

Анализ психофизиологических реакций при стресс-тестировании курсантов военных вузов

Тишакин Д.И., Джафарова О.А., Гребнева О.Л.

Psychophysiological reactions analysis at stress-testing of the military universities cadets

Tishakin D.I., Jafarova O.A., Grebneva O.L.

НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, г. Новосибирск

© Тишакин Д.И., Джафарова О.А., Гребнева О.Л.

Представлено исследование психофизиологических механизмов реагирования в стрессовой ситуации. Использовались методы психодиагностики и специально разработанные протоколы психофизиологического тестирования. Исследование проводилось на группе курсантов военного вуза, кандидатов в сборную по тактико-техническому десятиборью. Выделены группы прогностически успешных и неуспешных спортсменов и описаны характерные для каждой группы психофизиологические паттерны.

Ключевые слова: стресс-тестирование, саморегуляция, частотные диапазоны электроэнцефалограммы.

The purpose of this study — to explore psychophysiological mechanisms to respond in a stressful situation. We used the methods of psycho-diagnostics, and specially designed protocols psychophysiological testing. The study was conducted on a group of cadets of the military university, candidates for the combined team on the tactical and technical decathlon. The study identified prognostic group of successful and unsuccessful athletes and describes the characteristic for each group of physiological patterns.

Key words: stress-testing, self-regulation, the frequency bands of EEG.

УДК 612.821:616-072.8-008.615-057.36

Введение

Деятельность лиц опасных профессий связана с высокими физическими и психологическими нагрузками, необходимостью действовать в ситуациях монотонии или, наоборот, при воздействии отвлекающих факторов, быстро принимать ответственные решения в условиях дефицита или переизбытка информации. Эффективная подготовка специалистов должна проводиться с учетом индивидуальных особенностей реагирования в подобных ситуациях.

Для изучения этих особенностей наряду с психологическим тестированием должны применяться психофизиологические методы диагностики. В качестве таких методов эффективно используется технология компьютерного игрового биоуправления. Ценную информацию может предоставить психофизиологическое тестирование, основанное на мультипараметрическом мониторинге, проводимом при выполнении стресс-тестов. Полученные при этом данные позволяют оценить индивидуальный реактивный стереотип исследуемого, выявить

предпочитаемые стратегии поведения в ситуациях стресса и неопределенности, отнести испытуемого к группе потенциально успешных или потенциально неуспешных в определенном виде деятельности.

Материал и методы

Экспериментальные исследования проводились сотрудниками лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (г. Новосибирск) на протяжении 7 лет (2003—2009). Работа была начата в мае 2003 г. с кандидатами в сборную Новосибирского военного института (НВИ) МО РФ по тактико-техническому десятиборью, которая летом того же года выиграла первенство Вооруженных сил РФ. Работа проводилась в малых группах — восемь занятий по 1 ч 2—3 раза в неделю.

В 2007, 2009 гг. в программу подготовки кандидатов в сборную Новосибирского высшего военного командного училища МО РФ (НВВКУ, бывший НВИ) была включена комплексная психофизиологическая подготовка — девять занятий по 2,5 ч каждое (1 раз в

неделю). Занятия проводились на базе компьютерного класса на 16 рабочих мест, оснащенного системами игрового биоуправления (ПАК «БОС-Пульс», регистрационное удостоверение № ФС 022а20000/1027-04, сертификат соответствия № РОСС RU.АЯ79.ВО3820).

В исследовании приняли участие 32 мужчины (две группы по 16 человек), средний возраст ($20,2 \pm 1,4$) года. Команда также выиграла первенства Вооруженных сил РФ по тактико-техническому десятиборью в 2007 и 2009 гг.

В 2007 г. было проведено психологическое тестирование испытуемых: ситуативная и личностная тревожность выявлялась с использованием теста Спилбергера—Ханина, свойства темперамента определялись по опроснику формально-динамических свойств индивидуальности (В.М. Русалов), для оценки личностных характеристик был также выбран тест Кеттела. В 2009 г. исследование было дополнено следующими тестами диагностики стрессоустойчивости и личностной саморегуляции: «Шкала контроля за действием» (Ю. Куль), «Опросник толерантности к неопределенности» (MSTAT) (Д. Маклейна), «Копинг-поведение в стрессовых ситуациях» (CISS), «Опросник способов психологического преодоления» (R. Lazarus и S. Folkman), «Стиль саморегуляции поведения» (В. Моросанова). Для проведения тестирования использовался комплекс «БОС-ТЕСТ-Профессионал», с помощью которого также проводились классические психофизиологические пробы (ПЗМР, СЗМР, РДО, теппинг).

Психофизиологическое тестирование участников включало в себя диагностику предпочитаемых стратегий поведения в ситуации неопределенности при проведении сеанса игрового биоуправления, а также протокол стресс-тестирования, позволяющий оценить индивидуальный реактивный стереотип спортсмена и его адаптивные способности.

Протокол тестирования. Испытуемый в течение 1 сессии (около 15 мин) работает на игровом тренажере «Вира». Соревнование по подводному погружению, в котором скорость играющего обратно пропорциональна частоте пульса, является психофизиологической моделью стрессовой ситуации, выполненной в виде игры. Задача играющего — обогнать виртуального соперника, скорость которого — это скорость игрока, достигнутая в предыдущей попытке. Чтобы победить в игре, испытуемому нужно продемонстрировать навыки саморегуляции, умение управлять фи-

зиологическими функциями в стрессовой ситуации. Оценивается способность управлять своим эмоциональным и физическим состоянием (саморегуляция). Регистрируется длительность кардиоинтервалов RR. Сессия — пять попыток.

Испытуемый в течение 1 сессии (около 15 мин) работает на игровом тренажере «Ралли» (шоссейные гонки с препятствиями). Чем медленнее пульс играющего, тем быстрее движется автомобиль. Испытуемый выигрывает в том случае, если скорость реакции на камни, внезапно появляющиеся на его пути, уменьшается от первой попытки к последней и длительность кардиоинтервала растет (частота пульса уменьшается). Специфика игры «Ралли» позволяет использовать ее для диагностики оптимальной организации ресурсов организма в условиях длительно действующего стресса. Регистрируются длительность кардиоинтервалов и скорость реакции. Определяется способность к Peak performance — максимальным достижениям в критической ситуации, готовности к экстренным действиям. Оценивается умение выполнять несколько задач одновременно. Регистрируются длительность кардиоинтервалов RR и время реакции RT. Сессия — пять попыток.

Метод оценки — успешность по RT и RR (формы кривых и показатели эффективности).

Многоканальный мониторинг физиологических функций проводится в процессе выполнения стресс-тестов (СТ) — специальных заданий, моделирующих ситуацию стресса. При этом регистрируются показатели частоты сердечных сокращений (ЧСС), длительности дыхательного цикла, интегральной электромиограммы (ЭМГ) фронтальных мышц скальпа, электрической активности кожи, электроэнцефалограммы (ЭЭГ) по двум каналам (в отведениях O1—O2 и Fz—Cz). Протокол сеанса представлен последовательным набором СТ, чередующихся с минутными сессиями отдыха. В данной работе для стресс-тестов используются сокращения СТ_{1,2,3,4}, а для соответствующих им сессий отдыха — Отдых_{1,2,3,4}. В качестве стресс-тестов применяются когнитивные задания, выполняемые в условиях ограничения времени, и задания, затрагивающие эмоциональную сферу. К первым относятся сессии: «Фигурь» (СТ₁) — предъявляемые на высокой скорости наборы геометрических фигур, от испытуемого требуется своевременно и точно реагировать на появление значимого стимула; «Stroop» (СТ₂) — выполнение вербального задания на время и при воздействии отвле-

кающего фактора; «Когнитивная задача» (СТ₄) — задание на арифметический счет. В качестве эмоционального стрессора используется специально разработанное игровое приложение «Астероиды» (СТ₃). Оно настроено таким образом, что сложность выполнения прогрессивно возрастает и приводит к неизбежному проигрышу.

При анализе результатов оцениваются фоновые значения физиологических показателей, индивидуальные особенности реагирования и способность к восстановлению. Проводится оценка динамики регистрируемых параметров в процессе сеанса тестирования: для каждого параметра строится график по средним значениям за сессию.

Результаты и обсуждение

По психологическим показателям группы были достаточно однородны, не наблюдалось отклонений в эмоционально-волевой сфере. Для всех был характерен высокий порог фрустрации, состояния дезадаптации в значимой ситуации крайне маловероятны.

Поскольку психофизиологическое тестирование проводилось на этапе подготовки к соревнованиям, включающем большие физические нагрузки, то абсолютные значения проб находились в средней полосе, хотя стабильность реакций была достаточно высокой.

По результатам тестирования «Вира!» и «Ралли» были выделены две группы: использующие эффективные и неэффективные стратегии саморегуляции. Курсанты, продемонстрировавшие эффективные стратегии [7], характеризовались высокой степенью толерантности к неопределенности (MSTAT) и высоким уровнем интеллектуальной пластичности (ОФСДИ).

Низкая эффективность саморегуляции была связана с неспособностью длительное время удерживать внимание на выполнении поставленной задачи, что подтверждалось данными теста CISS, а также с высоким уровнем контроля чувств (R. Lazarus).

Для участников обеих групп был характерен высокий уровень мотивации.

Эффективность предпочитаемых стратегий саморегуляции коррелировала с показателем эффективности восстановления соматовегетативных показателей при проведении психофизиологического стресс-тестирования. Для оценки этого показателя была разработана система рейтингов, согласно которой по параметрам ЭМГ, ЧСС, частоты (ЧД), КГР в сессиях отдыха спортсмену выставлялась балльная оценка (0 или

1); затем показатель восстановления усреднялся по всему тестированию для каждого параметра. По полученным данным вычислялся интегральный рейтинг восстановления (РВ). В исследуемой группе диапазон значений РВ составил: $РВ_{\min} = 0,5$; $РВ_{\max} = 1,0$.

Для анализа электрической активности мозга в полученных записях были вырезаны артефактные участки, а также участки, соответствующие незначимым стимулам (чтение инструкций к заданиям).

При анализе ЭЭГ оценивалась динамика спектра мощности с учетом индивидуальных границ диапазонов. Для каждого спортсмена вычислялись границы α -диапазона и частота максимального пика альфа (ЧМПА) — по реакции на открывание глаз. При выделении диапазонов ЭЭГ учитывались данные Thompsons [10]: β -активность в диапазоне 15—18 Гц связана с решением задач, активацией функций внимания, памяти и мышления; активность в диапазоне 19—22 Гц отражает высокое эмоциональное напряжение, тревогу; β -активность частотой 23—35 Гц характеризует непродуктивную когнитивную деятельность, навязчивые размышления.

Спектр ЭЭГ был разбит на следующие диапазоны: θ (тета) — от 4 Гц до нижней границы α -диапазона; α -1 (альфа-1) — от нижней границы α -диапазона до ЧМПА; α -2 (альфа-2) — от ЧМПА до верхней границы α -диапазона; β -1 (бета-1) — от верхней границы α -диапазона до 18 Гц; β -2 (бета-2) — 19—22 Гц; β -3 (бета-3) — 23—35 Гц.

По каждому диапазону вычислялась относительная спектральная мощность для всех сессий тестирования. На основании полученных значений по отведению Fz—Cz вычислялись индексы.

Индекс внимания (ИВ). Введенный J. Lubar коэффициент тета/бета ($4-7/13-21$ Гц), вычислялся в данном исследовании как $\theta/(\beta-1 + \beta-2)$.

Индекс решения задач (ИРЗ). Описан Thompsons [10]. Отношение тальфа/бета-1. Термин « θ » J. Lubar использовал для обозначения суммарной активности в диапазоне высокочастотного тета-ритма (6—7 Гц) и низкочастотного альфа (8—10 Гц). В данном исследовании этот индекс вычислялся по формуле $(1/2\theta + \alpha-1)/\beta-1$. В норме у взрослых это соотношение не превышает 2.

Индекс напряжения (ИН). Вычисляется по соотношению $\beta-2/\alpha-2$. Значение этого индекса выше 1

отражает чрезмерное эмоциональное напряжение при выполнении задания.

«*Busy brain*». Индекс, отражающий непродуктивную мыслительную деятельность, повышенную отвлекаемость. Вычисляется по формуле $\beta\text{-3}/\text{SMR}$ (13—15 Гц). В норме не превышает 1,55.

Анализ динамики индексов ЭЭГ в сеансе тестирования показал более высокий прирост индекса напряжения в группе успешных как при выполнении заданий, так и в сессиях отдыха. При этом абсолютные значения индекса в обеих группах были невысокими.

Значения индекса «*Busy brain*» также невысоки в обеих группах, однако динамика приростов значительно отличается. В группе успешных этот коэффициент снижался в сессиях отдыха, тогда как у неуспешных возрастал даже на отдыхе, а на СТ увеличился почти в 2 раза.

Исследование корреляций между величиной рейтинга восстановления и параметрами ЭЭГ показало, что в группе успешных эффективность восстановления по соматовегетативным показателям (РВ) прямо связана с функцией концентрации внимания (ИВ) при выполнении задания. Прирост мощности в диапазоне $\beta\text{-2}$ (Fz—Cz) коррелировал с высоким РВ. Это может свидетельствовать о том, что эффективное восстановление связано с усилением эмоционального напряжения в начальной стадии деятельности.

В группе неуспешных показатель эффективности восстановления оказался связан с ростом эмоционального напряжения на протяжении всего сеанса тестирования, а не только его начальной фазы. Кроме того, обращает на себя внимание разница в локализации возрастающей $\beta\text{-2}$ -активности (фронтальные отведения в подгруппе успешных и затылочные — у неуспешных).

Динамика относительных приростов индексов ЭЭГ (более высокий прирост ИН в подгруппе успешных, значительный прирост индекса «*Busy brain*» у неуспешных как на тестах, так и во время отдыха) и характер взаимосвязи РВ с бета-активностью позволяют выдвинуть гипотезу о том, что участники из первой группы склонны реагировать в стрессовых ситуациях ростом эмоционального напряжения, особенно выраженным в начальных фазах деятельности, после чего происходит адаптация к ситуации; вероятно, такой прирост напряжения позволяет в последующей фазе отдыха более эффективно проявить способности к восстановлению. Для участников же второй группы

характерно в стрессовых ситуациях при сравнительно невысоком приросте эмоционального напряжения демонстрировать чрезмерное возрастание непродуктивной когнитивной деятельности, навязчивых размышлений. При этом выраженность такого рода активности продолжает прогрессивно нарастать в процессе деятельности (что подтверждает динамика индекса «*Busy brain*») как при выполнении заданий, так и в сессиях отдыха.

Наиболее ярко описанные различия между группами проявлялись в СТ₃ «Астероиды» и последующем отдыхе. Это задание представляет собой эмоциональный стрессор, и при анализе соматовегетативных показателей у многих испытуемых отмечалась тенденция к накоплению напряжения (недостаточное восстановление в Отдыхе₃).

В первой группе реакция на эмоциональный стрессор проявляется в большей мере остаточным эмоциональным напряжением (прирост мощности в диапазоне $\beta\text{-2}$ на отдыхе), а во второй — непродуктивной навязчивой мыслительной деятельностью (значительный прирост мощности в диапазоне $\beta\text{-3}$, особенно на Отдыхе₃).

С этой гипотезой согласуются данные по корреляциям между соматическими показателями и параметрами ЭЭГ. В группе успешных показательна прямая корреляция между приростами ЭМГ как мышечного компонента эмоционального напряжения и $\beta\text{-2}$ -активности (Fz—Cz) в СТ₃ «Астероиды» ($p < 0,005$). Во второй группе прирост мышечного напряжения в последней сессии отдыха взаимосвязан с нарастанием $\beta\text{-3}$ -активности в Отдых_{2,3,4} и СТ₄ ($p < 0,05$). Такая динамика подтверждает гипотезу о том, что для неуспешных нехарактерна высокая реактивность, напряжение у них нарастает постепенно и слабо снижается в сессиях отдыха.

Также обнаружены закономерности во взаимосвязи изменения ЧД и ЭЭГ-показателей. Прирост ЧД в успешной группе прямо связан с приростом $\beta\text{-2}$ -активности (Fz—Cz) в сессиях Отдых_{1,2}, что подтверждает тенденцию к росту напряжения в начальной стадии деятельности. Во второй группе усиление непродуктивной когнитивной деятельности по всему сеансу тестирования связано с приростом ЧД в СТ₂.

У неуспешных также наблюдается прямая корреляция между приростом ЧСС в стресс-тестах с приростом $\beta\text{-2}$ - и $\beta\text{-3}$ -активности (Fz—Cz).

Заключение

В ходе данного исследования установлено, что механизмы реагирования в стрессовой ситуации различаются в группах испытуемых, показавших высокий и низкий уровни развития навыков саморегуляции по соматовегетативным показателям. Определены характерные для каждой группы паттерны психофизиологического реагирования.

Для успешной группы характерная реакция в стрессовой ситуации заключается в выраженном росте нервно-психического напряжения, что проявляется увеличением значений ЭМГ, β -2-активности в отведении Fz—Cz, индекса напряжения. Наиболее выражены эти изменения в начальной стадии деятельности, после чего устанавливается адекватная модель реагирования с повышением напряжения в процессе выполнения заданий и релаксацией в процессе отдыха (уменьшение мощности β -2-, β -3-активности в отведении Fz—Cz, прирост α -активности в затылочном отведении). Эффективность экспресс-восстановления (РВ) в этой группе прямо связана с активацией когнитивных функций (уменьшение значений индексов внимания и решения задач) в процессе выполнения заданий.

В группе, показавшей низкую эффективность экспресс-восстановления, нехарактерен резкий прирост напряжения под воздействием стрессирующего фактора, однако возникает значительное усиление непродуктивной когнитивной деятельности (прирост мощности в диапазоне β -3 и индекса «Busy brain»). Для этой группы свойственна низкая реактивность при низком качестве восстановления. Таким образом, происходит постепенное накопление напряжения (в процессе деятельности наблюдается прогрессивный прирост мощности в диапазоне β -3). Мощность β -3-активности повышается за счет соответствующего снижения в диапазоне β -1, т.е. происходит усиление непродуктивной мыслительной деятельности за счет продуктивной, тогда как в успешной группе усиление эмоцио-

нального напряжения (прирост β -2, ИН) в половине случаев не приводит к снижению активности в β -1-диапазоне.

Полученные данные могут быть использованы как в диагностических, так и в прогностических целях, при проведении психофизиологического стресс-тестирования — как отдельно, так и в качестве подготовительного этапа тренинга ОФ.

Литература

1. *Базанова О.М.* Индивидуальные характеристики альфа-активности электроэнцефалограммы и сенсомоторная интеграция: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2009.
2. *Гребнева О.Л., Джафарова О.А., Мажирова К.Г. и др.* Оптимальное функционирование (High performance) в парадигме биоуправления // Тр. конф. «Профессиональное долголетие и качество жизни. АСВОМЕД-2007», ЦВКС «Архангельское», МО РФ, 24—26 сентября 2007, С. 68—69.
3. *Гувакова И.В., Джафарова О.А., Кузнецова Л.А. и др.* Психофизиологическое стресс-тестирование спортсменов средствами компьютерного биоуправления // Тр. междунар. науч.-практ. конф., 3—5 июня 2008 г. ИПО ПИ ЮФУ. Ростов-н/Д, 2008. С. 240—242.
4. *Ильин Е.П.* Психофизиология состояний человека. СПб.: ИД «Питер», 2005.
5. *Мажирова К.Г., Первушина О.Н., Джафарова О.А.* Индивидуальные механизмы саморегуляции: их мобилизация и прогнозирование в условиях, характеризующихся высокой степенью неопределенности // Вестн. ТГУ. 2008. № 310. С. 169—173.
6. *Мажирова К.Г., Первушина О.Н., Джафарова О.А.* Исследование взаимосвязи личностных особенностей человека и выбора стратегии поведения в ситуации неопределенности // Вестн. НГУ. Сер. «Психология». 2007. Т. 1, вып. 2. С. 48—53.
7. *Lubar J.O., Lubar J.F.* Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting. Biofeedback and Self-Regulation. 1984. № 9.
8. *Monastra V.J., Lubar J.F., Linden M.* Использование количественной электроэнцефалографии для диагностики синдрома дефицита внимания: оценка достоверности метода // Биоуправление-4: Теория и практика. Новосибирск: НИИ молекулярной биологии и биофизики, 2002.
9. *Thompson M., Thompson L.* The neurofeedback Book: An Introduction to Basic Concepts in Applied Psychophysiology. Wheat Ridge, Co: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2003.

Поступила в редакцию 08.12.2009 г.

Утверждена к печати 22.12.2009 г.

Сведения об авторах

Д.И. Тишакин — младший научный сотрудник лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (г. Новосибирск).

О.А. Джафарова — канд. физ.-мат. наук, доцент, руководитель лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (г. Новосибирск).

Тишакин Д.И., Джафарова О.А., Гребнева О.Л. Анализ психофизиологических реакций при стресс-тестировании курсантов...

О.Л. Гребнева — канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (г. Новосибирск).

Для корреспонденции

Тишакин Дмитрий Игоревич, тел. (383) 335-97-56, dmitro_tish@mail.ru