между простыми сенсомоторными реакциями и особенностями внимания [3, 7, 11]. Так, анализ эффективности выполнения простой зрительно-моторной реакции позволяет судить об уровне произвольного внимания [13]. Параметры простой аудиомоторной реакции свидетельствуют об особенностях непро-

извольного внимания [5, 25]. Имеются данные о связи латентных периодов простой зрительно-моторной реакции с развитием нервно-психического утомления и успеваемостью [8].

Время выполнения сложных сенсомоторных тестов всегда больше, чем время, затрачиваемое на выполнение простых сенсомоторных реакций, что связано с усложнением центрального звена психической деятельности. При реализации сложных реакций время затрачивается не только на преобразование сигналов в рецепторах, эффекторах, их перемещение по нервам, но и на анализ приходящих извне сигналов, на принятие решения о необходимости моторных действий.

При анализе выполнения сложной реакции появляется еще один параметр – правильность исполнения, т. е. соответствие двигательного ответа поступившему сигналу. Количество ошибок при выполнении сенсомоторных тестов в первую очередь связано с концентрацией внимания. Кроме того, оно зависит и от таких факторов, как объем и переключение внимания, оперативная память, мышление, личностные особенности испытуемых [1, 10]. Поэтому анализ выполнения сложных сенсомоторных реакций является весьма информативным при оценке когнитивных процессов. Ошибочные сенсомоторные реакции могут быть связаны с проблемами в регуляции психофизиологических процессов, обеспечивающих когнитивную деятельность [17, 26]. По мнению И.П. Ильина [1], динамика показателей сложных реакций позволяет достоверно судить о наличии у человека того или иного состояния.

Имеется много данных о связи времени реакции человека с показателями тестов интеллекта [17, 26–29]. Предполагается, что уровень интеллекта во многом отражает уровень дифференцированности репрезентативных когнитивных структур и их способности к дальнейшей дифференциации. В свою очередь время реакции (в особенности время сложной реакции) является важным показателем дискриминативной способности мозга [14]. Отсюда связь показателей интеллекта и времени реакции.

В последние годы особый интерес у исследователей вызывают диагностические возможности использования сложной сенсомоторной дифференцировочной реакции (или Go/No-go реакции). Их специфика заключается в том, что, в отличие от реакций выбора (или Go/Go реакций), стимулы, используемые в этих тестах, имеют разный функциональный смысл и активируют разные области коры головного мозга. Первый стимул связан с процессом инициации программы движения и вызывает активизацию теменно-центральной области. Второй стимул ассоциируется с процессом подавления подготовленного движения и активизирует лобно-центральную область [30, 31]. По мнению Л.С. Чутко [32], Go/No-go тесты позволяют выявить степень невнимательности и уровень импульсивности ребенка.

Стандартная процедура измерения времени сенсомоторных реакций представляет собой серию тестовых проб [21]. Важным компонентом инструкции является установка реагировать как можно быстрее. Для обеспечения достаточно устойчивого и надежного измерения времени реакции сначала предлагаются тренировочные пробы, а общее количество контрольных проб должно быть не менее 10. Это требование основывается на общем принципе становления двигательных навыков, сформулированном Н.А. Бернштейном [15]: совершенствование моторного акта сопровождается минимизацией взаимодействия уровней управления двигательной активностью. Важным условием является также и случайный порядок появления сигналов-раздражителей, что позволяет ослабить габитуацию (или привыкание) к ним, т. е. избежать уменьшения реакции на повторяющиеся раздражители [33].

Время реакции каждого человека является индивидуальным показателем. Несмотря на наличие некоторых физиологических минимумов времени реакции (например, около 180 мс для зрительных и 140 мс для слуховых стимулов), результаты сенсомоторных тестов отражают индивидуальные особенности реагирования испытуемых [16, 23]. Однако следует учитывать

также, что на длительность времени реакции оказывают влияние и средовые факторы, например такие, как освещение, запах, интенсивность раздражителя [21, 34]. Интервал между раздражителями также изменяет время ответной реакции: при аритмичном появлении сигналов время реакции больше, чем при ритмичном их предъявлении [35].

Латентный период реакции зависит от модальности раздражителя, что обусловлено различием в чувствительности анализаторов. Так, время реакции на зрительные стимулы несколько больше, чем на звуковые и тактильные [16]. Однако эту закономерность может нарушить степень значимости сигнала для человека [24].

По мнению И.М. Фейгенберга [36], чем более определенным является вероятностный прогноз развития ситуации возникновения стимула, тем более быстрой и точной оказывается двигательная реакция. Если же два сигнала требуют разных моторных ответов, то время реакции на каждый из них может быть различным: более быстрой будет реакция на тот сигнал, ответ на который встречался чаще, и потому его вероятностный прогноз выше [37].

Время реакции существенно изменяется с возрастом и характеризует степень морфофункционального созревания ЦНС ребенка. Анализ исследований показывает, что время всех типов реакций закономерно уменьшается в восходящем онтогенезе ввиду увеличения скорости обработки информации в нервной системе в процессе развития [1, 7, 38, 39]. Моторный и латентный компоненты времени сенсомоторных реакций меняются в онтогенезе по-разному [7, 13, 39]. Это обусловлено разницей морфофункционального созревания отдельных структур, определяющих специфику осуществления сенсомоторных реакций. Вместе с тем, несмотря на некоторую разницу во времени активного становления латентного и моторного компонентов, период их интенсивного развития

приходится на младший школьный возраст [7, 40]. Это, в свою очередь, позволяет обозначить данный возрастной этап как сензитивный для развития сенсомоторной деятельности.

Начиная с 11-летнего возраста наблюдаются половые различия в длительности сенсомоторного реагирования, которые наиболее четко прослеживаются при сложных реакциях [7]. По данным большинства авторов осуществление сенсомоторных процессов у лиц мужского пола протекает быстрее [1, 7, 14, 21]. К 21–23 годам время сенсомоторного реагирования человека достигает устойчивых минимальных значений [14, 40].

Метод измерения сенсомоторных реакций достаточно давно используется для установления особенностей функционирования организма взрослого человека. В последнее время сенсомоторные тесты все чаще применяются и при проведении психофизиологических исследований в детской популяции [3, 7, 9, 12, 25, 28].

Следует отметить, однако, что в большинстве психофизиологических исследований характеристики сенсомоторного реагирования используются в основном в качестве способов оценки когнитивных функций (восприятия, внимания, памяти, мышления), профессиональной пригодности и уровня работоспособности [5, 8, 9, 14, 22, 26, 35, 37]. При этом изучению эмоционально-мотивационной составляющей сенсомоторной деятельности должного внимания не уделяется.

На наш взгляд, метод измерения показателей сенсомоторных реакций является информативным и для психофизиологического изучения эмоционально-личностной сферы человека. Необходимость в совершенствовании способов оценки функционирования эмоциональных структур ЦНС обусловлена актуальностью проблемы исследования высшей нервной деятельности человека в стрессогенных ситуациях для современного научного мира.

Список литературы

1. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека. СПб., 2003. 384 с.
2. Сергиенко Е.А. Современное исследование когнитивных процессов // Психолог. журн. 2002. Т. 23, № 2. С. 19–35.
3. Канжин А.В., Грибанов А.В. Особенности зрительно-моторных реакций у детей-северян при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью // Экология человека. 2005. № 5. С. 14–16.
4. Takarae Y., Luna B., Minshew N. Patterns of Visual Sensory and Sensorimotor Abnormalities in Autism Vary in Relation to History of Early Language Delay // J. Int. Neuropsychol. Soc. 2008. Vol. 14(6). P. 980–989.
5. Айдаркин Е.К. Исследование особенностей взаимодействия зрительной и слуховой систем в условиях сенсомоторной интеграции // Проблемы нейрокибернетики. Ростов н/Д., 2005. Т. 1. С. 125–128.
6. Анисимова И.О., Фарбер Д.А. Возрастная динамика центральной организации тонких движений рук в младшем школьном возрасте // Психофизиологические основы социальной адаптации ребенка. СПб., 1999. С. 145–148.
7. Зайцев А.В., Лупандин В.И., Сурнина О.Е. Возрастная динамика времени реакции на зрительные стимулы // Физиология человека. 1999. Т. 25, № 6. С. 34–37.
8. Коробейникова И.И. Параметры сенсомоторных реакций, психофизиологические характеристики, успеваемость и показатели ЭЭГ человека // Психолог. журн. 2000. Т. 21, № 3. С. 132–136.
9. Тарасова А.Ф., Селиверстова Н.В., Жданкина Л.В. Исследование времени простой и сложной акустико-моторной реакции учащихся // Физиология и психофизиология мотиваций: межрегион. сб. науч. работ. Воронеж, 2000. Вып. 4. С. 52–54.
10. Грибанов А.В., Канжин А.В., Подоплёкин Д.Н. Очерки сенсомоторной деятельности ребенка с СДВГ. Архангельск, 2006. 118 с.
11. Грибанов А.В., Канжин А.В., Иорданова Ю.А., Депутат И.С. Особенности поведенческого реагирования и сенсомоторной организации у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью // Экология человека. 2008. № 4. С. 28–32.
12. Gamble A.L., Rapee R.M. The Time-Course of Attentional Bias in Anxious Children and Adolescents // J. Anxiety Disord. 2009. Vol. 23(7). P. 841–847.
13. Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В. Особенности зрительно-моторных реакций детей 8–11 лет с высоким уровнем тревожности // Экология человека. 2011. № 5. С. 43–48.
14. Ендриховский С.Н., Шамшинова А.М., Соколов Е.Н. Время сенсомоторной реакции человека в современных психофизических исследованиях // Сенсор. сист. 1996. Т. 10, № 2. С. 13.
15. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966. 349 с.
16. Бойко Е.И. Время реакции человека. М., 1964. 440 с.
17. Никандров В.В. Психомоторика. СПб., 2004. 104 с.
18. Анохин П.К. Проблема принятия решения в психологии и физиологии // Проблема принятия решения. М., 1984. С. 264.
19. Судаков К.В. Теория функциональных систем. Постулаты и принципы построения организма человека в норме и при патологии // Патол. физиология и эксперимент. терапия. 2007. № 4. С. 2–11.
20. Лурия А.Р. Функциональная организация мозга. М., 1985. 411 с.
21. Даренская Н.Г., Ушаков И.Б., Иванов И.В., Насонова Т.А., Есауленко И.Э., Попов В.И. Экстраполяция экспериментальных данных на человека: принципы, подходы, обоснование методов и их использование в физиологии и радиобиологии: рук. Воронеж, 2004. 232 с.
22. Savion-Lemieux T., Bailey J.A., Penhune V.B. Developmental Contributions to Motor Sequence Learning // Exp. Brain Res. 2009. Vol. 195(2). P. 293–306.
23. Нейропсихология индивидуальных различий / под ред. Е.Д. Хомской, И.В. Ефимовой, Е.В. Будыка. М., 1997. 282 с.
24. Трифонов Е.В. Психофизиология профессиональной деятельности. СПб., 1996. 316 с.
25. Канжина Н.Н., Грибанов А.В. Аудиомоторные реакции у детей младшего школьного возраста с разным уровнем тревожности // Экология человека. 2009. № 10. С. 19–22.
26. Чуприкова Н.И. Время реакции и интеллект: почему они связаны // Вопр. психологии. 1995. № 4. С. 65–114.

27. Айзенк Г. Интеллект: новый взгляд // Вопр. психологии. 1995. № 1. С. 111–131.
28. Нехорошкова А.Н. Интеллектуальная деятельность тревожных детей в условиях ограничения времени // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2014. № 1. С. 84–88.
29. Harrington D.L., Lee R.R., Boyd L.A., Rapcsak S.Z., Knight R.T. Does the Representation of Time Depend on the Cerebellum? Effect of Cerebellar Stroke // Brain. 2004. Vol. 127, № 3. P. 561–574.
30. Кропотов Ю.Д. Современная диагностика и коррекция синдрома нарушения внимания. СПб., 2005. 148 с.
31. Van den Wildenberg W.P., van der Molen M.W. Developmental Trends in Simple and Selective Inhibition of Compatible and Incompatible Responses // J. Exp. Child Psychol. 2004. Vol. 87(3). P. 201–220.
32. Чутко Л.С. Детская поведенческая неврология: рук. для врачей. СПб., 2009. 288 с.
33. Вербицкий Е.В., Топчий И.А. Габитуация вызванных потенциалов у лиц низкой, умеренной и высокой тревожности // Журн. высш. нерв. деят. 2005. Т. 55, № 4. С. 514–517.
34. Семилетова В.А. Влияние условий измерения на время простой сенсомоторной реакции человека // Биология – наука XXI века: 8-я Пушкин. шк.-конф. молодых ученых: сб. ст. Пушкино, 2004. С. 109–111.
35. Демакова О.А., Шерстяных В.А. Зависимость времени простой зрительно-моторной реакции от латентного периода предъявления стимула и уровня функционального напряжения // Биология – наука XXI века: 8-я Пушкин. шк.-конф. молодых ученых: сб. ст. Пушкино, 2004. С. 109.
36. Fejgenberg J.M., Petryński W. Memory of the Past for Probabilistic Prognosis of the Future // Kinesiology. 2006. Vol. 16(34). P. 17–32.
37. Фейгенберг И.М. Быстрота моторной реакции и вероятностное прогнозирование // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 5. С. 51–62.
38. Бетелева Т.Г. Онтогенез структурно-функциональной организации воспринимающей системы мозга // Структурно-функциональная организация воспринимающей системы мозга. Л., 1990. С. 65–86.
39. Favilla M. Reaching Movements in Children: Accuracy and Reaction Time Development // Exp. Brain Res. 2006. Vol. 169(1). P. 122–125.
40. Любомирский Л.Е. Критические и сенситивные периоды сенсомоторного развития // Физиология развития человека: материалы междунар. конф. Секция 4. Москва, 22–24 июня 2009 г. М., 2009. С. 162–168.

References

1. И'ин Е.Р. *Psikhomotornaya organizatsiya cheloveka* [Psychomotor Organization of Humans]. St. Petersburg, 2003. 384 p.
2. Sergienko E.A. Sovremennoe issledovanie kognitivnykh protsessov [Contemporary State of Researches on Cognitive Processes]. *Psikhologicheskiiy zhurnal*, 2002, vol. 23, no. 2, pp. 19–35.
3. Kanzhin A.V., Gribanov A.V. Osobennosti zritel'no-motornykh reaktsiy u detey-severyan pri sindrome defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu [Features of Visual-Motor Reactions in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder Living in the North]. *Ekologiya cheloveka*, 2005, no. 5, pp. 14–16.
4. Takarae Y., Luna B., Minshew N.J., Sweeney J.A. Patterns of Visual Sensory and Sensorimotor Abnormalities in Autism Vary in Relation to History of Early Language Delay. *J. Int. Neuropsychol. Soc.*, 2008, vol. 14 (6), pp. 980–989.
5. Aydarkin E.K. Issledovanie osobennostey vzaimodeystviya zritel'noy i slukhvoy sistem v usloviyakh sensomotornoy integratsii [Study on the Interaction of the Visual and Auditory Systems at Sensorimotor Integration]. *Problemy neyrokibernetiki* [Issues of Neurocybernetics]. Rostov-on-Don, 2005, vol. 1, pp. 125–128.
6. Anisimova I.O., Farber D.A. Vozrastnaya dinamika tsentral'noy organizatsii tonkikh dvizheniy ruk v mladshem shkol'nom vozraste [Age-Related Dynamics of the Central Organization of Fine Hand Movements in Primary School Children]. *Psikhofiziologicheskie osnovy sotsial'noy adaptatsii rebenka* [Psychophysiological Bases of Social Adaptation of Children]. St. Petersburg, 1999, pp. 145–148.
7. Zaytsev A.V., Lupandin V.I., Surnina O.E. Vozrastnaya dinamika vremeni reaktsii na zritel'nye stimuly [Age-Related Dynamics of the Reaction Time to Visual Stimuli]. *Fiziologiya cheloveka*, 1999, vol. 25, no. 6, pp. 34–37.
8. Korobeynikova I.I. Parametry sensomotornykh reaktsiy, psikhofiziologicheskie kharakteristiki, uspevaemost' i pokazateli EEG cheloveka [Parameters of Sensorimotor Reactions, Psychological and Physiological Characteristics, Academic Performance and Human EEG Indicators]. *Psikhologicheskiiy zhurnal*, 2000, vol. 21, no. 3, pp. 132–136.
9. Tarasova A.F., Seliverstova N.V., Zhdankina L.V. Issledovanie vremeni prostoy i slozhnoy akustiko-motornoy reaktsii uchashchikhsya [Research of Time of Simple and Complex Acoustic-Motor Reaction in Students]. *Fiziologiya*

i psikhofiziologiya motivatsiy: mezhregion. sb. nauch. rabot. [Physiology and Psychophysiology of Motivation: Interregional Collected Papers]. 2000, iss. 4, pp. 52–54.

10. Griбанov A.V., Kanzhin A.V., Podoplekin D.N. *Ocherki sensomotornoy deyatel'nosti rebenka s SDVG* [Essays on Sensorimotor Activity in Children with ADHD]. Arkhangel'sk, 2006. 118 p.

11. Griбанov A.V., Kanzhin A.V., Iordanova Yu.A., Deputat I.S. Osobennosti povedencheskogo reagirovaniya i sensomotornoy organizatsii u detey s sindromom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu [Features of Behavioral Reaction and Sensorimotor Organizations in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. *Ekologiya cheloveka*, 2008, no. 4, pp. 28–32.

12. Gamble A.L., Rapee R.M. The Time-Course of Attentional Bias in Anxious Children and Adolescents. *J. Anxiety Disord.*, 2009, vol. 23 (7), pp. 841–847.

13. Nehoroshkova A.N., Griбанov A.V. Osobennosti zritel'no-motornykh reaktsiy detey 8–11 let s vysokim urovnem trevozhnosti [Features of Visual-Motor Reactions of Children Aged 8–11 Years with High Anxiety]. *Ekologiya cheloveka*, 2011, no. 5, pp. 43–48.

14. Endrikhovskiy S.N., Shamshinova A.M., Sokolov E.N. Vremya sensomotornoy reaktsii cheloveka v sovremennykh psikhofizicheskikh issledovaniyakh [Human Sensorimotor Reaction Time in Current Psychophysical Studies]. *Sensornye sistemy*, 1996, vol. 10, no. 2, p. 13.

15. Bernshteyn N.A. *Ocherki po fiziologii dvizheniy i fiziologii aktivnosti* [Essays on the Physiology of Movements and Physiology of Activity]. Moscow, 1966. 349 p.

16. Boyko E.I. *Vremya reaktsii cheloveka* [Human Reaction Time]. Moscow, 1964. 440 p.

17. Nikandrov V.V. *Psikhomotorika* [Psychomotor Response]. St. Petersburg, 2004. 104 p.

18. Anokhin P.K. Problema prinyatiya resheniya v psikhologii i fiziologii [The Problem of Decision-Making in Psychology and Physiology]. *Problema prinyatiya resheniya* [The Problem of Decision-Making]. Moscow, 1984, p. 264.

19. Sudakov K.V. Teoriya funktsional'nykh sistem. Postulaty i printsipy postroeniya organizma cheloveka v norme i pri patologii [Theory of Functional Systems: Postulates and Principles of Human Body Construction in Health and Pathology]. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*, 2007, no. 4, pp. 2–11.

20. Luriya A.R. *Funktsional'naya organizatsiya mozga* [Functional Organization of the Brain]. Moscow, 1985. 411 p.

21. Darenskaya N.G., Ushakov I.B., Ivanov I.V., Nasonova T.A., Esaulenko I.E., Popov V.I. *Ekstrapolyatsiya eksperimental'nykh dannykh na cheloveka: printsipy, podkhody, obosnovanie metodov i ikh ispol'zovanie v fiziologii i radiobiologii* [Extrapolation of the Person's Experimental Data: Principles, Approaches, Justification of Methods and Their Use in Physiology and Radiobiology]. Voronezh, 2004. 232 p.

22. Savion-Lemieux T., Bailey J.A., Penhune V.B. Developmental Contributions to Motor Sequence Learning. *Exp. Brain Res.*, 2009, vol. 195 (2), pp. 293–306.

23. *Neyropsikhologiya individual'nykh razlichiy* [Neuropsychology of Individual Differences]. Ed. by Khomskeya E.D., Efimova I.V., Budyk E.V. Moscow, 1997. 282 p.

24. Trifonov E.V. *Psikhofiziologiya professional'noy deyatel'nosti* [Psychophysiology of Professional Activity]. St. Petersburg, 1996. 316 p.

25. Kanzhina N.N., Griбанov A.V. Audiomotornye reaktsii u detey mladshego shkol'nogo vozrasta s raznym urovnem trevozhnosti [Audiomotor Reactions in Children of Midchildhood with Different Anxiety Level]. *Ekologiya cheloveka*, 2009, no. 10, pp. 19–22.

26. Chuprikova N.I. Vremya reaktsii i intellekt: pochemu oni svyazany [Reaction Time and Intelligence: How They Are Related]. *Voprosy psikhologii*, 1995, no. 4, pp. 65–114.

27. Ayzenk G. Intellekt: novyy vzglyad [Intelligence: A New Opinion]. *Voprosy psikhologii*, 1995, no. 1, pp. 111–131.

28. Nekhoroshkova A.N. Intellektual'naya deyatel'nost' trevozhnykh detey v usloviyakh ogranicheniya vremeni [Intellectual Activity of Anxious Children Under Time Limit]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2014, no. 1, pp. 84–88.

29. Harrington D.L., Lee R.R., Boyd L.A., Rapcsak S.Z., Knight R.T. Does the Representation of Time Depend on the Cerebellum? Effect of Cerebellar Stroke. *Brain*, 2004, vol. 127, no. 3, pp. 561–574.

30. Kropotov Yu.D. *Sovremennaya diagnostika i korrektsiya sindroma narusheniya vnimaniya* [Current Diagnostics and Remediation of Attention Deficit Disorder]. St. Petersburg, 2005. 148 p.

31. Van den Wildenberg W.P., van der Molen M.W. Developmental Trends in Simple and Selective Inhibition of Compatible and Incompatible Responses. *J. Exp. Child Psychol.*, 2004, vol. 87 (3), pp. 201–220.

32. Chutko L.S. *Detskaya povedencheskaya neurologiya* [Pediatric Behavioral Neurology]. St. Petersburg, 2009. 288 p.
33. Verbitskiy E.V., Topchii I.A. Gabituatsiya vyzvannykh potentsialov u lits nizkoy, umerennoy i vysokoy trevozhnosti [Habituation of Evoked Potentials in Subjects with High, Medium and Low Levels of Anxiety]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2005, vol. 55, no. 4, pp. 514–517.
34. Semiletova V.A. Vliyanie usloviy izmereniya na vremya prostoy sensomotornoy reaktsii cheloveka [The Influence of Measurement Conditions on the Time of a Simple Sensorimotor Reaction of a Person]. *Biologiya – nauka XXI veka: 8-aya Pushchin. shk.-konf. molodykh uchenykh: sb. st.* [Biology: The Science of the 21st Century: 8th Pushchino Conf. of Young Scientists: Collected Papers]. Pushchino, 2004, pp. 109–111.
35. Demakova O.A., Sherstyanykh V.A. Zavisimost' vremeni prostoy zritel'no-motornoy reaktsii ot latentnogo perioda pred'yavleniya stimula i urovnya funktsional'nogo napryazheniya [Dependence of the Time of a Simple Visual-Motor Reaction on the Latent Period of Stimulus Presentation and Level of Functional Stress]. *Biologiya – nauka XXI veka: 8-aya Pushchin. shk.-konf. molodykh uchenykh: sb. st.* [Biology: The Science of the 21st Century: 8th Pushchino Conf. of Young Scientists: Collected Papers]. Pushchino, 2004, p. 109.
36. Fejgenberg J.M., Petryński W. Memory of the Past for Probabilistic Prognosis of the Future. *Kinesiology*, 2006, vol. 16 (34), pp. 17–32.
37. Fejgenberg J.M. Bystrota motornoy reaktsii i veroyatnostnoe prognozirovaniye [Motor Reaction Time and Probabilistic Forecasting]. *Fiziologiya cheloveka*, 2008, vol. 34, no. 5, pp. 51–62.
38. Beteleva T.G. *Ontogenez strukturno-funktsional'noy organizatsii vospriniyayushchey sistemy mozga* [Ontogeny of the Structural and Functional Organization of the Brain Perception System]. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya vospriniyayushchey sistemy mozga* [Structural and Functional Organization of the Brain Perception System]. Leningrad, 1990, pp. 65–86.
39. Favilla M. Reaching Movements in Children: Accuracy and Reaction Time Development. *Exp. Brain Res.*, 2006, vol. 169 (1), pp. 122–125.
40. Lyubomirskiy L.E. *Kriticheskie i sensitivnye periody sensomotornogo razvitiya* [Critical and Sensitive Periods of Sensorimotor Development]. *Fiziologiya razvitiya cheloveka: materialy mezhdunar. konf. Sektsiya 4.* [Physiology of Human Development: Proc. Int. Conf. Section 4]. Moscow, 22–24 June 2009. Moscow, 2009, pp. 162–168.

Nekhoroshkova Aleksandra Nikolaevna

Institute of Medical and Biological Research,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

Gribanov Anatoly Vladimirovich

Institute of Medical and Biological Research,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

Deputat Irina Sergeevna

Institute of Medical and Biological Research,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

SENSOMOTOR REACTIONS IN PSYCHOPHYSIOLOGICAL STUDIES (Review)

This article presents an analysis of scientific literature on the possibilities of using human sensorimotor reaction data in psychophysiological research. Further, the views of Russian and foreign researchers on the classification of sensorimotor reactions are analyzed. Studying sensorimotor activity is at present one of the most promising areas of research on human physiological parameters. Sensorimotor activity is provided by a complex functional system that includes a great number of components varying in content and importance. The key condition for the fully functioning sensory systems is the coordination of sensory and motor components of a movement. The main functional units of sensorimotor activity and mental

processes underlying the performance of sensorimotor tests are organized by the work of neurons of different brain areas. Sensorimotor reaction components are closely linked to the higher mental functions; thus, sensorimotor tests can be used to assess the functional state of the central nervous system. In addition, the paper describes the general methodology for measuring the parameters of sensorimotor activity. Important conditions of this method are the aim to respond as quickly as possible, a sufficient number of control samples, as well as the random order of appearance of stimuli signals to lessen habituation. We show how the sensorimotor reaction depends on modality of the stimulus, probabilistic forecast of the situation of stimulus occurrence and on the individual characteristics of the nervous system. Reaction time significantly changes with age and shows the degree of morphofunctional maturity of the child's central nervous system. The method of measuring sensorimotor reactions is highly significant for the psychophysiological research on both cognitive and emotional spheres of humans.

Keywords: *sensorimotor activity, sensorimotor reaction components, reaction time.*

Контактная информация:

Нехорошкова Александра Николаевна

адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3;

e-mail: a.nehoroshkova@narfu.ru

Грибанов Анатолий Владимирович

адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3;

e-mail: a.gribanov@narfu.ru

Депутат Ирина Сергеевна

адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3;

e-mail: i.deputat@narfu.ru