

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Additional methodological techniques to increase the efficiency, reliability and effectiveness of psychophysiological examination of specialists of extreme professions using automated complexes

Новиков С.В.¹, Шлапак В.Н.¹

¹ФГУП Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства, (ФГУП НТЦ БХБГ ФМБА России), г. Москва, Россия.

Novikov Sergey Vasilievich¹, Shlapak Vitaly Nikiforovich¹

¹Federal State Unitary Enterprise Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene (FSE RTC RCSH, Moscow, Russia)

В настоящее время общепризнана роль медико-психофизиологических¹ методов в решении задач оценки профессиональной пригодности работников при приёме на работу, обеспечения эффективности и надёжности их дальнейшей профессиональной деятельности, снижения уровня травматизма и аварийности, сохранению и укреплению профессионального здоровья, повышения профессионального долголетия. В этом контексте задача развития и совершенствования аппаратно-программных комплексов (АПК), предназначенных для обеспечения медико-психофизиологического сопровождения специалистов экстремальных профессий, считается одной из актуальных. В первую очередь это касается совершенствования методик обследования.

Действующие нормативно-методические документы Минздрава России, ФМБА России, отраслевых министерств и ведомств предписывают применение строго определённого состава методик обследования, применительно к которым ниже рассмотрены способы и методы получения дополнительной диагностической информации в виде новых показателей.

Для получения вышеупомянутых показателей нами были использованы следующие методы математической обработки экспериментальных данных, полученных с помощью регламентированных методик:

- метод факторного анализа второго и более высокого порядка [1];
- метод оценки межсистемного взаимодействия [2, 3];
- метод, обеспечивающий 100 % сохранение первичной диагностической информации при формировании обобщённых показателей, основанный на процедуре арифметизации Гёделя [4, 5];
- метод количественной оценки аддитивных² временных компонент ответных реакций на стимул, отражающий закономерности трансформации сенсомоторной информации в коре головного мозга [6].

Рассмотрим что в конечном счёте даёт реализация этих методов для уточнения оценки текущего функционального состояния (ФС) работников опасных профессий. Исходной информацией для данных методов служат показатели variability сердечного ритма (ВСР), показатели центральной гемодинамики и показатели психофизиологических тестов

1 Медико-психофизиологическое обследование представляет собой обследование, проводимое с целью получения комплекса взаимосвязанных диагностических данных о физиологических и психофизиологических качествах обследуемого, на основании анализа которых формируется заключение о соответствии здоровья поручаемой ему работе.

2 Аддитивность — свойство математических или физических величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям.

(простая и сложная зрительно-моторная реакция, реакция на движущийся объект и теппинг-тест). Приведённые ниже результаты получены на выборках 240÷1600 практически здоровых людей (операторы АЭС, контингент военнослужащих РВСН).

Последовательное применение метода факторного анализа первого и второго порядка и метода оценки межсистемного взаимодействия в отношении всей совокупности упомянутых показателей позволило получить:

- в результате применения ФА первого уровня - восемь обобщённых ортогональных (независимых) показателей ($F_1 \div F_8$), для каждого из которых удалось подобрать чёткую медико или психофизиологическую интерпретацию. Например, обобщённый показатель F_1 , относящийся к сердечно-сосудистой системе (ССС), отражает состояние регуляторных механизмов нейрогуморальной регуляции сердца, соотношение между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы, что в целом позволяет рассматривать F_1 как индикатор адаптационных реакций целостного организма по показателям ВСР. Обобщённый показатель F_3 , относящийся к ЦНС, отражает динамику корковых процессов (скорость переработки информации, эффективность интегративной деятельности мозга, аналитико-синтезирующую функцию высших отделов нервной системы), что определяет работоспособность силу, подвижность, уравновешенность нервной системы;
- результат применения ФА второго уровня – шесть обобщённых показателей второго уровня ($\Phi_1 \div \Phi_6$), в компонентный состав которых входят F_i и комбинации их произведений $F_i F_j$, $F_k F_l F_m$, несущие информацию о межсистемном взаимодействии (МСВ), причём с высоким уровнем факторной нагрузки. Для полученных обобщённых показателей также подобраны соответствующие интерпретации. Например, Φ_1 характеризует МСВ центральной нервной системы (ЦНС), ССС и артериальной системы. Φ_3 характеризует МСВ ЦНС, ССС и респираторной системы. В качестве количественной оценки «силы» МСВ принята величина факторной нагрузки;
- порядок следования индексов (i, j, \dots, n) при показателях $F_i F_j$, $F_i F_j F_m$, представляет собой специфический код, определяющий состав цепочки и порядок взаимодействующих между собой функциональных систем организма. Знак отклонения величины факторной нагрузки $F_i F_j F_k$, от средне выборочного, которое равно нулю, отражает характер направленности МСВ (минус – гипофункция, плюс – гиперфункция). Величина отклонения от средне выборочного характеризует уровень адаптации к эндо- и экзогенным факторам, для данной «цепочки» взаимодействующих функциональных систем организма. Представляется важным, что полученный результат (состав цепочек и порядок взаимодействия между собой функциональных систем организма) согласуется с представлением о векторной функциональной активности систем организма [8].

Применение процедуры арифметизации Гёделя [4, 5] обусловлено требованием исключить неизбежную потерю части диагностической информации, исходно содержащейся в первичных показателях, по мере их обобщения в интегральный показатель, например, с помощью уравнения многомерной регрессии. Использование этой процедуры снимает ограничение на количество классов градаций, вводимых для обобщенного показателя, что позволяет повысить диагностическую чувствительность, например, при оценке эффективности реабилитационно-восстановительных мероприятий.

Как известно задача оценки функционального состояния ЦНС является одной из важнейших в системе медико-психофизиологического сопровождения работников опасных профессий. Основным оперативным источником информации о ФС ЦНС служат показатели описательной статистики психофизиологических тестов, регистрирующих временные ряды ответных реакций на тот или иной предъявляемый стимул.

Считается, что время каждой из реакций представляет собой сумму времён на возбуждение рецептора ($t_{\text{воз.репц}}$) (нервного окончания) и посылки по афферентным волокнам возникшего импульса в соответствующий чувствительный центр; на перекодирование, опознание, формирование образа, сличение его с эталонами памяти ($t_{\text{опоз}}$); на принятия решения о реагировании на сигнал ($t_{\text{реш}}$); на формирование программы двигательного действия ($t_{\text{форм}}$); посылки сигнала ($t_{\text{пос}}$) к началу действия по эфферентным (двигательным волокнам); развитие возбуждения ($t_{\text{р.воз}}$) в мышце и преодоления инерции покоя тела или его

отдельного звена, т.е. $t_{\text{реш}} = \sum_{i=1}^6 t_i$

Наряду с этим существует представление [9] о том, что последовательную трансформацию в ЦНС сенсорной информации (от её начальной стадии - регистрации сигнала-стимула в зрительной системе до конечной стадии – двигательной реакции) отражает временная последовательность вызванных потенциалов, латентные времена которых, оцениваются методами нейрофизиологии и используются в качестве индикаторов выраженности когнитивных нарушений.

Исходя из этих положений задача количественной оценки аддитивных временных составляющих t_i сводится к задаче поиска минимума функционала (расхождения (невязки)

между совокупностью $t_j^{\text{эксп}}$ и искомыми t_i) при наличии ограничений, накладываемых на допустимые изменения t_i , исходя из известных в нейрофизиологии временных диапазонов трансформации сенсорной информации.

По нашему мнению, практическая польза от применения разработанного метода заключается в получении дополнительных критериев оценки функционального состояния ЦНС на основе анализа аддитивных компонент t_i , характеризующих, соответственно, способность: опознания сигнала и трансформации сигнала в «ранее известный» образ (t_2); извлечения образов и сравнения с поступившим образом (t_3); формирования мотивации ответной реакции, (t_4); формирования команд для исполнительных органов (t_5), т.е. количественно характеризующих профессионально важные психофизиологические характеристики специалистов экстремальных профессий (внимание, память, способность своевременно принять адекватное решение).

Заключение.

Апробация разработанных методических приёмов показала, что они не требуют дополнительных трудозатрат со стороны персонала, обслуживающего АПК, и в тоже время дают отсутствующую ранее дополнительную диагностическую информацию, включая оценку таких характеристик мозговых процессов, которые скрыты от наблюдения при использовании традиционных методов психофизиологии.

Перспектива практического применения разработанных методических приёмов заключается в том, что их применение в совокупности с известными показателями обеспечивает повышения диагностической эффективности медико-психофизиологических обследования специалистов экстремальных профессий и, как следствие этого, снижение риска возникновения нештатных ситуаций, обусловленных «человеческим фактором».

Литература

1. Немов Р.С. Психологический словарь / Р.С. Немов. — М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2007. — 560 с. : ил.
2. Космодемьянский Л.В., Бобров А.Ф., Башир-Заде Т.С. Методологический подход к количественной оценке межсистемных взаимодействий в организме у лиц опасных профессий // «Медицина катастроф»- 2010.- №4 (72).- С. 52-53.
3. Gray, B. ThoFas Higher-Order Factor Analysis / Paper presented at the Annual Meeting of the Southwest Educational Research Association (Austin, TX, January 23-25, 24 Jan 97, 22p.; [электронный ресурс] <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED407418.pdf>.
4. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. — М.. Радио и связь, 1987.— 120 с: ил. — (Кибернетика).

5. Шлапак В.Н. Методические аспекты создания нового диагностического метода для количественной оценки состояния здоровья. // Материалы восьмого Международного научно-практического конгресса "Человеческий фактор: человек в экстремальных условиях, клиничко - физиологические и психологическое состояние, медицинский контроль и врачебно-профессиональная экспертиза". С.82-85, Россия, Москва, 2013.
6. Новиков С.В., Шлапак В.Н., Рябова Т.Я. Современные подходы и новые методические возможности для автоматизированного психофизиологического обследования // Доклад на Круглом столе «Оценка эффективности психологической работы: возможности и ограничения» в рамках Международного военно-технического форума «АРМИЯ-2021», 15-21 августа.
7. Шлапак В.Н. Об одной возможности выявления новых дополнительных диагностических показателей сенсомоторных реакций для оценки функционального состояния ЦНС в системе предсменного обследования операторов опасных производств //10-й Международный научно-практический конгресс: «Человеческий фактор и безопасность профессиональной деятельности на воздушном, водном и наземном транспорте», М., 2017 - с. 108-108.
8. Марасанов А.В., Вальцева Е.А. Феномика. Этиология функциональных состояний организма человека при действии факторов окружающей среды. Гигиена и санитария 2017; 96(10): 1004-1009. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-1004-1009>.
9. Garcia M., Stippich C. Funktionelle Neuroanatomie: Sensomotorisches System [Functional neuroanatomy: sensorimotor system]. Radiologe. 2013;53(7):584-591. doi:10.1007/s00117-013-2483-8.

Резюме

Дополнительные методические приёмы для повышения эффективности, надёжности и результативности психофизиологического обследования специалистов экстремальных профессий с использованием автоматизированных комплексов.

Новиков Сергей Васильевич, Шлапак Виталий Никифорович
ФГУП НТЦ БХБГ ФМБА России, Россия, г. Москва.

Изложены методические приёмы, направленные на повышение диагностической эффективности медико-психофизиологических обследования работников опасных профессий.

Additional methodological techniques to increase the efficiency, reliability and effectiveness of psychophysiological examination of specialists of extreme professions using automated complexes

Novikov Sergey Vasilievich, Shlapak Vitaly Nikiforovich
FSE RTC RCSH, Russia, Moscow

Methodological methods aimed at improving the diagnostic effectiveness of medical and psychophysiological examinations of workers in h