

УДК 57.04+612.8

СЕНСОМОТОРНЫЕ РЕАКЦИИ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦНС

© С.В. Шутова, И.В. Муравьева

Ключевые слова: сенсомоторные реакции; время реакции; латентный период; моторное время; сенсомоторная интеграция; функциональное состояние центральной нервной системы. Представлен обзор литературы, посвященный вопросам регистрации и интерпретации показателей (индикаторов) сенсомоторных реакций различных видов. Обсуждены сложная временная и пространственная структура, а также физиологические механизмы формирования и протекания (реализации) моторных ответов на сенсорные стимулы. Особое внимание уделено процессу сенсомоторной интеграции. Проведен анализ возможности применения характеристик сенсомоторных реакций в качестве индикатора функционального состояния центральной нервной системы. Описаны результаты научных работ, в которых успешно осуществлено применение данного метода рефлексометрии в экспериментальных исследованиях.

ВВЕДЕНИЕ

Функциональное состояние человека представляет собой прогностический показатель для оценки его работоспособности и определяется степенью активации всех систем организма, задействованных в исследуемом виде деятельности [1]. Вопросы прогноза, контроля и коррекции ФС человека имеют большое практическое и теоретическое значение. На сегодняшний день в литературе существуют несколько способов оценки функционального состояния ЦНС. Наиболее простым методом, основанным на объективных параметрах, является оценка результативности выполнения сенсомоторных реакций (СМР).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В большинстве случаев установление закономерностей динамики или иных различий СМР осуществляется через анализ изменений времени реакций (ВР). Под термином «время реакции» понимают промежуток времени между началом действия определенного «пускового» сигнала и объективно регистрируемым началом заранее условленного ответного движения [2–4]:

$$TP = t_{nn} + t_{np} + t_d,$$

где T – время реакции; t_{nn} – время сенсорно-перцептивного процесса; t_{np} – время оценки и принятия решения и t_d – время двигательного ответа.

Для объяснения нейрофизиологических процессов, обуславливающих ВР, часто используется понятие «латентный период». Латентный период – характеристика, которая представляет собой время между началом действия раздражителя и возникновением ответной реакции («моторного ответа»). Величина латентного периода обусловлена осуществлением физико-химического процесса в рецепторе, прохождением нервного импульса по проводящим путям, аналитико-синтетической деятельностью в структурах головного

мозга и срабатыванием мышц. Время ответной реакции на стимул не может быть ниже определенного физического предела, или «несократимого минимума», который составляет около 100 мс [5].

Если рассматривать показатель точности реагирования, то он может отражать разные характеристики. С одной стороны, этот показатель может характеризоваться скоростью реагирования, исходя из того, насколько соответствует ВР заданным по условию эксперимента пределам, а с другой – соответствием моментов появления сигнала и начала ответа (преждевременные и запаздывающие реакции) и соответствием тех или иных характеристик ответа (по инструкции) и сигнала [6]. Кроме того, под точностью реакций часто понимают отсутствие ошибок в дифференцировочных рефлексометрических заданиях [3–4, 7].

Продолжительность СМР связана с последовательным проведением импульсации по различным отделам соответствующего анализатора, сенсомоторной области коры головного мозга и нисходящим эфферентным путям [2–3, 8]. Аfferентные возбуждения определенной модальности в различных сенсорных системах распространяются с различной скоростью, обусловленной калибром волокон и количеством синаптических переключений. Так, в одинаковых условиях длительность реагирования на звуковой раздражитель больше, чем на зрительный [2–3]. При этом для ряда сенсорных систем характерным является проведение информации не только по основному (классическому) пути, но и по дополнительным путям, одним из которых для зрительного анализатора является ретику-тecto-таламо-кортикальный [9], а для слухового – первичные слуховые образования ствола мозга, его ретикулярная формация, таламус, кора головного мозга, что обеспечивает множественность источников поступления информации в сенсомоторную область коры [10–11]. Сенсомоторная кора, в свою очередь, представляет собой один из уровней сенсомоторной координации, характеризующийся, наравне с другими уровнями, специфичностью сенсорного обеспечения и моторного входа

[12], который через посредство прямых кортико-спинальных путей и через инициативные нейроны рубро-, текто-, вестибуло- и ретикулоспинальных путей [13–14], заканчивающихся на мотонейронах спинного мозга, активирует различные двигательные единицы. При этом возбуждение возникает в результате пространственно-временного взаимодействия и синхронизации потоков импульсов от разных уровней ЦНС [15–16]. Скорость реакции у человека подконтрольна сознанию и в значительной степени регулируется через вторую сигнальную систему [2].

В литературе показатель ВР традиционно подвергают анализу по двум параметрам: премоторному, связанному преимущественно с восприятием и анализом поступающей стимуляции, и моторному, связанному с реализацией движения. Сенсорные процессы отражаются в мозговой активности после предъявления сенсорных сигналов и характеризуют специфику их физических свойств. Сущность сенсорных процессов заключается в определении биологической значимости сенсорных сигналов, т. е. их смысла [17–23]. Под моторными процессами подразумеваются процессы, предшествующие эффекторным реакциям и взаимосвязанные с механизмами их возникновения и протекания [24–29].

Одними экспериментаторами регистрация двигательных реакций осуществляется только по их внешнему проявлению и в «премоторное» время включается период от подачи стимула до начала ответного движения (латентный период), в «моторное» – время осуществления самого движения [30–33]. Другие регистрируют двигательные реакции одновременно по их внешнему и ЭМГ-проявлениям. В этих случаях к «премоторному» времени относят период от подачи стимула до появления первых токов действия в мышце, связанной с реализацией движения, а к «моторному» – период от начала ЭМГ до начала регистрируемого движения [34–35] или до момента завершения последнего [36–37].

Оценка вариабельности премоторного и моторного параметров показала несхожий характер их изменений в процессе тренировки [30, 38], при сменах мотивации [34], сенсорной психологической установки на моторную [31], эмоционального состояния [38–39], при утомлении [36–39], при изменении таких характеристик сенсорной стимуляции, как модальность [39] и длительность предпериодов [34–35, 41–42], при увеличении трудности сенсомоторного задания [33, 38–39, 43–44], при фармакологическом воздействии [38–39, 45] и в онтогенезе [32, 34–35]. Анализ этих исследований показывает следующее. Чувствительным к изменению длительности предпериодов и модальности стимуляции оказалось только «премоторное» время. Повышение мотивации за счет введения электростимуляции, смена сенсорной установки на моторную, реакция испуга также вызвали изменения в премоторном параметре. И лишь повышение требований к моторному звену (переход по условиям эксперимента от более простых координаций к более сложным) сказывалось в увеличении «моторного» времени. Влияние тренировки оказалось неоднозначным: в одних случаях изменялось только «премоторное» время, в других – только «моторное», в третьих – и то и другое, причем изменения выражались как в увеличении, так и в уменьшении их значений. Установлена общая тенденция, выявляющаяся в онтогенетических исследованиях обоих пара-

метров, – уменьшение их величин до определенного возраста с последующим увеличением. Возрастное (от 19 до 86 лет) изменение «премоторного» и «моторного» времени более интенсивно выражено у последнего [46].

Таким образом, сенсомоторные реакции имеют сложную временную и пространственную структуру и предполагают целостный процесс, включающий восприятие сенсомоторного стимула, его анализ, принятие решения, моторный ответ и т. д. Регистрация сенсомоторных реакций по их внешнему и ЭМГ-проявлениям позволяет выделить в общем времени реакции три временных параметра: 1) латентный период появления ЭМГ-активности в мышце, связанной с реализацией движения; 2) время опережения ЭМГ-реакцией начала движения; 3) время движения. Из них первый компонент составляет «премоторное» время, а остальные два – компоненты «моторного» времени. Сопоставление этих параметров друг с другом и с ВР при изменении таких характеристик сенсорной стимуляции, как интенсивность и трудность сенсорного задания (при переходе от простой реакции к реакции выбора; в процессе формирования автоматизированного навыка реакции выбора; при переделке сигнальных значений стимулов) и неизменном характере движений (сгибания предплечья) обнаружило отсутствие устойчивых статистически значимых связей между собой и разную динамику в применявшихся экспериментальных условиях. Наиболее чутким индикатором смены структуры сенсорной стимуляции явилось «премоторное» время, и лишь моторный ответ обусловлен тренировкой движений [47].

Выделяют простые СМР, в которых перцептивный акт элементарен (восприятие появления, изменения или прекращения действия раздражителя), и сложные СМР (реакции выбора), где перцептивный акт более дифференцирован и предполагает необходимость избирательного реагирования на различные стимулы, отличные по форме, цвету, размеру и другим признакам [2–4]. Простая СМР реализуется через формирование функциональной системы, работа которой зависит от согласованности, синхронности временных и пространственных параметров этой системы и совпадения ритмов возбуждения в нервных клетках [48]. Согласно классификациям двигательной активности Б.Г. Ананьева [49] и Н.А. Бернштейна [50], простые и сложные сенсомоторные реакции относятся к разным уровням организации движений (табл. 1).

Так, простые СМР относят к макродвижениям, которые обеспечиваются пирамидно-стриальным уровнем организации, включающим пирамидный (кортикальный) и экстрапирамидный (субкортикальный) контроль. Сложные СМР относят к более высокому, исключительно кортикальному уровню моторных действий.

В норме латентный период простых СМР всегда меньше латентного периода сложных СМР, т. е. скрытое время реакции выбора затрачивается не только на преобразование сигналов в рецепторах, эффекторах и их перемещение по нервным проводникам, но и на анализ приходящих извне сигналов, на принятие решения о необходимости моторных действий [2, 3, 51]. Разница между величиной времени простых и сложных СМР называется «центральной задержкой», в которой выделяют этап переработки информации о стимуле в ЦНС и этап принятия решения о способе реагирования на стимул. Оба этих этапа в значительной степени зависят от функционального состояния ЦНС [4].

Таблица 1

Схема соотношения методов и принципов изучения психомоторной организации человека [6]

Уровень организации нервной системы	Уровни построения движений по Н.А. Бернштейну	Уровни двигательной активности субъекта по Б.Г. Ананьеву	Методы и методики изучения
Кортикальный	E	Деятельность	1. Изучение пространственно-временных координационных характеристик: – рабочих движений на тренажере, волевого мышечного напряжения; – графических; – ручной умелости; – тремора (динамического и статического); – разностного кинестетического порога различения;
	D	Действия	
Субкортикальный	C	Макродвижения	2. Изучение нейродинамических психомоторных характеристик: – силы возбуждения; – баланса возбуждения и торможения; – подвижности возбуждения и торможения
	B		
	A	Микродвижения	3. Изучение энергетических характеристик: – мышечной силы кисти рук и становой силы (динамометрия); – спонтанной двигательной активности

Примечание: А – уровень палеокинетических регуляций (он же – рубро-спинальный уровень центральной нервной системы); В – уровень синергии (он же – таламо-паллидарный); С – уровень пространственного поля (он же – пирамидно-стриальный уровень; уровень распадается на два подуровня: С1 – стриальный, принадлежащий к экстрапирамидной системе, и С2 – пирамидный, относящийся к группе кортикальных уровней); D – уровень действий – предметных действий, смысловых цепей и т. д. (он же – темно-премоторный уровень); E – группа высших кортикальных уровней: символических координаций – письма, речи и т. п.

В последнее время показатели СМР все чаще обсуждаются как характеристики **сенсомоторной интеграции**, под которой подразумевается согласование и объединение моторных и сенсорных процессов, осуществляющееся на разных уровнях мозга [52]. Сенсомоторная интеграция – это, прежде всего, проявление процессов конвергенции на кортикальных полях лобной коры нейрональной импульсации от структур сенсорных систем и от ядер двигательной системы. На нейрональных элементах лобной коры происходит взаимодействие уже подвергшейся обработке сенсорной информации с двигательными схемами выученных моторных навыков с целью оптимизации ответных реакций. Начиная с работ Н.А. Берштейна [50], многими исследователями было показано, что в основе сенсомоторной интеграции лежит функциональная консолидация процессов планирования, принятия решения и выполнения действия. Эта способность к произвольному выполнению движения включает как минимум три составляющие: способность к восприятию, переработке информации и к осуществлению движения (рис. 1).

Особенности сенсомоторной интеграции активно изучаются не только как самостоятельное явление [53–55], но и как маркер оценки функционального состояния ЦНС [56–58].

В настоящее время СМР человека рассматриваются как производные сложных психоэмоциональных функциональных систем, складывающихся на основе прошлого опыта, специальных инструкций и воздействия окружающей среды [59] и включающих в себя следующие звенья: зрительный, кожно-кинестетический,

слуховой анализаторы; нижнетеменные ассоциативные области коры; корковые зоны, связанные с функцией речи; ретикулярные образования ствола мозга и структуры заднего гипоталамуса; лимбическая система; лобные ассоциативные зоны коры. При этом функцией нижнетеменных ассоциативных областей коры является симультанный синтез сигналов всех анализаторов. Корковые зоны, связанные с функцией речи, воспринимают инструкцию по выполнению задания и объединяют систему осознанного восприятия пускового сигнала и систему, реализующую целенаправленные движения. Ретикулярные образования ствола мозга и структуры заднего гипоталамуса обеспечивают определенный уровень бодрствования, необходимый для осуществления СМР; мотивационно-эмоциональный

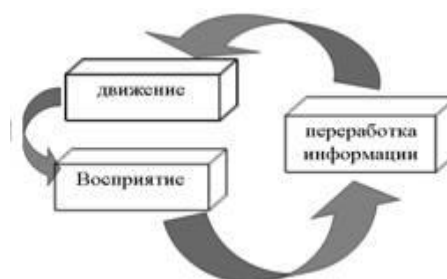


Рис. 1. Схема сенсомоторной интеграции – сочленения процессов восприятия, переработки информации и движения по механизму обратной связи [50]

комплекс, включающий лимбические структуры, – успешное выполнение задания реагировать на сенсорный сигнал как можно быстрее и точнее. Лобные ассоциативные зоны выполняют функцию программирования и контроля результата действия.

Структура и уровень напряжения компонентов функциональных систем зависит от типа осуществляемой СМР [59–60]. Так, при реализации сложной СМР лобная кора включена в описанную функциональную систему постоянно, в то время как при простой СМР данное звено свернуто. Кроме того, выполнение СМР связано с определенными волевыми усилиями, а также отражает уровень неспецифической и специфической активации ЦНС [61–63].

В некоторых исследованиях предполагают, что одним из важнейших факторов, регулирующих особенности восприятия времени и коррелирующих с ним процессов, является активация ЦНС [64–65], интенсивность которой отражает уровень внутреннего напряжения. Выделяют несколько уровней, определяющих степень активации обследуемого [55]:

- уровень активации организма, характеризующийся показателями активности вегетативных систем (сердечно-сосудистая, дыхательная и т. д.) [66–67];
- уровень общей активации мозга, связанный с активацией его неспецифических систем и оценивающийся по спектральным характеристикам ЭЭГ [67];
- уровень локальной активации мозга, зависящий от деятельности систем произвольного и непроизвольного внимания, характеризующийся параметрами связанных с событием потенциалов [1];
- уровень эффективности и качества деятельности, определяемый временными параметрами, точностью, своевременностью, безошибочностью, надежностью выполнения конкретной сенсомоторной реакции и связанный с психическими и, в первую очередь, с когнитивными процессами [68].

Некоторые исследователи [65] считают наиболее адекватным связать качественные особенности восприятия времени со свойством активированности нервной системы. Представление о ней как об индивидуально-типологической характеристике, как о врожденном балансе безусловнорефлекторных процессов возбуждения и торможения, определяющем энергетический уровень работы мозга, развивается в работах И.М. Палля [69] и Э.А. Голубевой [61]. Показано, что испытуемые с меньшей энергией дельта-частот обладают более высоким уровнем активированности [61]. У некоторых исследователей такой уровень активированности наблюдался у испытуемых с более медленным временем реакции [65].

В контексте идей М.Н. Ливанова [70] о пространственной и временной организации периодических процессов мозга А.Н. Лебедевым с сотрудниками показана достоверная зависимость временных параметров восприятия и сенсомоторного реагирования от характеристик электрической активности мозга [71]. При дальнейшем экспериментальном изучении этого вопроса [62] было выявлено, что латентный период двигательной реакции зависит от времени формирования в центральных звеньях нервной системы нейрофизиологического кода, осуществляемого за один период альфа-волны. Испытуемые с длительным латентным периодом простых зрительно-моторных реакций (свыше 300 мс) обладают низкой суммарной энергией альфа-ритма ЭЭГ (52,4 мВ/с). Напротив, испытуемые с наиболее

выраженным альфа-ритмом (свыше 130 мВ/с) характеризуются сравнительно короткими (до 230 мс) латентными периодами простых зрительно-моторных реакций. Многие авторы [72–74] отмечают, что короткие латентные периоды сенсомоторных реакций соответствуют не только значительной мощности альфа-ритма, но и его более высокой частоте.

Согласно одной из гипотез происхождения центральной задержки [75–76], при простых СМР переменная часть скрытого времени СМР обусловлена процессами сличения воспринимаемого сигнала с хранимыми в памяти образами сигналов, закодированными комбинациями разночастотных колебаний активности ансамблей нейронов [75], к скорости сличения, скорее всего, имеет отношение лишь пиковая (доминирующая по энергии) частота в диапазоне α -ритма, которая и определяет скорость СМР [77]. Высокая корреляция ритмических ЭЭГ-параметров с сенсомоторными характеристиками выявлена также в работе N. Roth, G. Sack [78]. Кроме того, продемонстрирована прямая статистически достоверная связь длительности латентного периода двигательной реакции с величиной кросскорреляционного коэффициента ЭЭГ областей кортикальных представительства зрительного и сенсомоторного анализаторов, а также последнего с лобными областями [79].

Еще одной характеристикой электрической, осцилляторной активности мозга можно считать особенности гамма-ритма – ритмической активности в частотном диапазоне от 30 до 200 Гц, верхняя граница которого по некоторым данным, по-видимому, может быть сдвинута еще дальше в высокочастотную область. Высокая частота гамма-ритма приближает его к электрофизиологическим характеристикам нейронной активности, что дает основание рассматривать его в качестве хорошего кандидата стать неинвазивным ЭЭГ-показателем активности нейронных сетей. Включенность гамма ритма в самые различные сенсорные, когнитивные и исполнительные процессы, наличие его не только в мозге человека, но и у животных, включая беспозвоночных, позволило Е. Басару [80–82] рассматривать гамма ритм в качестве функциональных строительных блоков, используемых в интегративной деятельности мозга и психических функциях. Гамма-осцилляции связывают с исполнительными реакциями. Сообщается о появлении всплесков гамма ритма в моторной и премоторной коре, дополнительном моторном поле, в париетальной коре человека, которые возникают до начала и продолжаются во время движения. Высказана гипотеза о том, что торможение двигательной реакции на нецелевой стимул также связано с усилением гамма-осцилляции, которое возникает в центральном отведении [83–85]. В связи с этим результаты изучения участия гамма-ритма в осуществлении сенсомоторной интеграции представляются важными для понимания психофизиологических механизмов, ее обеспечивающих.

Специальное изучение мозговых механизмов, обеспечивающих выполнение взрослыми здоровыми испытуемыми скоростных сенсомоторных реакций, методом многоканальной регистрации ЭЭГ и дипольного анализа показало причастность высокочастотной активности ЭЭГ – гамма-ритма к активирующей и регулирующей функциям мозга. Обнаружены гамма-осцилляторы, характеризующиеся острой настройкой на свою частоту, которые демонстрируют дискретный характер ак-

тивности, зависимый от выполняемой когнитивной деятельности. С привлечением внимания к стимулу для выполнения сенсомоторной реакции в электрической активности мозга параллельно с изменением частотного состава активированных узкополосных гамма-осцилляторов возрастает и уровень их активности. Метод трехмерной локализации в структурах мозга эквивалентных дипольных источников активированных гамма-осцилляторов выявил интегративную, регулирующую функцию гамма-ритма, которая увеличивается при привлечении внимания к стимулу. Гамма-осцилляторы обеспечивают взаимодействие модально-специфической и префронтальной коры уже на этапе восприятия стимула, они объединяют сенсорные процессы с процессами оперативной (рабочей) памяти, обеспечивая слияние потоков сенсорной и моторной информации. Следовательно, успешное выполнение рефлексометрического задания требует оптимального уровня активации [86].

Кроме того, показано, что недостаточность активационных и регуляторных процессов в мозгу у лиц с интеллектуальными расстройствами, вызванных органическими поражениями ЦНС, а также, по-видимому, незрелостью префронтальных отделов головного мозга, приводит к нарушению у них процессов сенсомоторной интеграции [86].

В работах Е.К. Айдаркина, М.А. Павловской [54] было показано, что колебания показателей СМР отражают тонические (эндогенные) неспецифические процессы, связанные с концентрацией ресурсов произвольного внимания на выполнении отдельных этапов двигательного стереотипа. Анализ динамики изопотенциальных карт свидетельствует, что эти колебания развивались последовательно в лобных и теменных областях, что может быть вызвано активизацией двух систем внимания – передней и задней [87–88].

Показано, что характеристики СМР взаимосвязаны с индивидуальными характеристиками корреляционной размерности ЭЭГ преимущественно в лобных областях [89].

Известно, что ВР зависит от таких факторов, как модальность, межстимульный интервал и экспериментальная парадигма [90]. С другой стороны, на ВР влияют сугубо моторные реакции, такие как расположение двигательного звена относительно туловища, пространственно-временные параметры сгибания-разгибания кисти. Такая многофакторная зависимость обуславливает трудность в трактовке ВР как показателя сложности сенсомоторной задачи [91–93].

Для эффективного выполнения СМР необходимо предварительное обучение. Двигательное обучение, сопровождающее выработку стереотипа двигательных реакций, предполагает становление новой сенсомоторной координации и обеспечивается различными когнитивными процессами (вниманием, памятью, принятием решения, выбором двигательной программы) [94]. В процессе обучения новой сенсомоторной задаче выделяют два этапа. На первом из них создается общая стратегия выполнения двигательной задачи, на втором вырабатывается тактическая цепочка двигательных реакций, оптимизирующая выполнение двигательного стереотипа [95]. Общая стратегия движения формируется на базе текущей и извлекаемой из памяти информации и связана с функционированием декларативной системы [96]. Процедурное обучение связано с неосознаваемым формированием двигательных навыков и

активным использованием сенсорной (проприоцептивной) обратной связи. В работе Стейнса с соавт. было показано, что выработка сенсомоторного навыка связана с изменениями в лобно-теменных структурах, участвующих в подготовке движения и сенсомоторной интеграции [97]. Начальная фаза обучения, согласно Стейнсу, характеризуется усилением активации лобных областей, обеспечивавших формирование сенсомоторной трансформации и выбор необходимых двигательных реакций.

В ходе тренировок вырабатывается двигательный стереотип, который характеризуется формированием рабочего дельта-ритма в виде чередующихся возбуждающих и тормозных фаз, обеспечивающих попеременное переключение внимания с анализа зрительной и слуховой информации о пришедшей команде на выбор и исполнение требуемой двигательной реакции, что соответствует попеременной активации различных систем внимания. Предполагается, что каждый из этих процессов имеет свою нейрофизиологическую основу: улучшение навыка сопровождается увеличением количества таких лобно-теменных циклов активации – деактивации, что связывают с ускорением этапов восприятия и выполнения [98]. Далее формируется требуемая последовательность движений и начинает доминировать активация в центрально-теменной области, обеспечивающая подготовку выработанной двигательной последовательности [97].

Скоростные и точностные характеристики сенсомоторной реакции не являются стационарными величинами, а совершают колебания при наличии внешних возмущающих воздействий на ЦНС. При этом выявлена зависимость скорости и точности показателей СМР от устойчивости внимания, предэкспериментальной установки испытуемого, научения, эмоциональных факторов, тревоги, патологических факторов [3], нервно-эмоционального утомления, успеваемости [51, 99], условий проживания [8].

Показана динамика временных и точностных показателей СМР под влиянием сенсорных притоков в виде музыки [100–107], ЧЭНС [108], ароматических веществ [3, 7], в последствии 24-часовой депривации сна [109] и 10-минутной релаксации [110–111], при занятиях хатха-йогой [110–111], буддийской медитации [112], а также при выполнении работы в экстремальных условиях – дефиците времени, нервно-эмоциональном напряжении, аварийных ситуациях [113], при работе в ночную смену [114], при длительной операторской деятельности [115], в результате продолжительного питания малокалорийным рационом [116]. Время реакции увеличивается при высокой температуре и также при понижении атмосферного давления [117–120]. Различные вещества также могут оказывать влияние на длительность сенсомоторных реакций. Отмечают влияние на скорость реакции кофеина [121–123], энергетических напитков, содержащих таурин и кофеин [124], но при этом показано, что курение марихуаны не оказывает значительного влияния на время простых и сложных сенсомоторных реакций [125]. Выявлено, что на скорости сенсомоторных реакций отражаются такие заболевания, как шизофрения [126], апатическая депрессия [127], астма [128], сахарный диабет 1 типа [129].

Считают, что изменения показателей СМР в большей степени связаны не с морфофункциональным составом периферического звена анализаторов, а с со-

стоянием центральных структур [2, 3]. В связи с этим скорость и точность СМР широко используются как объективные и достаточно надежные индикаторы функционального состояния ЦНС как у здоровых людей [2, 130–135], так и в клинических исследованиях [136–137]. ВР активно применяется в качестве показателя скорости переработки информации [138–139] и даже как характеристика способности к обучению в школе [138–140]. Подробно изучен вопрос о связи простой СМР с эффективностью различных видов операторской деятельности человека [141].

Согласно литературным данным [67, 142–145], при решении вопроса о диагностике, прогнозировании и оптимизации функциональных состояний и работоспособности человека необходимо учитывать не только внешние факторы – интегральные характеристики сенсомоторной деятельности (особенности сенсорных стимулов, временные и пространственные параметры движений, в т. ч. темп, точность и степень их повторяемости) [61, 146], но и внутренние факторы – комплекс психофизиологических особенностей индивида. Установлена зависимость показателей СМР от таких индивидуально-типологических особенностей, как экстраверсия-интроверсия, нейротизм, сила НС, тип темперамента, профиль функциональной межполушарной асимметрии, эмоциональность, уровни порогов восприятия сенсорных стимулов [2, 63, 100, 108, 147–158]. Показана также взаимосвязь показателей СМР и соматотипа человека [159–161]. Выявлены конституциональные особенности сенсомоторного реагирования: время реакции у лиц, имеющих избыточную массу тела [162–163]. Отмечают зависимость скорости сенсомоторных реакций от двигательной активности, т. е. чем выше двигательная активность индивида, тем выше скорость сенсомоторных реакций [164].

Выявлены гендерные различия при выполнении сенсомоторных тестов: испытуемые мужского пола имеют преимущества в скорости при выполнении простых сенсомоторных реакций и совершают большее количество ошибок при дифференцировке зрительных стимулов. Наибольшие возрастные изменения латентных периодов реакций у юношей проходят на 1–2 года позже, чем у девушек [165]. В работах И.С. Лебедевой показаны межполовые различия во взаимосвязи ВР и показателей ЭЭГ [166], которые, видимо, отражают несходные особенности механизмов СМР у мужчин и женщин.

Скорость сенсомоторных реакций может варьировать в зависимости от возраста. Так, выявлено, что наиболее существенное уменьшение времени аудиомоторных реакций происходит от 9 к 10 годам. У девочек уменьшение общего времени аудиомоторных реакций происходит, в первую очередь, за счет моторного компонента, у мальчиков в большей степени изменяется латентный компонент реакций. От 7 к 11 годам увеличивается число детей, имеющих высокие показатели скорости простой и сложных аудиомоторных реакций. Уменьшается с возрастом количество детей с более быстрой реакцией на звуковой стимул и более медленной на словесный стимул, что связано с возрастанием роли речи как регулятора поведения ребенка [167]. В зрелом возрасте время различных видов сенсомоторных реакций увеличивается, однако наиболее существенные изменения наблюдаются в снижении скорости сложных сенсомоторных реакций [168].

Исследованы различия в скорости зрительно-моторных реакций у студентов технических и гуманитарных вузов, выявлено, что высокая скорость распределения внимания, простых и сложных реакций отмечаются у юношей технической специальности и более низкая скорость сенсомоторных реакций – у девушек. Быстрота простой зрительно-моторной реакции и реакции в режиме статической помехи, высокая скорость концентрации внимания выявлены у девушек гуманитарной специальности и более медленное протекание простых и сложных сенсомоторных реакций – у юношей. Функциональные характеристики центральной нервной системы у студентов технической специальности определяются быстротой протекания простых сенсомоторных реакций, а у студентов гуманитарной специальности – скоростью дифференцировочных реакций [169].

Известно, что при прочих равных условиях показатели СМР взрослого испытуемого воспроизводятся в повторных экспериментах без статистически значимых различий [51, 60]. При этом колебания временных характеристик СМР у одного индивида находятся в строго определенных пределах, поддающихся математическому описанию [170] и зависящих от пола и возраста [3]. При этом генетический анализ ВР дает крайне противоречивые результаты – от явного влияния генотипа [47] до отсутствия такового [171].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее простым и широко используемым маркером функционального состояния ЦНС является оценка характеристик СМР. В большинстве случаев установление искомым закономерностей осуществляется через анализ изменений времени реакций и количества ошибок. Величина времени реакции обусловлена осуществлением физико-химического процесса в рецепторе, прохождением нервного импульса по проводящим путям, аналитико-синтетической деятельностью в структурах головного мозга и срабатыванием мышц. ВР традиционно подвергают анализу по двум параметрам: премоторному, связанному преимущественно с восприятием и анализом поступающей стимуляции, и моторному, связанному с реализацией движения. При этом варьирование функциональных состояний вызывает существенную динамику премоторного компонента, но оставляет неизменным моторный параметр. Точность реагирования отражает эффективность процессов дифференцировки сенсорных сигналов и вариантов моторного ответа.

Выделяют простые СМР, в которых перцептивный акт элементарен (восприятие появления, изменения или прекращения действия раздражителя), и сложные СМР (реакции выбора), где перцептивный акт более дифференцирован и предполагает необходимость избирательного реагирования на различные стимулы, отличные по форме, цвету, размеру и другим признакам. Показатели СМР часто обсуждаются как характеристики сенсомоторной интеграции, под которой подразумевается согласование и объединение моторных и сенсорных процессов, осуществляющееся на разных уровнях мозга. Сенсомоторная интеграция – это, прежде всего, проявление процессов конвергенции на кортикальных полях лобной коры нейрональной импульсации от структур сенсорных систем и от ядер двигательной системы. Увеличение скорости и точности

простых и сложных СМР отражает оптимизацию данных процессов.

СМР человека рассматриваются как производные сложных психоэмоциональных функциональных систем, складывающихся на основе прошлого опыта, специальных инструкций и воздействия окружающей среды и включающие в себя следующие звенья: анализаторы; ассоциативные области коры и активирующие модули мозга. Структура и уровень напряжения компонентов функциональных систем зависит от типа осуществляемой СМР. Так, при реализации сложной СМР лобная кора включена в описанную функциональную систему постоянно, в то время как при простой СМР данное звено свернуто. Простая сенсомоторная реакция реализуется через формирование функциональной системы, работа которой зависит от согласованности, синхронности временных и пространственных параметров этой системы и совпадения ритмов возбуждения в нервных клетках. Простые СМР относят к макродвижениям, которые обеспечиваются пирамидно-стриальным уровнем организации движений, включающим пирамидный (кортикальный) и экстрапирамидный (субкортикальный) контроль. Сложные СМР относят к более высокому, исключительно кортикальному уровню моторных действий. Разница между величиной времени простых и сложных СМР называется «центральной задержкой», в которой выделяют этап переработки информации о стимуле в ЦНС и этап принятия решения о способе реагирования на стимул. Оба этих этапа в значительной степени зависят от функционального состояния ЦНС.

Кроме того, выполнение СМР связано с определенными волевыми усилиями, а также отражает уровень неспецифической и специфической активации ЦНС. При этом активированность нервной системы рассматривается как индивидуально-типологическая характеристика индивида, как врожденный баланс безусловнорефлекторных процессов возбуждения и торможения, определяющий энергетический уровень работы мозга. Успешное выполнение рефлексометрического задания требует оптимального уровня активации, а недостаточность активационных и регуляторных процессов в мозге приводит к нарушению процессов сенсомоторной интеграции. Короткое время реакции отражает высокое качество нейрональной активности в ассоциативных зонах префронтальной коры, ответственных не только за анализ сенсорных сигналов, но и организацию моторных реакций в ответ на них. Качество выполнения сложных СМР основано на дифференцированных реакциях с участием лобно-моторных систем и отражает эффективность произвольного внимания.

Детерминированность индивидуально-типологическими признаками и выраженное постоянство сенсомоторного реагирования позволяют заключить, что временные и точностные показатели СМР являются относительно постоянным свойством человека на протяжении определенных отрезков онтогенеза и представляют собой одну из его конституциональных характеристик.

Учитывая вышесказанное можно заключить, что результативность сенсомоторных реакций является информативным показателем функционального состояния ЦНС, способным обеспечить эффективность его прогнозирования, контроля и коррекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилова Н.Н., Астафьев С.В. Внимание человека как специфическая связь ритмов ЭЭГ с волновыми модуляторами сердечного ритма // Журн. высш. нервн. деят. 2000. Т. 50. Вып. 5. С. 791-804.
2. Бойко Е.И. Время реакции человека. М.: Медицина, 1964. 440 с.
3. Фресс П., Пиаже Ж. Экспериментальная психология. М.: Прогресс, 1975. Вып. 5. 284 с.
4. Практикум по валеологии / под ред. Г.А. Кураева. Ростов н/Д, 1999. 194 с.
5. Карпенко А.В. Колебательная структура психофизиологических показателей как источник информации о продуктивности умственной деятельности // Физиология человека. 1988. Т. 14. № 5. С. 730-738.
6. Практикум по общей экспериментальной и прикладной психологии. СПб.: Питер, 2000. 560 с.
7. Шутова С.В. Влияние обонятельного сенсорного притока на время и точность сенсомоторных реакций у юношей разных конституциональных типов // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2001. Т. 6. Вып. 1. С. 69-71.
8. Куеня А.И., Кириченко О.В. Сенсомоторная реактивность детей, проживающих в радиационно неблагоприятной зоне // Физиология человека. 2001. Т. 27. № 2. С. 98-103.
9. Harting J.K., Hall W.C., Diamond J.T. Evolution of the pulvinar // Brain, behav. and evolut. 1972. V. 6. P. 424.
10. Батуева А.С., Черенкова Е.В., Куликов Г.А. и др. Роль различных кортикальных областей и зрительно-моторной координации // Сенсорные системы. 1982. С. 101.
11. Куликов Г.А., Клименко В.Ю., Васильева Л.А. и др. Вызванные потенциалы сенсомоторной и теменной областей коры мозга кошки на тональные стимулы // Журн. высш. нервн. деят. 1984. Т. 34. С. 89.
12. Волохов А.А. Развитие нервной системы в раннем возрасте // Возрастная физиология: руководство по физиологии. Л.: Наука, 1975. С. 443-490.
13. Костюк П.Г. Структура и функция нисходящих систем спинного мозга. Л., 1973. 280 с.
14. Schwindt P.C. Control of motoneuron output by path ways descending from the brain stem // Handbook of behavioral neurobiology. V. 5. Motor coordination. New York; London, 1981. P. 139.
15. Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Сенсорные комплексы и сенсомоторная интеграция // Физиология человека. 1979. Т. 5. С. 339.
16. Куликов Г.А. Нейрофизиологические основы сенсомоторной координации // Физиология поведения (нейрофизиологические закономерности): руководство по физиологии / под ред. А.С. Батуева. Л.: Наука, 1986. С. 334.
17. Кейдель В.Д. Физиология органов чувств. Ч. 1. Общая физиология органов чувств и зрительная система: пер. с нем. М.: Медицина, 1975. 216 с.
18. Батуева А.С., Куликов Г.А. Введение в физиологию сенсорных систем. М.: Высш. шк., 1983. 247 с.
19. Марр Д. Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработке зрительных образов. М.: Радио и связь, 1987. 400 с.
20. Альтман Я.А., Бибиков Н.Г., Вартамян И.А. Слуховая система. Л.: Наука, 1990. 620 с.
21. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. М.: Мир, 1991.
22. Корнилова Л.Н., Козловская И.Б. Нейросенсорные механизмы космического адаптационного синдрома // Физиология человека. 2003. Т. 29. № 5. С. 17-28.
23. Вартамян И.А. Физиология сенсорных систем: руководство. СПб.: Лань, 1999. 224 с.
24. Коц Я.М. Организация произвольного движения. М.: Наука, 1975. 248 с.
25. Солозуб Е.Б. Кортикальная регуляция движений человека. Л.: Медицина, 1981. 183 с.
26. Эвартс Э. Механизмы головного мозга, управляющие движением // Мозг. М.: Мир, 1982. С. 72-80.
27. Фолин Н.А. Физиологические основы двигательной активности. М.: Физкультура и спорт, 1991. 224 с.
28. Фолин В.С. Структура функциональной подготовленности спортсмена // Медико-биологические проблемы спортивной тренировки. М., 1995. С. 48-58.
29. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. М.: Изд-во «Институт практической психологии»; Воронеж: НПО «МОДЕК», 1997. 608 с.
30. Лисенкова В.П. Зависимость времени простой сенсомоторной и дизъюнктивной реакции от фактора тренировки // Экспериментальная и прикладная психология. Ученые записки Ленинградского университета. Серия психологических наук. 1973. Вып. 5. № 368. С. 60-67.

31. *Christina R.* Influence of enforced motor and sensory sets on reaction latency and movement speed // *Res. Quart. Amer. Assoc. Health.* 1973. V. 44. № 4. P. 483-487.
32. *Fulton C.D., Hubbard A.W.* Effect of puberty on reaction and movement times // *Res. Quart. Amer. Assoc. Health.* 1975. V. 46. № 3. P. 335-344.
33. *Jagacinski R.J., Hartzell E.J., Ward S., Bishop K.* Fitts'law as a function of system dynamics and target uncertainty // *J. Mot. Behav.* 1978. V. 10. № 2. P. 123-131.
34. *Weiss A.D.* The locus of reaction time change with set., motivation and age // *J. Gerontol.* 1965. V. 20. № 1. P. 60-64.
35. *Botwinick J., Thompson L.* Premotor and motor components of reaction time // *J. Exp. Psychol.* 1966. V. 71. № 1. P. 9-15.
36. *Hanson C., Klimovitch G.* Effects of fatigue and laterality on fractionated reaction time // *J. Mot. Behav.* 1978. V. 10. № 3. P. 177-184.
37. *Stull A.G., Kearney J.T.* Effects of variable fatigue levels on reaction-time components // *J. Mot. Behav.* 1978. V. 10. № 3. P. 223-231.
38. *Klimovitch G.* Startle response and muscular fatigue effects upon fractionated hand grip reaction time // *J. Mot. Behav.* 1977. V. 9. № 4. P. 285-292.
39. *Пономарев М.Ф.* О двигательных реакциях в связи с восприятием времени // *Вопросы психологии.* 1960. № 3. С. 79-88.
40. *Saari M.J., Pappas B.A.* Cardiac cycle phase and movement and reaction times // *Percept. and Mot. Skills.* 1976. V. 42. № 3. P. 767-770.
41. *Шадрин В.М.* Психологические основы формирования двигательного навыка. Казань, 1978.
42. *Semjen A., Requin J., Fiori N.* The interactive effect of foreperiod duration and response – movement characteristics upon choice – reaction time in a pointing task // *J. Hum. Mov. Stud.* 1978. V. 4. № 2. P. 108-118.
43. *Deupree R.H., Simon J.R.* Reaction time and movement time as a function of age, stimulus duration, and task difficulty // *Ergonomics.* 1963. V. 6. № 4. P. 403-411.
44. *Fitts P.M., Peterson J.R.* Information capacity of discrete motor responses // *J. Exp. Psychol.* 1964. V. 67. № 2. P. 103-112.
45. *Незнамов Г.Г., Телешова Е.С., Сюняков С.А. и др.* Влияние ладанстена на характеристики психофизиологического состояния и когнитивных функций у больных с психогенными астеническими расстройствами // *Психиат. и психофармакол.* 2009. Т. 11. № 2. С. 14-19.
46. *Hodgkins J.* Influence of age on the speed of reaction and movement in females // *J. Gerontol.* 1962. V. 17. № 4. P. 385-389.
47. *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.
48. *Водлозеров В.М., Тарасов С.Г.* Зрительно-двигательная активность человека в условиях слежения. Харьков: Изд-во Гуманитарный Центр, 2002. 242 с.
49. *Ананьев Б.Г.* Психологическая структура человека как субъекта // *Человек и общество.* Вып. 2. Л., 1967. С. 241-242.
50. *Бернштейн Н.А.* Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. 349 с.
51. *Коробейникова И.И.* Параметры сенсомоторной реакции, психофизиологические характеристики, успеваемость и показатели ЭЭГ человека // *Психологический журнал.* 2000. № 3. С. 132-136.
52. *Александров Ю.И.* Введение в системную психофизиологию // *Психология XXI века.* М., 2003. С. 39-85.
53. *Базанова О.М.* Индивидуальные характеристики альфа-активности и сенсомоторная интеграция: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2009. 38 с.
54. *Бачериков Е.Л.* Лабильность нервных процессов и их роль в комплексной оценке сенсомоторной интеграции у здоровых лиц 19–5 лет: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Челябинск, 2010. 22 с.
55. *Айдаркин Е.К., Павловская М.А., Старостин А.Н.* Влияние функционального состояния на эффективность сенсомоторной интеграции // *Валеология.* 2011. № 4. С. 75-102.
56. *Камеская В.Г.* Практический опыт использования методов точных наук в изучении интеллектуальной деятельности нормально развивающихся детей и их сверстников с речевыми расстройствами // *Известия РГПУ. Психол. и пед. науки.* 2002. № 3. С. 89-95.
57. *Руссак Ю.А.* Особенности сенсомоторной интеграции девушек 14-17 лет с разным темпом полового созревания // *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена.* 2009. Вып. 113. С. 278-283.
58. *Ветерок Е.В.* Особенности сенсомоторной интеграции у нормально развивающихся подростков и подростков с измененной сексуальной ориентацией // *Психология образования в поликультурном пространстве.* 2010. Т. 1. № 1. С. 149-153.
59. *Судаков К.В.* Рефлексы и функциональные системы. Новгород, 1997. 399 с.
60. *Медведев С.Д., Тамбиев А.Э.* Психофизиологические закономерности переключения внимания // *Тез. докл. 18-го съезда физиол. общ-ва им. И.П. Павлова.* Казань, 2001. С. 157.
61. *Голубева Э.А.* Индивидуальные особенности памяти человека: психофизиологические исследования. М.: Педагогика, 1980. 151 с.
62. *Макаренко Н.В., Вороновская В.И., Ковтун Т.В., Панченко В.М.* Электроэнцефалографические корреляты временных характеристик простых сенсомоторных реакций у людей с различными уровнями функциональной подвижности нервных процессов // *Физиология человека.* 1992. Т. 18. № 3. С. 33-41.
63. *Горожанин В.С.* Свойства нервной системы, вызванные потенциалы и гормоны плазмы крови // *Психологический журнал.* 1987. Т. 8. № 6. С. 57-68.
64. *Чурикова Н.И., Митина Л.М.* Теоретические, методические и прикладные аспекты проблемы восприятия времени // *Вопросы психологии.* 1979. № 3. С. 16-24.
65. *Фонсова Н.А., Шестова И.А., Шульговский В.В.* Особенности воспроизведения интервалов времени и индивидуальная структура ЭЭГ у человека // *Журн. высш. нервн. деятельности им. И.П. Павлова.* 1997. Т. 47. № 1. С. 3-10.
66. *Анализ сердечного ритма / Жемайте Д.И., Кауценас И., Кусас В. [и др.].* Вильнюс, 1982. 130 с.
67. *Шеповальников А.Н., Цицерошин М.Н.* Пространственная упорядоченность функциональной организации целого мозга // *Физиология человека.* 1987. № 6. Т. 13. С. 892-909.
68. *Леонова А.Б., Медведев В.И.* Функциональное состояние человека в трудовой деятельности. М., 1981. 112 с.
69. *Палей И.М., Шафранская К.Д.* Комплексная характеристика индивидуально-типологических особенностей студентов во время эмоционально-интеллектуального напряжения // *Человек и общество: уч. записки ЛГУ.* Вып. 4 / под ред. Б.Г. Ананьева и Д.А. Керимова. Л., 1969.
70. *Ливанов М.Н.* Ритмы электроэнцефалограммы и их функциональное значение // *Журн. высш. нервн. деят.* 1984. Т. 34. № 4. С. 613-626.
71. *Психофизиологические закономерности восприятия и памяти /* под ред. А.Н. Лебедева. М.: Наука, 1985. 224 с.
72. *Лебедев А.Н.* Закономерности восприятия зрительных сигналов // *Психол. журнал.* 1980. Т. 1. № 5. С. 66-74.
73. *Бовин Б.Г.* Нейрофизиологическая модель многоальтернативного выбора // *Психофизиологические закономерности восприятия и памяти.* М.: Наука, 1985. С. 55-87.
74. *Шпапенко Ю.А., Даниловцев В.В.* Связь показателей деятельности с электроэнцефалографическими параметрами обработки информации // *Психофизиологические закономерности восприятия и памяти.* М.: Наука, 1985. С. 87.
75. *Забродин Ю.М., Лебедев А.Н.* Психофизиология и психофизика. М., 1977.
76. *Пасынкова А.В.* О механизме центральной задержки простой сенсомоторной реакции // *Системный подход к психофизиологической проблеме /* под ред. А.Н. Лебедева. М., 1982. С. 105-111.
77. *Малых С.Б.* Исследование генетической детерминации ЭЭГ человека // *Вопросы психологии.* 1997. № 6. С. 109-130.
78. *Roth N., Sack G.* Relations between slow (4 cps) EEG activity, sensorimotor speed and psychopathology // *Int. J. Psychophysiol.* 1990. V. 9. № 2. P. 121-127.
79. *Шеповальников А.Н., Цицерошин М.Н., Анапасионок В.С.* Формирование биопотенциального поля мозга человека. Л.: Наука, 1979. 163 с.
80. *Başar E., Başar-Eroglu C., Karakaş S., Schürmann M.* Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes // *Int. J. Psychophysiol.* 2001. № 39 (2-3). P. 241-248.
81. *Başar E., Başar-Eroglu C., Karakaş S., Schürmann M.* Brain oscillations in perception and memory // *Int. J. Psychophysiol.* 2000. № 35 (2-3). P. 95-124.
82. *Başar E., Schürmann M., Başar-Eroglu C., Demiralp T.* Selectively distributed gamma band system of the brain // *Int. J. Psychophysiol.* 2001. № 39 (2-3). P. 129-135.
83. *Shibata T., Shimoyama I., Ito T., Abba D., Iwasa H., Koseki K., Yamanouchi N., Sato T., Nakajima Y.* Attention changes the peak latency of the visual gamma-band oscillation of the EEG // *Neuroreport.* 1999. V. 10 (6). № 26. P. 1167-1170.
84. *Mima T., Simpkins N., Oluwatimilehin T., Hallett M.* Force level modulates human cortical oscillatory activities // *Neurosci. Lett.* 1999. V. 275 (2). № 12. P. 77-80.
85. *Popivanov D., Mineva A., Krekule I.* EEG patterns in theta and gamma frequency range and their probable relation to human voluntary movement organization // *Neurosci. Lett.* 1999. V. 267 (1). № 21. P. 5-8.
86. *Быкова Н.Б.* Специфика сенсомоторной интеграции у детей и взрослых в норме и при интеллектуальных расстройствах: автореф. дис. ... канд. психол. наук. СПб., 2004.
87. *Posner I., Rothbart M.R.* Constructing neuronal theories of mind. // *Large-scale neuronal Theories of Brain. Computational Neuroscience /* eds. Ch. Koch and J.L. Davis. Cambridge, Ma, US.: MIT Press, 1994. P. 183-199.
88. *Posner M.I., Petersen S.E.* The attention system of the human brain // *Ann. Rev. Neurosci.* 1990. V. 13. P. 25-42.

89. *Бороздина О.С.* Взаимосвязь индивидуальных характеристик ЭЭГ и латентного периода сенсомоторной реакции // Научный блог молодых ученых-биологов. URL: <http://shmain.ru/nauchnye-statii/borozdina-o-s-vzaimosvyaz-individualnykh-karakteristik-eeg-i-latentnogo-perioda-sensomotornoj-reakcii.html> 28.01.2010 (дата обращения: 25.12.2012).
90. *Айдаркин Е.К.* Исследование нейрофизиологических механизмов взаимодействия произвольного и непроизвольного внимания в условиях сенсомоторной интеграции // Валеология. 2007. № 3. С. 85-103.
91. *Glencross D.I.* Latency and response complexity // J. Mot. Behav. 1972. V. 4. № 4. P. 251.
92. *Bartz A.E.* Perceived task complexity and reaction time on a single trial and a series of trials // J. Mot. Behav. 1979. V. 11. № 4. P. 261.
93. *Brooks V., Hilperath F., Brooks M., Ross H.G., Freund H.J.* Learning "what" and "how" in a human motor task // Learn. Mem. 1995. № 2 (5). P. 225-242.
94. *Petersen S.E. et al.* PET study of parietal involvement in spatial attention: comparison of different task types // Can. J. Exp. Psychol. 1994. V. 48. P. 319-338.
95. *Grahjon M., Reynolds G.* Effects of the length of the runs of repetition on the simple RT-ISI relationship // Quart. J. Exp. Psychol. 1977. 29. № 2. P. 283.
96. *Anderson J.* Retrieval of information from longterm memory // Science. 1983. V. 220. P. 25-30.
97. *Staines W.R., Padilla M., Knight R.T.* Frontalparietal event-related potential changes associated with practicing a novel visuomotor task // Brain Res. Cogn. Brain Res. 2002. Apr. № 13 (2). P. 195-202.
98. *Айдаркин Е.К., Курпач Е.С.* Нейрофизиологические механизмы формирования сенсомоторного стереотипа при сложной операторской деятельности // Валеология. 2011. № 3. С. 98-110.
99. *Салей А.П.* Варианты анализа латентных периодов простой зрительно-моторной реакции // Физиология и психология мотиваций: межрегион. сборник науч. работ, посвящ. 80-летию Воронеж. гос. ун-та. Воронеж, 1998. С. 92-95.
100. *Вяткин Б.А., Дорфман Б.Я.* Влияние музыки на психомоторику в связи с особенностями нейродинамики // Вопр. психологии. 1980. № 1. С. 94-102.
101. *Захарова Н.Н., Иващенко О.И.* Влияние музыки на время двигательной реакции и межполушарные отношения // Журн. высш. нервн. деят. 1984. Т. 34. Вып. 2. С. 212-218.
102. *Новицкая Л.П.* Влияние различных музыкальных жанров на психическое состояние человека // Психологический журнал. 1984. Т. 5. № 6. С. 79.
103. *Фудин Н.А., Тараканов О.П., Классин С.Я.* Музыка как средство улучшения функционального состояния студентов перед экзаменом // Физиология человека. 1996. Т. 22. № 2. С. 1-9.
104. *Малыренко Г.Ю.* Музыка и мозг ребенка. Тамбов: Изд-во ТГУ, 1998. 95 с.
105. *Малыренко Т.Н., Хватова М.В.* Развитие мозга ребенка сенсорными потоками. Тамбов: Изд-во ТГУ, 1998. 95 с.
106. *Павлыгина Р.А., Фролов М.В., Давыдов В.И., Милованова Г.Б., Сулимов А.В.* Распознавание зрительных образов в сенсорно обогащенной среде: музыкальное сопровождение // Журн. высш. нервн. деят. 1998. Т. 48. № 1. С. 19-29.
107. *Малыренко Т.Н., Шумова С.В.* Особенности влияния музыки разных стилей на сенсомоторные реакции юношей в зависимости от соматотипа // Валеология. 2000. № 3. С. 25-34.
108. *Малыренко Т.Н., Шумова С.В.* Сопряженные эффекты чрескожной анальгезирующей электростимуляции: изменение времени и точности сенсомоторных реакций у юношей в зависимости от конституциональных типов // Валеология. 2000. № 4. С. 36-44.
109. *Bukhtiiarov I., Chistov S.D.* Effect of 24-hour sleep deprivation on the oculomotor reactions of human operator // Aviakosm Ekolog Med. 2011. V. 45 (4). P. 42-46.
110. *Горев А.С.* Индивидуальные особенности регуляции функционального состояния центральной нервной системы // Физиология человека. 1989. Т. 15. № 5. С. 3-6.
111. *Семеняга Н.Н.* Влияние авторского коррекционного комплекса на физиологический и психофизиологический статус женщин 46-56 лет: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Челябинск, 2010.
112. *Sudsuang R., Chentanez V., Veluvan K.* Effect of Buddhist meditation on serum cortisol and total protein levels, blood pressure, pulse rate, lung volume and reaction time // Physiol. Behav. 1991. V. 50 (3). P. 543-548.
113. *Захаров А.В., Мороз М.П., Перельгин В.В.* Оценка работоспособности операторов с помощью статистических характеристик простой зрительно-моторной реакции // Военно-медицинский журнал. 1988. № 1. С. 53.
114. *Молоканов А.А., Воронин И.М.* Точностные и временные характеристики сенсомоторных реакций у лиц, работающих в ночную смену // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2009. Т. 14. Вып. 1. С. 56-57.
115. *Novikov V.S., Lustin S.I., Blaginin A.A., Kozlov V.P.* Changes in the work capacity of the operators of command-measuring systems during daily duty // Voen. Med. Zh. 1997. V. 318 (6). P. 55-59.
116. *Цыганов Э.П.* Изменение некоторых показателей функционального состояния центральной и периферической нервной системы при продолжительном питании малокалорийным рационом // Физиология человека. 1987. Т.13. С. 513-515.
117. *Ассман Д.* Чувствительность человека к погоде. Л.: Гидрометиздат, 1966. 246 с.
118. *Razmjou S., Kjellberg A.* Sustained attention and serial responding in heat: mental effort in the control of performance // Aviat. Space Environ. Med. 1992. V. 63. № 7. P. 594-601.
119. *Vadziuk S.N., Ratynska O.M.* Sensorimotor reactions in students of high school age during different types of the weather // Fiziol. Zh. 2004. V. 50 (1). P. 81-84.
120. *Шарафи Р., Богданов В., Горлов Д., Горго Ю., Коробейников Г.* Особенности сенсомоторной реакции человека при влиянии флуктуации атмосферного давления // Педагогічні проблеми фізичного виховання і спорту. 2008. № 2. С. 152-157.
121. *Jacobson B.H., Edgley B.M.* Effects of caffeine on simple reaction time and movement time // Aviat. Space Environ. Med. 1987. V. 58 (12). P. 1153-1156.
122. *Souissi M., Abedelmalek S., Chtourou H., Atheymen R., Hakim A., Sahnoun Z.* Effects of morning caffeine ingestion on mood States, simple reaction time, and short-term maximal performance on elite judoists // Asian J. Sports Med. 2012. V. 3 (3). P. 161-168.
123. *Spradley B.D., Crowley K.R., Tai C.Y., Kendall K.L., Fukuda D.H., Esposito E.N., Moon S.E., Moon J.R.* Ingesting a pre-workout supplement containing caffeine, B-vitamins, amino acids, creatine, and betalanine before exercise delays fatigue while improving reaction time and muscular endurance // Nutr. Metab. (Lond). 2012. V. 30. № 9. P. 28. doi: 10.1186/1743-7075-9-28.
124. *Peacock A., Martin F.H., Carr A.* Energy drink ingredients. Contribution of caffeine and taurine to performance outcomes // Appetite. 2013. № 64. P. 1-4.
125. *Kvålseth T.O.* Effects of marijuana on human reaction time and motor control // Percept Mot Skills. 1977. V. 45 (3 Pt 1). P. 935-939.
126. *Classen W., Laux G.* Psychometric studies of performance deficits in acute schizophrenic patients with special reference to gender // Schweiz. Arch. Neurol. Psychiatr. 1991. V. 142 (1). P. 31-40.
127. *Iznak A.F., Iznak E.V., Sorokin S.A.* Dynamics and relationships of parameters of cognitive evoked potentials and sensorimotor reactions in the treatment of apathic depression // Zh. Nevrol. Psikhiatr. Im. S.S. Korsakova. 2011. V. 111 (9). P. 52-57.
128. *Gutnik B.I., Zitz S.V., Maksimova A.V.* Characteristics of the latent period of sensorimotor reactions in middle-aged and elderly outpatients with asthma during long-term treatment with inhaled glucocorticosteroids // Ter. Arkh. 2012. V. 84 (8). P. 41-44.
129. *Padilla-Medina J.A., Prado-Olivarez J., Amador-Licona N., Cardona-Torres L.M., Galicia-Resendiz D., Diaz-Carmona J.* Study on simple reaction and choice times in patients with type I diabetes // Comput. Biol. Med. 2013. V. 43 (4). P. 368-376.
130. *Данилова Н.Н.* Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. М.: Изд-во МГУ, 1992. 132 с.
131. *Иващенко С.Р., Малых С.Б.* Природа изменчивости скоростных характеристик сенсомоторных реакций в различных экспериментальных условиях // Вопросы психологии. 1994. № 6. С. 80-86.
132. *Таймазов В.А., Голуб Я.В.* Психофизиологическое состояние спортсмена (Методы оценки и коррекции). СПб.: Изд-во «Олимп СПб», 2004. 400 с.
133. *Литовченко О.Г.* Психофизиологическая характеристика работоспособности учащихся // VI Знаменские чтения: материалы науч.-практ. конф. Курск: СурГПУ, 2007.
134. *Саидова С.Б., Ровная О.А.* Сенсорные реакции у спортсменов синхронного плавания в условиях тренировочной деятельности // Сибирский научно-спортивный вестник. 2007. № 12. С. 245-248.
135. *Егизатян Д.В.* Индивидуализация подготовки юных борцов с учетом показателей функционального состояния в условиях соревновательной подготовки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 1. С. 71-73.
136. *Бенькович Б.И., Бочкарев В.К., Файзуллоев А.З.* Психофизиологические и электроэнцефалографические критерии диагностики невротических расстройств. М., 1995. 28 с.
137. *Батышева Т.Т.* Система медицинской реабилитации двигательных нарушений у неврологических больных в амбулаторных условиях: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2005.
138. *A model for intelligence / ed. by H.J. Eysenck. N. Y.; Berlin-Heidelberg, 1982.*
139. *Луланин В.И., Киселев С.Ю., Ткачук И.Е.* Взаимосвязь интеллекта и показателей сенсомоторного теста у детей старшего дошкольного возраста // Вопросы психологии. 2000. № 4. С. 38.

140. Мазур Е.Н. Особенности принятия решения у школьников средних и старших классов с разной успешностью обучения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2010. 21 с.
141. Степаненкова Н.П., Рыжов А.А., Аргентов П.В. Физиологическая оценка сенсомоторной работоспособности человека при компьютерном моделировании нервно-напряженного труда // Физиология и психология мотиваций: межрегион. сборник науч. работ, посвящ. 80-летию со дня рожд. А.И. Лакомкина. М., 1997. С. 66-68.
142. Меркурьев И.А., Тышлек Е.Г. Метод повышения надежности распознавания и классификация функциональных состояний организма работника в задачах физиологии труда // Физиология человека. 1982. Т. 8. № 2. С. 323-327.
143. Салова И.А., Сапожников Л.К. Многомерные модели состояния систем организма человека-оператора // Возрастные аспекты моторно-висцеральных взаимоотношений при мышечной деятельности: межвуз. тематич. сборник. Калинин, 1982. С. 48-52.
144. Fahcenberg I., Foerster F. Covariation and consistency of activation parameters // Biol. Psychol. 1982. V. 15. № 3-4. P. 151-169.
145. Takakuwa E. Evolution of fatigue and the function of maintaining concentration (TAF). Sapporo, 1982. 100 p.
146. Демина Д.М., Кандорр И.С. Принципы физиологической классификации профессий // Тез. докл. 4 Междунар. конф. стран-членов СЭВ по эргономике. М., 1981. С. 28-29.
147. Gale A., Coles M., Blaydon J. Extraversion-introversion and the EEG // Brit. J. Psychol. 1969. V. 60. № 2. P. 209-223.
148. Мерлинкин В.П. Особенности влияния уровня нервно-психического напряжения на статическую выносливость в зависимости от силы нервной системы // Психологический стресс в спорте: материалы 2 Всесоюз. симпозиума. Пермь, 1975. С. 47-48.
149. Небылицын В.Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий. М.: Наука, 1976. 336 с.
150. Русалов В.М. Биологические основы индивидуально-психологических различий. М., 1979. 320 с.
151. Русалов В.М. Психологическая основа взаимодействия темперамента и общих способностей человека // Проблемы психологии личности: советско-финский симпозиум. М., 1982.
152. Irtmus F. EEG correlates of vigily and dimensios of neuroticism and extraversion // Activ. nerv. super. 1979. V. 21. № 1. P. 56-57.
153. Jennings J., Choi S. Type A components and psychophysiological responses to an attention-demanding performance task // Psychosom. Med. 1981. V. 43. № 6. P. 475-487.
154. Богданов В.А. Структурная модель личности и психическая деятельность // Экспериментальная и прикладная психология. Л., 1982. С. 26-32.
155. Бодунов М.В. Нейрофизиологическая основа типологии интеллектуальной активности как черты темперамента // Проблемы психологии личности: советско-финский симпозиум. М., 1982. С. 205-213.
156. Bradley J. Extraversion and the detection of deception: comments on the paper by Bradley and Janisse // Personal. and Individ. Differ. 1982. V. 3. № 2. P. 215-216.
157. Кураев Г.А., Соболева И.В. Функциональная межполушарная асимметрия мозга и проблемы валеологии // Валеология. 1996. № 2. С. 29-34.
158. Пожарская Е.Н. Психодинамические характеристики лиц с разным профилем функциональной межполушарной асимметрии мозга: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1996.
159. Клиорин А.И., Алякринский В.В. Зрительное восприятие устной речи нормально слышащими людьми различных соматических типов конструкции // Физиология человека. Т. 13. № 2. С. 207-217.
160. Смирнова Г.А., Овчинников Б.В. Индивидуальные различия динамики работоспособности и функционального состояния операторов в зависимости от типа телосложения // Физиология человека. 1987. Т. 13. № 3. С. 419-424.
161. Малащенко Т.Н., Шумова С.В. Индивидуально-типологические особенности психофизиологических показателей у юношей 19–20 лет // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2000. Т. 5. Вып. 1. С. 60-64.
162. Nene A.S., Pazare P.A., Sharma K.D. A study of relation between body mass index and simple reaction time in healthy young females // Indian. J. Physiol. Pharmacol. 2011. V. 55 (3). P. 288-291.
163. Deore D.N., Surwase S.P., Masroor S., Khan S.T., Kathore V. A cross sectional study on the relationship between the body mass index (bmi) and the audiovisual reaction time (ART) // J. Clin. Diagn. Res. 2012. V. 6 (9). P. 1466-1468.
164. Линник М.А. Сравнительный анализ изменения показателей сердечно-сосудистой системы, физической работоспособности и сенсомоторной реакции у юношей с разным уровнем двигательной активности: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2005. 19 с.
165. Зайцев А.В. Половозрастная динамика ЗМР. Компонентный анализ времени реакции: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2000.
166. Лебедева И.С., Изнак А.Ф., Сулейман Х.С. Структура корреляционных связей между временем реакции на звуки и величинами спектральной плотности ЭЭГ: межполювые различия // Физиология человека. 1995. Т. 21. № 3. С. 25-29.
167. Канжина Н.Н. Психофизиологическая характеристика аудиомоторных реакций у детей 7–11 лет с низким уровнем произвольного внимания и повышенной тревожностью: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2010. 16 с.
168. Der G., Deary I.J. Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey // Psychol Aging. 2006. V. 21 (1). P. 62-73.
169. Ходак Н.А. Гендерные особенности психофизиологических функций студентов технических и гуманитарных специальностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Челябинск, 2010.
170. Зайцев А.В., Скорик Ю.А., Лундин В.И. Математической описание распределения времени сенсомоторных реакций // Тез. докл. 18 съезда физиологического общества им. И.П. Павлова. Казань, 2001. С. 89.
171. Malykh S.B., Ravich-Scherbo I.V. Genotypical dependence of the movement-related brian potentials // Maturation of CNS and evoked potentials / ed. by V. Gallai. Amsterdam, 1986. P. 247-252.

Поступила в редакцию 26 апреля 2013 г.

Shutova S.V., Muravyova I.V. SENSORIMOTOR REACTIONS AS CHARACTERISTICS OF FUNCTIONAL STATE OF CNS

The literature review is devoted to the registration and interpretation of the indices of sensor-motor responses of various kinds. The complex temporal and spatial structure as well as physiological mechanisms of formation realization of motor responses to sensory stimuli is discussed. Particular attention is paid to the process of sensor-motor integration. The analysis of the possible application of the characteristics of sensor-motor responses as an indicator of the functional state of the central nervous system is carried out. The results of scientific works where this method of reflexometry was successfully implemented in pilot researches are described.

Key words: sensorimotor reactions; reaction time; latent period; movement time; sensor-motor integration; functional state of central nervous system.