



ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ КУРСАНТОВ ВОЕННО-МОРСКОГО ИНСТИТУТА С ОПЫТОМ ДОВУЗОВСКОЙ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ

ПЕТРЕНКО М.И.

*Военный учебно-научный центр Военно-морского флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» (ВУНЦ ВМФ «ВМА имени Н.Г. Кузнецова»), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6707-9372>, e-mail: ppobvmi@mail.ru*

Целью настоящего исследования является изучение психофизиологических характеристик когнитивных функций и их электрофизиологических коррелятов на выборке курсантов первого курса с опытом довузовской военной подготовки и с разным уровнем адаптированности к условиям обучения в военных вузах. Исследование было проведено с участием курсантов первого курса Военного института (военно-морского) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», являющихся выпускниками суворовских училищ ($n=44$), средний возраст $18\pm 0,7$ лет. Анализ показателей с помощью интегральной оценки эффективности когнитивных функций и их электрофизиологических коррелятов позволил разделить всю выборку испытуемых на 3 группы. Установлено, что обследуемые, отличающиеся высоким уровнем развития рабочей памяти, способности к решению пространственных и арифметических задач, сбалансированностью нервных процессов возбуждения и торможения, характеризуются средними значениями частоты сердечных сокращений и вариабельности сердечного ритма, а также низкими значениями относительной спектральной мощности модуляций сердечного ритма в диапазоне низких частот. При решении сенсомоторных задач, направленных на оценку восприятия изменений пространственно-временных событий, у этой группы обследуемых, в сравнении с другими исследуемыми группами, отмечались более высокие значения относительной мощности в диапазоне дельта-2-ритма в правом центральном отведении.

Ключевые слова: когнитивные функции, адаптация, вариабельность сердечного ритма, электрокардиография, электроэнцефалография, уровень десинхронизации ЭЭГ, активность сенсомоторной коры.

Для цитаты: Петренко М.И. Психофизиологические характеристики когнитивных функций курсантов военно-морского института с опытом довузовской военной подготовки // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 2. С. 183—197. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140213>

PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COGNITIVE FUNCTIONS AT CADETS OF THE NAVAL INSTITUTE WITH MILITARY TRAINING EXPERIENCE

MAXIM I. PETRENKO

*N.G. Kuznetsov Naval Academy, Saint Petersburg, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6707-9372>, e-mail: ppobvmi@mail.ru*



The aim of our research is to studying the psychophysiological characteristics of the cognitive functions and their electrophysiological manifestations at cadets of the first course with military-training experience with different levels of adaptation to training. The object was first-year cadets of the Military Institute (Naval) of N.G. Kuznetsov Naval Academy which graduated from Suvorov Military High Schools ($n=44$). The mean of ages is $18\pm 0,7$ years. All cadets were divided into 3 groups with the help of integrated assessment of the effectiveness of cognitive functions and their electrophysiological manifestations. Cadets with a high level of development of working memory, ability to solve of spatial orientation and arithmetic problems, balance of nervous processes of excitation and inhibition, were characterized by an average of heart rate and an average of heart rate variability, low values of the relative spectral power of heart rate modulations in the low frequency range. The cadets of this group had a high relative power in the range of delta-2 rhythm of EEG in the right central lead when solving sensorimotor tasks in comparison with other groups.

Keywords: cognitive functions, adaptation, heart rate variability, electrocardiography, electroencephalography, EEG desynchronization, activation of the sensorimotor cortex.

For citation: Petrenko M.I. Psychophysiological Characteristics of Cognitive Functions at Cadets of the Naval Institute with Military-training Experience. *Ekspierimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 2, pp. 183–197. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140213> (In Russ.).

Введение

Анализ имеющихся в литературе работ показал, что число исследований, посвященных комплексному изучению взаимосвязей между военно-профессиональной адаптацией (ВПА), личностными особенностями, когнитивными функциями, их центральными электрофизиологическими проявлениями и автономными регуляторными механизмами сердечной деятельности, отражающимися, в том числе, и в вариабельности сердечного ритма (ВСР), весьма ограничено [2; 5; 6; 11; 12; 14; 21; 33]. Отметим, что под ВПА в данной работе понимается приспособление курсантов к условиям обучения в военном вузе по программам высшего образования, а также к несению военной службы с целью выполнения задач в соответствии с военно-учетной специальностью, в том числе в субэкстремальных и экстремальных условиях боевых действий.

В наших предыдущих работах было показано, что курсанты с высоким уровнем ВПА, не имеющие опыта довузовской военной подготовки, обладали более высоким уровнем физического развития, внимания и мышления. Так, были отмечены: выраженная активация сенсомоторной коры правого полушария головного мозга, высокие значения общей спектральной мощности модуляций сердечного ритма и относительной мощности в диапазоне высоких частот (HF), а также умеренный уровень сосудистого тонуса и высокая эластичность периферических артерий [10]. В этой группе курсантов обнаруживались самые многочисленные корреляционные связи между активностью сенсомоторной коры и вариабельностью сердечного ритма, причем между уровнем активности сенсомоторной коры правого полушария и относительной мощностью модуляций сердечного ритма в диапазоне высоких частот (HF) были установлены положительные связи [9].

Результаты наших исследований подтверждаются работами других авторов, в которых показано, что сердечная деятельность связана с активностью лобной коры головного мозга и может быть включена в систему регуляции скорости сенсомоторных реакций, восприятия, памяти, познавательной активности за счет имеющихся морфофункциональных связей [16; 18; 23; 24; 26; 31; 32].



Поэтому целью настоящего исследования стало изучение психофизиологических характеристик когнитивных функций и их электрофизиологических коррелятов на выборке курсантов первого курса с опытом довузовской военной подготовки и с разным уровнем адаптированности к условиям обучения в военных вузах. Кроме того, в анализ также были включены показатели биоэлектрической активности коры головного мозга и ВСП с точки зрения определения характера и динамики взаимосвязи между данными параметрами в процессе когнитивной деятельности.

Задачи исследования:

1. Определение электрофизиологических коррелятов когнитивных функций у курсантов с высоким, средним и низким уровнем когнитивного функционирования и адаптации к условиям обучения в военном вузе;
2. Определение характера и динамики взаимосвязи между биоэлектрической активностью коры головного мозга и ВСП.

Материалы и методы

Объект исследования — курсанты первого курса Военного института (военно-морского) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» выпускники суворовских училищ ($n=44$), средний возраст — $18\pm 0,7$ лет. Все испытуемые были праворукими. Настоящее исследование проводилось в несколько этапов и является продолжением работы по комплексному изучению когнитивных функций и их роли в военно-профессиональной адаптации [8].

На первом этапе (август 2017 г. и 2018 г.) с целью оценки уровня адаптированности к обучению было проведено исследование личностных особенностей и особенностей когнитивного функционирования с применением следующих методов и методик: модифицированный индивидуально-типологический опросник; многоуровневый личностный опросник «Адаптивность»; личностный профиль по Айзенку; маркеры Большой пятерки; опросник военно-профессиональной мотивации; опросник жизнестойкости С. Мадди; опросник доминирующих психических состояний, по Л. Куликову; модифицированный вариант теста включенных фигур Дж. Виткина; тесты «Аналогии», «Числовые ряды», «Память на фигуры», «Узоры», «Арифметический счет», «Установление закономерностей», «Силлогизмы», «Исключение слова».

На втором этапе (сентябрь 2017 г. и 2018 г.) с этими же целями были использованы такие методики, как продвинутые прогрессивные матрицы Дж. Равена; 5 субтестов методики изучения особенностей мышления; тесты для оценки отдельных мыслительных операций — «Узоры» и «Кубы», «Кольца Ландольта», «Перепутанные линии», «Полезависимость»; тесты для оценки свойств памяти — «Вербальная память».

На третьем этапе в начале и конце 2017/2018 и 2018/2019 учебного года были проведены диагностика индивидуально-личностных характеристик с применением референтометрических методов и параметрическая социометрия, а также были проанализированы показатели частоты обращения курсантов за медицинской помощью в течение учебного года.

На четвертом этапе (в течение 2017/2018 и 2018/2019 учебного года) с каждым испытуемым проводилась беседа о целях и содержании предстоящего электрофизиологического обследования, было получено добровольное согласие на его проведение. В беседу были также включены вопросы о самочувствии, качестве сна, определялись противопоказа-



зания к прохождению обследования по причине заболеваний. Оценивалось текущее нервно-психическое состояние с помощью цветового теста М. Люшера (анализировались два показателя — вегетативный коэффициент и суммарное отклонение от аутогенной нормы). Длительность данного подготовительного периода составляла в среднем 30–35 мин.

Далее следовало собственно электрофизиологическое исследование, которое также проводилось индивидуально с каждым испытуемым в одно и то же время суток однократно (\approx в 15.00 часов). Для регистрации сердечного ритма и ЭЭГ использовался комплекс объективного психологического анализа и тестирования «Реакор» (НПКФ Медиком МТД, г. Таганрог; частота дискретизации — 250 Гц). Сердечный ритм оценивался на основе электрокардиограммы (ЭКГ). Парные электроды для записи ЭКГ располагались на запястье левой руки и нижней трети шеи слева и спереди от грудинно-ключично-сосцевидной мышцы. Регистрировались статистические и спектральные характеристики ЭКГ: математическое ожидание мгновенной ЧСС — МОЧСС (уд/мин) $МОЧСС=60000/RRNN$, где RRNN — продолжительность последовательных RR-интервалов, амплитуда моды — AMo (%), стандартное отклонение RR-интервалов — SD, среднеквадратическое различие смежных RR-интервалов — RMSSD (мс), вариационный размах — BP (с), относительная спектральная мощность в частотных диапазонах: высокой частоты (0,40–0,15 Гц) — HF (%), низкой частоты (0,15–0,04 Гц) — LF (%), очень низкой частоты (0,04–0,0033 Гц) — VLF (%), коэффициент вагосимпатического баланса — LF/HF (y.e.).

ЭЭГ регистрировалась в левом и правом центральных отведениях (C3 и C4), расположенных по стандартной системе 10–20 в симметричных точках правого и левого полушария. Референтные электроды (A1, A2) располагались в области сосцевидных отростков. Величина подэлектродного сопротивления не превышала 10 кОм. Оценка уровня биоэлектрической активности сенсомоторной коры головного мозга проводилась по уровню десинхронизации ЭЭГ по каждому отведению [4]. Вначале определялись относительные значения мощностей (ОЗМ) по основным зонам спектра ЭЭГ в каждом из отведений (%), далее выполнялась z-стандартизация показателей ОЗМ. Уровни десинхронизации ЭЭГ в каждом из отведений определялись в соответствии со шкалой от 1 до 6 баллов. Уровень десинхронизации в 1 балл соответствовал преобладанию стандартизованного значения мощности ЭЭГ в дельта-1-диапазоне (0,50–2,0 Гц), 2 балла соответствовали дельта-2-диапазону (2,0–4,0 Гц), 3 балла — тета-диапазону (4,0–8,0 Гц), 4 балла — альфа-диапазону (8,0–13,0 Гц), 5 баллов — бета-1-диапазону (13,0–24,0 Гц), 6 баллов — частотной полосе бета-2 (24,0–35,0 Гц.). Таким образом, нами был применен интегральный подход к оценке суммарного уровня биоэлектрической активности мозга, основанный на определении уровня десинхронизации ЭЭГ и успешно использовавшийся нами и в предыдущих исследованиях [7–10; 29].

На электроэнцефалограмме были выявлены и вручную удалены выраженные глазо-двигательные и мышечные артефакты, единичные спайки и острые волны. Для подавления оставшихся электрокардиографических, миографических и окулографических артефактов при выполнении когнитивных задач использовались такие функции программного обеспечения, как сглаживание и интерполяция выбросов и ошибочных данных. В ходе исследования электрофизиологических коррелятов когнитивных функций селективного внимания, рабочей памяти, пространственной ориентации, мышления обследуемые находились в положении сидя. Проведено восемь серий функциональных проб: 1) в состоянии покоя с закрытыми глазами; 2) в состоянии покоя с открытыми глазами; 3) в ходе выполнения теста «Красно-черные таблицы Шульте—Платонова» (7x7 ячеек); 4) в



ходе выполнения теста «Часы с поворотом»; 5) в ходе выполнения теста РДО (реакция на движущийся объект); 6) при предъявлении задачи «устный счет при закрытых глазах»; 7) в состоянии покоя с открытыми глазами после когнитивных функциональных проб (КФП); 8) в состоянии покоя с закрытыми глазами после КФП. Время регистрации электрофизиологических параметров в каждой серии — 5 мин. Общее время тестирования составляло в среднем один час.

Распределение обследуемых по группам производилось на основании анализа их показателей с помощью автоматизированных нейронных сетей Кохонена с предшествующим преобразованием всех психологических, психофизиологических и электрофизиологических параметров в z-баллы. Сети Кохонена относятся к самоорганизующимся нейронным сетям, позволяющим выявлять кластеры (группы) входных векторов, которые обладают общими свойствами. Использована однослойная сеть, построенная из трех нейронов типа WTA (Winner Takes All — победитель получает все), в которой происходит обучение с помощью механизмов конкуренции и «без учителя». В результате проведенного анализа были выделены 3 группы обследуемых: первая группа — 16 человек, вторая группа — 16 человек, третья группа — 12 человек; сравнительный анализ полученных для каждой группы данных позволил в дальнейшем установить отличия между психофизиологическими параметрами, а также выявить наиболее существенные связи между параметрами ВСП и уровнями десинхронизации ЭЭГ.

Статистический анализ проводился с помощью расчета среднего значения и среднеквадратического отклонения. Нормальность распределения определялась с помощью следующих критериев: асимметрия, эксцесс, критерий Колмогорова—Смирнова—Лиллифорса. Определение статистической достоверности межгрупповых отличий между психофизиологическими параметрами в разных сериях исследования проводилось с помощью однофакторного дисперсионного анализа с последующим апостериорным множественным сравнением (post-hoc) и поправкой на множественность сравнений по методу Бонферрони. Исследование взаимосвязей между параметрами по всем сериям исследования и по всей выборке проводилось с помощью эксплораторного факторного анализа методом главных компонент.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате сравнительного анализа были выявлены достоверные различия по психофизиологическим параметрам между группами обследуемых, однако по психологическим методикам достоверные межгрупповые различия отмечались лишь по шкале теста «Память на фигуры». Так, показатели эффективности выполнения теста «Память на фигуры» (баллы) были выше во 2-й ($73,21 \pm 11,71$), чем в 3-й ($55,06 \pm 16,43$; $F=4,1$; $p=0,024$) подгруппе. Успешность выполнения данного теста у обследуемых 1-й подгруппы составила $66,38 \pm 20,61$ балла, что свидетельствует о среднем уровне развития кратковременной памяти у обследуемых данной группы. Можно заключить, что курсанты 2-й подгруппы обладают более высоким уровнем развития кратковременной памяти.

Результаты анализа показателей выполнения КФП с одновременной регистрацией электрофизиологических показателей указывают на большее количество правильных ответов в тесте «Часы с поворотом» у обследуемых 2-й подгруппы по сравнению с обследуемыми 3-й подгруппы, причем обследуемые 2-й подгруппы потратили на решение одного задания меньше времени, чем обследуемые 3-й подгруппы (табл. 1).



Таблица 1

Результаты когнитивных функциональных проб у курсантов трех подгрупп

Индекс/ № под- группы	Часы с поворотом			Реакция на движущийся объект		Устный счет
	Количество правильных ответов, шт	Среднее время решения одного задания, с	Качество работы, %	Количество запаздывающих реакций, %	КРДО, у.е.	Количество ошибочных ответов, шт
1 (n=16)	21,69±7,18	20,15±5,74	51,64±17,10	56,92±9,63 (1-3)	1,60±0,66 (1-3)	4,81±2,83 (1-3)
2 (n=16)	26,69±6,52	16,44±3,62	63,54±15,52	64,85±11,87	2,73±2,41	3,69±1,82
3 (n=12)	19,50±7,19 (3-2)	21,41±4,64 (3-2)	46,43±17,12 (3-2)	69,77±15,38	4,58±5,03	2,42±2,19
F/p	(F=4,1; p=0,025)	(F=4,3; p=0,020)	(F=4,1; p=0,025)	(F=4,0; p=0,026)	(F=3,4; p=0,044)	(F=3,6; p=0,035)

Примечание: 1-3 – достоверные различия между первой и третьей группой; 2-1 – достоверные различия между второй и первой группой; 3-2 – достоверные различия между третьей и второй группой; F – критерий Фишера; p – уровень статистической значимости.

Можно заключить, что курсанты 2-й подгруппы выполняли когнитивные задачи на пространственную ориентацию наиболее успешно. Подтверждением этого служит максимальное значение интегрального показателя качества выполнения этих задач, также зарегистрированного в этой подгруппе. Напротив, минимальные значения этого показателя обнаруживались в 3-й подгруппе, что отражает сниженную способность оперировать пространственными представлениями у этой группы курсантов.

Согласно данным когнитивных исследований, пространственная ориентация обеспечивается активной работой гиппокампальной формации, которая участвует в создании когнитивных карт, в процессах консолидации следов памяти, а также в поддержании высокого уровня внимания и мотивации [27]. Можно предположить, что обследуемые 2-й подгруппы обладают не только более высоким уровнем развития кратковременной памяти и пространственной ориентации, показанных в нашем исследовании, но и более высоким уровнем внимания и мотивации.

Подтверждением данного факта также служат результаты исследований, проведенных нами ранее. Так, выпускники нахимовских училищ по сравнению с курсантами без опыта довузовской военной подготовки имеют более выраженную военно-профессиональную мотивацию, обладают более высоким социометрическим статусом, характеризуются более высокими уровнями экстраверсии, агрессивности и подавленности [8].

Показано, что запаздывающих реакций в КФП «РДО» было достоверно больше в 3-й подгруппе, чем в 1-й. Коэффициент РДО (КРДО) принимал минимальные значения в 1-й подгруппе, а максимальные значения – в 3-й. Выявленные отличия указывают на преобладание нервных процессов торможения у обследуемых 3-й подгруппы. Обследуемые 1-й подгруппы, напротив, характеризуются наличием в ЦНС превалирующих процессов возбуждения. У обследуемых 2-й подгруппы отмечался средний уровень КРДО, что свидетельствует о сбалансированности процессов торможения и возбуждения. Установлено, что сбалансированность нервных процессов торможения и возбуждения является физиологическим основанием для эффективного решения когнитивных задач с высокой точностью и длительного сохранения умственной работоспособности [15].



Результаты анализа показателей выполнения КФП «Устный счет» указывают на меньшее количество ошибочных ответов у обследуемых 3-й подгруппы по сравнению с обследуемыми 1-й подгруппы, которые допускали самое большое число ошибок при решении арифметических задач. Отметим, что реже ошибающиеся обследуемые 3-й подгруппы выполнили наименьшее количество заданий ($23,75 \pm 3,47$), в отличие от обследуемых 1-й ($24,13 \pm 5,21$) подгруппы и в особенности от обследуемых 2-й ($25,63 \pm 3,79$) подгруппы, в которой было выполнено максимальное количество заданий. Можно предположить, что именно курсанты 2-й подгруппы имеют наиболее выраженные способности к решению арифметических задач.

Межгрупповых отличий по показателям уровней десинхронизации ЭЭГ обнаружено не было. Однако анализ различий по относительным мощностям основных зон спектра ЭЭГ показал, что при выполнении КФП «РДО» в правом центральном отведении ОЗМ дельта-2-ритма была выше во 2-й подгруппе, чем в 1-й, и составляла $5,61 \pm 1,38$ и $4,20 \pm 1,44$ ($F=3,4$; $p=0,043$) соответственно. В 3-й подгруппе ОЗМ этого низкочастотного диапазона составила $4,93 \pm 1,83\%$. Вероятно, более низкая мощность дельта-2-ритма сопровождается уменьшением числа запаздывающих реакций и возрастанием качества выполнения теста РДО у обследуемых 1-й подгруппы. Согласно научным данным, уменьшение мощности дельта-ритма отражает повышение коркового тонуса и активацию коры головного мозга, что, в нашем случае, выражается в увеличении эффективности выполнения теста РДО [3].

Обнаружены многочисленные достоверные различия между обследуемыми выделенных подгрупп по статистическим параметрам ВСР.

Так, МОЧСС достигала максимальных значений у обследуемых 1-й подгруппы, по сравнению с обследуемыми 2-й и 3-й подгрупп (табл. 2).

Таблица 2

Статистические характеристики ВСР у курсантов трех групп в разных функциональных пробах

Индекс/ № под- группы	МОЧСС, уд/мин	АМо, %	SD, мс	RMSSD, мс	BP, с
<i>Фон в состоянии покоя с закрытыми глазами</i>					
1 (n=16)	$77,88 \pm 11,58$ (1-3)	$54,44 \pm 11,57$ (1-3)	$35,56 \pm 8,94$ (1-3)	$26,94 \pm 9,52$ (1-3)	$0,22 \pm 0,05$ (1-3)
2 (n=16)	$65,31 \pm 7,88$ (2-1)	$28,88 \pm 6,95$ (2-1)	$78,44 \pm 27,18$ (2-1)	$71,69 \pm 38,99$ (2-1)	$0,41 \pm 0,12$ (2-1)
3 (n=12)	$62,75 \pm 9,56$	$28,17 \pm 9,69$	$83,67 \pm 27,65$	$70,00 \pm 29,10$	$0,47 \pm 0,15$
F/p	($F=10,1$; $p=0,0001$)	($F=37,1$; $p=0,0001$)	($F=20,7$; $p=0,0001$)	($F=12,1$; $p=0,0001$)	($F=22,3$; $p=0,0001$)
<i>ФП в состоянии покоя с открытыми глазами</i>					
1 (n=16)	$77,69 \pm 11,07$ (1-3)	$50,63 \pm 12,07$ (1-3)	$37,25 \pm 13,25$ (1-3)	$27,31 \pm 9,65$ (1-3)	$0,23 \pm 0,12$ (1-3)
2 (n=16)	$66,06 \pm 7,17$ (2-1)	$30,75 \pm 8,71$ (2-1)	$74,56 \pm 34,56$ (2-1)	$68,50 \pm 37,71$ (2-1)	$0,40 \pm 0,13$ (2-1)
3 (n=12)	$63,42 \pm 10,20$	$26,50 \pm 4,42$	$84,75 \pm 24,77$	$64,08 \pm 25,50$	$0,46 \pm 0,12$
F/p	($F=9,3$; $p=0,0001$)	($F=28,5$; $p=0,0001$)	($F=13,8$; $p=0,0001$)	($F=10,9$; $p=0,0001$)	($F=13,3$; $p=0,0001$)
<i>Красно-черные таблицы Шульте – Платонова</i>					



Индекс/ № под- группы	МОЧСС, уд/мин	АМо, %	SD, мс	RMSSD, мс	BP, с
1 (n=16)	###	48,94±15,81 (1-3)	39,56±17,72 (1-3)	29,19±14,46 (1-3)	0,22±0,10 (1-3)
2 (n=16)		35,25±10,45 (2-1)	66,50±33,82	60,00±43,86	0,34±0,13
3 (n=12)		27,83±10,46	101,33±53,39 (3-2)	103,08±69,21	0,45±0,19
F/p		(F=10,2; p=0,0001)	(F=10,1; p=0,0001)	(F=9,1; p=0,001)	(F=9,0; p=0,001)
<i>Часы с поворотом</i>					
1 (n=16)	79,69±11,65 (1-3)	42,88±10,62 (1-3)	46,19±13,78 (1-3)	30,00±12,62 (1-3)	0,31±0,11 (1-3)
2 (n=16)	69,31±8,21 (2-1)	26,88±7,73 (2-1)	82,19±34,25 (2-1)	66,44±45,31	0,46±0,13 (2-1)
3 (n=12)	67,17±14,36	24,58±8,15	103,33±47,22	97,00±65,41	0,60±0,17 (3-2)
F/p	(F=5,1; p=0,010)	(F=18,4; p=0,0001)	(F=10,8; p=0,0001)	(F=8,0; p=0,001)	(F=17,0; p=0,0001)
<i>Реакция на движущийся объект</i>					
1 (n=16)	###	50,63±10,44 (1-3)	39,94±16,50 (1-3)	36,25±18,18 (1-3)	0,26±0,14 (1-3)
2 (n=16)		32,00±7,88 (2-1)	70,94±32,25 (2-1)	71,88±36,78	0,40±0,14 (2-1)
3 (n=12)		29,50±9,68	86,67±46,29	96,42±69,92	0,49±0,17
F/p		(F=22,8; p=0,0001)	(F=7,7; p=0,001)	(F=6,7; p=0,003)	(F=8,7; p=0,001)
<i>Устный счет при закрытых глазах</i>					
1 (n=16)	79,56±10,48 (1-3)	43,94±10,76 (1-3)	45,81±14,15 (1-3)	28,75±9,50 (1-3)	0,27±0,09 (1-3)
2 (n=16)	70,44±8,26	28,19±7,79 (2-1)	82,38±35,18 (2-1)	62,69±36,18	0,44±0,11 (2-1)
3 (n=12)	68,50±13,41	25,83±8,83	102,58±56,85	86,00±62,79	0,49±0,21
F/p	(F=4,6; p=0,016)	(F=16,9; p=0,0001)	(F=8,5; p=0,001)	(F=7,4; p=0,002)	(F=9,7; p=0,0001)
<i>ФП с открытыми глазами после КФП</i>					
1 (n=16)	75,06±10,58 (1-3)	42,63±11,86 (1-3)	51,31±13,59 (1-3)	32,38±10,35 (1-3)	0,32±0,08 (1-3)
2 (n=16)	65,38±6,26 (2-1)	26,63±6,11 (2-1)	90,19±37,25 (2-1)	66,00±29,83 (2-1)	0,47±0,12 (2-1)
3 (n=12)	60,92±8,44	22,75±4,18	103,00±34,57	73,33±18,81	0,55±0,15
F/p	(F=10,1; p=0,0001)	(F=23,5; p=0,0001)	(F=11,8; p=0,0001)	(F=15,4; p=0,0001)	(F=14,7; p=0,0001)
<i>ФП с закрытыми глазами после КФП</i>					
1 (n=16)	75,00±10,65 (1-3)	44,94±9,30 (1-3)	43,63±10,41 (1-3)	30,75±10,80 (1-3)	0,27±0,07 (1-3)
2 (n=16)	62,81±6,40 (2-1)	29,00±6,02 (2-1)	87,69±32,50 (2-1)	71,56±27,01 (2-1)	0,49±0,14 (2-1)
3 (n=12)	60,17±7,36	26,17±5,39	93,42±34,38	73,75±25,32	0,49±0,14
F/p	(F=13,1; p=0,0001)	(F=28,9; p=0,0001)	(F=15,0; p=0,0001)	(F=18,5; p=0,0001)	(F=18,2; p=0,0001)

Примечание: 1-3 – достоверные различия между первой и третьей группой; 2-1 – достоверные различия между второй и первой группой; 3-2 – достоверные различия между третьей и второй группой; F – критерий Фишера; p – уровень статистической значимости; ### – отсутствие достоверных различий.



Минимальные значения МОЧСС отмечались у обследуемых 3-й подгруппы. Отметим, что значимые статистические различия между показателями обследуемых 1-й и 3-й подгрупп наблюдались в ходе ФП до и после КФП, а также при выполнении КФП «Часы с поворотом» и «Устный счет». Достоверные различия по этому же показателю между обследуемыми 1-й и 2-й подгрупп установлены при выполнении ФП до и после КФП, а также в серии «Часы с поворотом».

Результаты многочисленных исследований указывают на тот факт, что увеличение ЧСС, как правило, наблюдается при выполнении более сложных когнитивных заданий, требующих более высокого уровня развития когнитивных функций [17]. Возможно, что обследуемым 1-й подгруппы КФП «Часы с поворотом» и «Устный счет» представлялись наиболее сложными, о чем свидетельствовала вербальная субъективная оценка, данная ими в конце тестирования.

Значения амплитуды моды различались между 1-й и 2-й, а также между 1-й и 3-й подгруппами во всех ФП и КФП, причем максимальные значения амплитуды моды отмечались в 1-й подгруппе, а минимальные — в 3-й.

Показатели SD и RMSSD достоверно различались между 1-й и 3-й подгруппой во всех ФП и КФП, причем оба показателя больше в 3-й подгруппе, чем в 1-й. Статистически значимо отличались SD и RMSSD между 1-й и 2-й подгруппами в ФП до и после КФП, при этом эти показатели ниже в 1-й подгруппе, чем во 2-й. Различия по показателю SD регистрировались между 1-й и 2-й подгруппами в сериях «Часы с поворотом», «РДО», «Устный счет». В этом случае значения SD во 2-й подгруппе были выше, чем в 1-й.

Таким образом, в 1-й подгруппе отмечалась низкая ВСР, наиболее высокая ВСР наблюдалась в 3-й подгруппе, во 2-й подгруппе ВСР имела средний уровень выраженности. Эти выводы подтверждаются и межгрупповыми различиями по показателям ВР.

Наши результаты полностью согласуются с данными исследований, в которых показано, что относительно высокая ВСР характерна для индивидов с достаточно высокими показателями когнитивных способностей и адаптации (в нашем исследовании такие высокие показатели зарегистрированы у курсантов 2-й подгруппы) [20]. А также подтверждаются исследованиями, свидетельствующими об увеличении значений временных характеристик ВСР — SDNN и RMSSD с одновременным уменьшением QTVI (QT — variability index), коррелирующих с результативностью выполнения психофизиологических проб (теппинг-теста и др.) и сокращением времени психомоторных реакций [30].

У обследуемых 1-й подгруппы был выделен самый низкий уровень ВСР (с минимальными индексами SD и RMSSD). Известным является тот факт, что сниженные значения ВСР (SDNN и рNN 50%) связаны с уменьшением эффективности процессов рабочей памяти и внимания, а также с замедлением времени реакции в психомоторных тестах и снижением эффективности их выполнения [25; 28]. Также низкая ВСР может являться фактором риска развития сердечно-сосудистых патологий, когнитивных нарушений и нейродегенеративных заболеваний на поздних этапах онтогенеза [22].

Достоверные межгрупповые различия были получены в ходе решения когнитивных задач и по спектральным характеристикам ВСР.

В КФП «Часы с поворотом» показатель HF был ниже в 1-й подгруппе обследуемых ($18,30 \pm 6,53$), чем в 3-й подгруппе ($33,23 \pm 12,23$; $F=7,3$; $p=0,002$). Заметим, что во 2-й подгруппе индекс HF по величине занимал промежуточное положение ($25,98 \pm 11,68$) относительно значений этого показателя в 1-й и 3-й группах. Напротив, индекс VLF был выше в



1-й подгруппе ($36,80 \pm 12,46$) и принимал максимальные значения в сравнении с аналогичными значениями у обследуемых 3-й подгруппы ($26,23 \pm 7,30$; $F=3,6$; $p=0,036$). Индекс VLF во 2-й подгруппе также занимал промежуточное положение между минимальными и максимальными значениями этого индекса в остальных группах ($34,81 \pm 11,04$).

В научной литературе представлено множество работ, указывающих на связи параметра VLF с механизмами терморегуляции, физиологической адаптацией, энергодифицитными, иммунными, кислород-зависимыми процессами, эмоциональными психическими процессами и генетически детерминированными депрессивными состояниями, а также концентрацией катехоламинов и ренин-ангиотензина [13]. Таким образом, промежуточное по величине положение индекса VLF у обследуемых 2-й подгруппы может свидетельствовать об оптимальном уровне физиологической адаптации ССС (главным образом, сосудистого тонуса) к условиям исследования когнитивных функций.

В серии «РДО» индекс LF достоверно выше в 1-й подгруппе ($43,75 \pm 7,81$), чем во 2-й ($33,00 \pm 9,37$; $F=5,8$; $p=0,006$), причем значение этого показателя во 2-й подгруппе был наименьшим. Мощность низкочастотных колебаний зависит от влияния норадреналина на проводящую систему сердца и характеризует работу симпатического отдела ВНС [1]. Установлено, что повышение уровня тревожности, возрастание биохимических показателей крови (глюкозы) и уровня ее оксигенации, температуры тела, сочетаются с одновременным увеличением ЧСС, индекса LF и снижением параметра HF при моделировании боевых действий у военнослужащих [19]. Следовательно, показатель LF может также отражать уровень стрессоустойчивости. И тогда можно говорить о высокой стрессоустойчивости курсантов 2-й подгруппы, связанной не в последнюю очередь с низким уровнем активности симпатического отдела ВНС.

В КФП «Устный счет» самые низкие значения по показателю HF зарегистрированы в 1-й подгруппе ($16,38 \pm 4,93$; $F=7,1$; $p=0,002$), по сравнению как со 2-й ($27,06 \pm 9,02$), так и с 3-й подгруппами ($26,98 \pm 12,65$). При этом самый высокий индекс HF отмечался во 2-й подгруппе. Показатель HF отражает активность парасимпатического отдела ВНС [1; 6]. Можно предположить, что у курсантов 2-й подгруппы имеет место достаточный уровень вагусной активности, оптимизирующий функциональное состояния для успешного выполнения когнитивных задач. Данный вывод подтверждается и более низким в этой подгруппе индексом LF/HF ($1,79 \pm 0,63$), близким к нормативным значениям ($0,7-1,5$), в сравнении со значением этого показателя в 1-й подгруппе ($3,57 \pm 2,38$; $F=5,3$; $p=0,009$). Полученные в настоящем исследовании результаты полностью согласуются с данными исследования, проведенного с участием офицеров Королевского норвежского Военно-морского флота и показавшего, что офицеры с достаточно высокими значениями индекса HF решали когнитивные задачи с максимальной эффективностью и отличались высокой стрессоустойчивостью [21].

Эксплораторный факторный анализ позволил обнаружить и верифицировать структуру связей параметров ВСР с уровнями десинхронизации ЭЭГ по всем ФП во всей выборке. Определена трехфакторная модель изучаемых связей. Справедливость описываемой факторной модели связей изучаемых параметров продемонстрировали значения критерия Кайзера—Мейера—Олкина, равное 0,69, и значение статистической значимости критерия сферичности Бартлетта, равное 0,0001. Наиболее важным для рассмотрения являлся третий фактор. В него с максимальным весом вошли такие показатели, как: LF (-0,71), С3 (0,56), С4 (0,52). Анализ знаков весовых коэффициентов позволяет предположить, что чем выше активность сенсомоторной коры обоих полушарий, тем ниже относительная мощность модулирующий сердечного ритма в диапазоне низких частот. Данный вывод подтверждается результа-



тами ранее проведенных нами исследований с участием обследуемых того же возраста, но без опыта довузовской военной подготовки, а также согласуется с результатами исследований, в которых было показано ухудшение эффективности когнитивных функций при повышении индекса LF, отражающего повышение активности симпатического отдела ВНС [9; 19].

Выводы

1. Результаты анализа полученных у обследуемых первой подгруппы данных свидетельствуют о среднем уровне развития рабочей памяти и пространственной ориентации, низком уровне успешности решения арифметических задач, о характерном смещении баланса нервных процессов в сторону возбуждения. Кроме того, обследуемые данной подгруппы отличаются низкими значениями относительной мощности в дельта-2-диапазоне ЭЭГ в отведении С4, в проекции сенсомоторной коры правого полушария при решения задач РДО, высокой частотой сердечных сокращений, низкой ВСР, высокими значениями LF и низкими индексами HF. Таким образом, можно говорить о среднем уровне адаптированности к обучению у обследуемых данной подгруппы.

2. Вторая подгруппа обследуемых, отличающаяся высоким уровнем развития рабочей памяти, способности к решению пространственных и арифметических задач, сбалансированностью нервных процессов возбуждения и торможения, характеризуется высокими значениями относительной мощности в дельта-2-диапазоне ЭЭГ в правом центральном отведении при решении задач РДО, средним уровнем выраженности частоты сердечных сокращений и вариабельности сердечного ритма, а также низкими значениями LF. Обследуемые данной подгруппы обладают оптимальным набором психофизиологических характеристик, предоставляющих возможность максимально эффективно адаптироваться к условиям обучения в военном вузе.

3. Третья подгруппа обследуемых характеризуется низким уровнем развития рабочей памяти, пространственной ориентации и способности к выполнению арифметических действий, преобладанием нервных процессов торможения, отличается самой низкой частотой сердечных сокращений, высокой вариабельностью сердечного ритма и выраженными значениями HF. Обследуемые этой подгруппы имеют низкий уровень адаптированности к условиям обучения, могут испытывать трудности в освоении образовательных программ военного вуза из-за более низкого уровня развития когнитивных функций.

4. Обнаружены отрицательные связи между активностью сенсомоторной коры головного мозга и величиной относительной мощности модуляций сердечного ритма в диапазоне низких частот (LF), что, возможно, свидетельствует о том, что активация сенсомоторной коры головного мозга сопровождается снижением активности симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Полученные результаты могут быть использованы в области военной психофизиологии и профессионального психологического отбора для решения практических задач по прогнозированию эффективности процессов военно-профессиональной адаптации и освоения образовательных программ курсантами военных вузов Российской Федерации.

Литература

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.



2. Зайцев А.Г., Резванцев М.В., Тезза В.Ю. и др. Математическая модель прогноза успешности военно-профессиональной адаптации курсантов Военно-морской академии имени Н.Г. Кузнецова // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2018. № 1(61). С. 160–163.
3. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: руководство для врачей / М.: Медпресс-информ, 2013. 488с.
4. Мухин В.Н., Яковлев Н.М., Клименко В.М. Связь variability сердечного ритма с уровнем активации лобной коры // Российский физиологический журнал имени И.М. Сеченова. 2011. Том 97. № 11. С. 1281–1288.
5. Павлов К.И., Мухин В.Н., Сырцев А.В., Архимук А.Н., Сысоев В.Н., Петренко М.И. Электрофизиологическая оценка механизмов военно-профессиональной адаптации (обзор литературы) // Медицинский академический журнал. 2017. № 3. Том 17. С. 7–19.
6. Павлов К.И., Мухин В.Н., Сырцев А.В., Архимук А.Н., Сысоев В.Н., Петренко М.И. Variability сердечного ритма в изучении когнитивных функций и военно-профессиональной адаптации (обзор литературы) // Медицинский академический журнал. 2017. Том 17. № 4. С. 7–16.
7. Павлов К.И., Петренко М.И., Сырцев А.В. и др. Влияние довузовской военной подготовки на психофизиологические и кардиоваскулярные характеристики когнитивных функций // Медицинский академический журнал. 2019. Том 19. № 2. С. 43–52.
8. Павлов К.И., Петренко М.И., Сырцев А.В., Архимук А.Н., Михеева Е.А., Николаева С.В., Андиева Н.М., Михеев А.В., Копытова Ю.С., Хамитова Е.А. Влияние опыта довузовской военной подготовки на личностные особенности и когнитивные функции курсантов Военно-морского института // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019. № 4 (68). С. 91–94.
9. Павлов К.И., Сырцев А.В., Мухин В.Н., Архимук А.Н., Михеев А.В., Копытова Ю.С., Хамитова Е.А., Сысоев В.Н., Петренко М.И. Определение информативности электрофизиологических показателей для оценки военно-профессиональной адаптации курсантов военно-морского института // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Том 53. № 3. С. 57–66.
10. Павлов К.И., Сырцев А.В., Мухин В.Н., Архимук А.Н., Михеев А.В., Копытова Ю.С., Хамитова Е.А., Сысоев В.Н., Петренко М.И. Периферическая гемодинамика и вазорегуляция у курсантов в условиях военно-профессиональной адаптации // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Том 53. № 5. С. 39–48.
11. Рыбников В.Ю., Дубинский А.А., Булыгина В.Г. Индивидуально-психологические предикторы адаптации и дезадаптации специалистов экстремального профиля деятельности // Экология человека. 2017. № 3. С. 3–9.
12. Сысоев В.Н., Ганопольский В.П., Мясников А.А., Благинин А.А., Сильников М.В., Шабанов П.Д. Физиология военного труда: учеб. пособие / СПб.: Любавич, 2011. 456с.
13. Флейшман А.Н., Мартынов И.Д., Петровский С.А., Кораблина Т.В. Ортостатическая тахикардия: диагностическое и прогностическое значение Very low frequency variability ритма сердца // Бюллетень сибирской медицины. 2014. Том 13. № 4. С. 136–148.
14. Ятманов А.Н. Психологические особенности профессионально дезадаптированных курсантов // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2019. № 2(66). С. 92–96.
15. Яценко М.В., Кайгородова Н.З., Казин Э.М., Федоров А.И. ЭЭГ-корреляты влияния эндогенных и экзогенных факторов на умственную работоспособность студентов // Физиология человека. 2018. Том 44. № 6. С. 36–48.
16. Armour J.A., Ardell J.L. Peripheral autonomic neuronal interactions in cardiac regulation // Neurocardiology. editors. New York: Oxford University Press, 1994. P. 219–244.
17. Cacioppo J.T., Sandman C.A. Physiological Differentiation of Sensory and Cognitive Tasks as a Function of Warning, Processing Demands, and Reported Unpleasantness // Biol Psychol. 1978. Vol. 6. № 3. P. 181–192.
18. Critchley H.D., Corfield D.R., Chandler M.P., Mathias C.J., Dolan R.J. Cerebral correlates of autonomic cardiovascular arousal: a functional neuroimaging investigation in humans // J. Physiol. 2000. Vol. 523. № 1. P. 259–270.
19. Delgado-Moreno R., Robles-Pérez J.J., Clemente-Suárez V.J. Combat Stress Decreases Memory of Warfighters in Action // J Med Syst. 2017. Vol. 41. № 8. P. 124.
20. Ginty A.T., Phillips A.C., Geoff Der, Deary I.J., Carroll D. Cognitive Ability and Simple Reaction Time Predict Cardiac Reactivity in the West of Scotland Twenty-07 Study // Psychophysiology. 2011. Vol. 48. № 7. P. 1022–1027.



21. Hansen A.L., Johnsen B.H., Thayer J.F. Relationship Between Heart Rate Variability and Cognitive Function During Threat of Shock // *Anxiety Stress Coping*. 2009. Vol. 22. № 1. P. 77–89.
22. Hazzouri A.Z.A., Haan M.N., Deng Y., Neuhaus J., Yaffe K. Reduced Heart Rate Variability Is Associated With Worse Cognitive Performance in Elderly Mexican Americans // *Hypertension*. 2014. Vol. 63. № 1. P. 181–187.
23. Lacey B.C., Lacey J.I., Obrist P.A., Black A.H., Brener J., Dicara L.V. Studies of heart rate and other bodily processes in sensorimotor behavior.: Cardiovascular psychophysiology: current issues in response mechanisms, biofeedback, and methodology. Chicago: Aldine, 1974. P. 538–564.
24. Luft C.B., Takase E., Darby D. Heart Rate Variability and Cognitive Function: Effects of Physical Effort // *Biol Psychol*. 2009. Vol. 82. № 2. P. 164–168.
25. Mahinrad S., Jukema J.W., van Heemst D., Macfarlane P.W., Clark E.N., de Craen A.J., Sabayan B. 10-Second heart rate variability and cognitive function in old age // *Neurology*. 2016. Vol. 86. № 12. P. 1120–1127.
26. McCraty R., Shaffer F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk // *Glob Adv Health Med*. 2015. Vol. 4. № 1. P. 46–61.
27. Mukhin V.N., Pavlov K.I., Klimenko V.M. The Integrative Level of the Hierarchical Spatial Orientation System in Animals // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2017. Vol. 47. № 6. P. 675–680.
28. Muthukrishnan S.P., Gurja J.P., Sharma R. Does Heart Rate Variability Predict Human Cognitive Performance at Higher Memory Loads? // *Indian J. Physiol. Pharmacol*. 2017. Vol. 61. № 1. P. 14–22.
29. Pavlov K.I., Syrtsev A.V., Mukhin V.N., Archimuk A.N., Mikheeva E.A., Nikolaeva S.V., Andieva N.M., Kamenskaya V.G., Petrenko M.I. The effect of environmental factors on the cognitive functions of cadets at a Military Institute // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2019. Vol. 55. № 10. P. 1465–1487.
30. Stenfors C.U., Hanson L.M., Theorell T., Osika W.S. Executive Cognitive Functioning and Cardiovascular Autonomic Regulation in a Population-Based Sample of Working Adults // *Front. Psychol*. 2016. Vol. 7. P. 1536.
31. Thayer J.F., Hansen A.L., Saus-Rose E., Johnsen B.H. Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance: The Neurovisceral Integration Perspective on Self-Regulation, Adaptation, and Health // *Ann Behav Med*. 2009. Vol. 37. № 2. P. 141–153.
32. Wölk C., Velden M. Revision of the baroreceptor hypothesis on the basis of the new cardiac cycle effect // *Psychobiology: issues and applications*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1989. P. 371–379.
33. Zakharov A.V., Pastukhov V.V., Moroz M.P., Sulimo-Samuillo Z.K. The prognosis of the adaptational potentials in servicemen of different constitutional types // *Voen Med Zh*. 1991. № 6. P. 57–59.

References

1. Baevskij R.M., Ivanov G.G., CHirejkin L.V. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem [Analysis of heart rate variability when using various electrocardiographic systems (methodological recommendations)] *Vestnik aritmologii*, 2001, no. 24, pp. 65–87. (In Russ.).
2. Zaytsev A.G., Rezvantsev M.V., Tegza V.Yu. et al. Matematicheskaya model prognoza uspešnosti voenno-professionalnoy adaptatsii kursantov Voenno-morskoy akademii im. N.G. Kuznetsova [Mathematical model of forecast successfulness of N.G. Kuznetsov Naval Academy cadets' professional military adaptation] *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii*, 2018, no. 1 (61), pp. 160–163. (In Russ.).
3. Zenkov L.R., Ronkin M.A. Funktsional'naja diagnostika nervnykh boleznej: rukovodstvo dlja vrachej [Functional diagnostics of nervous diseases] M.: «Medpress-inform», 2013. 488p. (In Russ.).
4. Mukhin V.N., Jakovlev N.M., Klimenko V.M. Svjaz' variabel'nosti serdechnogo ritma s urovnem aktivatsii lobnoj kory [An association between heart rate variability and levels of frontal cortex activation] *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2011. Vol. 97, no. 11, pp. 1281–1288. (In Russ.).
5. Pavlov K.I., Muhin V.N., Syrtsev A.V., Arhimuk A.N., Syisoev V.N., Petrenko M.I. Elektrofiziologicheskaya otsenka mehanizmov voenno-professionalnoy adaptatsii [Electrophysiological evaluation of mechanisms of military-professional adaptation] *Meditsinskiy akademicheskij zhurnal*, 2017. Vol. 17, no. 3, pp. 7–19. (In Russ.).



6. Pavlov K.I., Mukhin V.N., Syrtsev A.V., Arkhimuk A.N., Sysoev V.N., Petrenko M.I. Variabel'nost' serdechnogo ritma v izuchenii kognitivnykh funktsij i voenno-professional'noj adaptatsii [Heart rate variability method in the study of cognitive functions and military occupational adaptation] *Meditinskij akademicheskij zhurnal*, 2017. Vol. 17, no. 4, pp. 7–16. (In Russ.).
7. Pavlov K.I., Petrenko M.I., Syrtsev A.V. et al. Vliyanie dovuzovskoy voennoy podgotovki na psihofiziologicheskie i kardiovaskulyarnye harakteristiki kognitivnykh funktsiy [The effect of military-training experience on psychophysiological and cardiovascular characteristics of cognitive functions] *Meditinskij akademicheskij zhurnal*, 2019. Vol. 19, no. 2, pp. 43–52. (In Russ.).
8. Pavlov K.I., Petrenko M.I., Syrtsev A.V., Arhimuk A.N., Miheeva E.A., Nikolaeva S.V., Andieva N.M., Miheev A.V., Kopyitova Yu.S., Hamitova E.A. Vliyanie opyta dovuzovskoy voennoy podgotovki na lichnostnyie osobennosti i kognitivnyie funktsii kursantov VoЕННО-мoрского института [The influence of military-training experience on personality characteristics and cognitive functions of cadets of Naval institute] *Vestnik Rossiyskoy Voенно-мeдitsинskoy akademii*, 2019, no. 4 (68), pp. 91–94. (In Russ.).
9. Pavlov K.I., Syrtsev A.V., Mukhin V.N., Arkhimuk A.N., Mikheev A.V., Kopyitova J.U.S., Khamitova E.A., Sysoev V.N., Petrenko M.I. Opredelenie informativnosti elektrofiziologicheskikh pokazatelej dlja otsenki voenno-professional'noj adaptatsii kursantov voenno-morskogo института [Analysis of informativity of electrophysiological data in context of rating military occupational adaptation of naval school students] *Aviakosmicheskaja i ekologicheskaja meditsina*, 2019. Vol. 53, no. 3, pp. 57–66. (In Russ.).
10. Pavlov K.I., Syrtsev A.V., Muhin V.N., Arhimuk A.N., Miheev A.V., Kopyitova Yu.S., Hamitova E.A., Sysoev V.N., Petrenko M.I. Perifericheskaya gemodinamika i vazoregulyatsiya u kursantov v usloviyah voenno-professionalnoy adaptatsii [Peripheral hemodynamics and vasoregulation in cadets during military occupational adaptation] *Aviakosmicheskaja i ekologicheskaja meditsina*, 2019. Vol. 53, no. 5, pp. 39–48. (In Russ.).
11. Rybnikov V.Yu., Dubinskij A.A., Bulyigina V.G. Individualno-psihologicheskie prediktory adaptatsii i dezadaptatsii spetsialistov ekstremalnogo profilya deyatelnosti [Individual psychological predictors of the adaptation and disadaptation among specialists of extreme profile] *Ekologiya cheloveka*, 2017, no. 3, pp. 3–9. (In Russ.).
12. Sysoev V.N., Ganapolskiy V.P., Myasnikov A.A., Blaginin A.A., Silnikov M.V., Shabanov P.D. *Fiziologiya voennogo truda: Uchebnoe posobie* [The physiology of military labor] SPb.: Lyubavich, 2011. 456 p. (In Russ.).
13. Flejshman A.N., Martynov I.D., Petrovskij S.A., Korablina T.V. Ortostaticeskaja takhikardija: diagnosticheskoe i prognosticheskoe znachenie Very low frequency variabel'nosti ritma serdtsa [Orthostatic tachycardia: diagnostic and prognostic value Very low frequency heart rate variability] *Bjulleten' sibirskoy meditsiny*, 2014. Vol. 13, no. 4, pp. 136–148. (In Russ.).
14. Yatmanov A.N. Psihologicheskie osobennosti professionalno dezadaptirovannykh kursantov [Psychological features of cadets with military professional maladjustment] *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii*, 2019. Vol. 2, no. 66, pp. 92–96. (In Russ.).
15. Yatsenko M.V., Kaygorodova N.Z., Kazin E.M., Fedorov A.I. EEG-korrelyatyi vliyaniya endogennykh i ekzogennykh faktorov na umstvennyuyu rabotosposobnost studentov [EEG correlation of the influence of endogenous and exogenous factors on mental work capacity in students] *Fiziologiya cheloveka*, 2018. Vol. 44, no. 6, pp. 36–48. (In Russ.).
16. Armour J.A., Ardell J.L. Peripheral autonomic neuronal interactions in cardiac regulation. *Neurocardiology*. editors. New York: Oxford University Press, 1994. pp. 219–244.
17. Cacioppo J.T., Sandman C.A. Physiological Differentiation of Sensory and Cognitive Tasks as a Function of Warning, Processing Demands, and Reported Unpleasantness. *Biol Psychol*, 1978. Vol. 6, no. 3, pp. 181–192.
18. Critchley H.D., Corfield D.R., Chandler M.P., Mathias C.J., Dolan R.J. Cerebral correlates of autonomic cardiovascular arousal: a functional neuroimaging investigation in humans. *J. Physiol*, 2000. Vol. 523, no. 1, pp. 259–270.
19. Delgado-Moreno R., Robles-Pérez J.J., Clemente-Suárez V.J. Combat Stress Decreases Memory of Warfighters in Action. *J Med Syst*, 2017. Vol. 41, no. 8, pp. 124.
20. Ginty A.T., Phillips A.C., Geoff Der, Deary I.J., Carroll D. Cognitive Ability and Simple Reaction Time Predict Cardiac Reactivity in the West of Scotland Twenty-07 Study. *Psychophysiology*, 2011. Vol. 48, no. 7, pp. 1022–1027.



21. Hansen A.L., Johnsen B.H., Thayer J.F. Relationship Between Heart Rate Variability and Cognitive Function During Threat of Shock. *Anxiety Stress Coping*, 2009. Vol. 22, no. 1, pp. 77–89.
22. Hazzouri A.Z.A., Haan M.N., Deng Y., Neuhaus J., Yaffe K. Reduced Heart Rate Variability Is Associated With Worse Cognitive Performance in Elderly Mexican Americans. *Hypertension*, 2014. Vol. 63, no. 1, pp. 181–187.
23. Lacey B.C., Lacey J.I., Obrist P.A., Black A.H., Brener J., Dicara L.V. Studies of heart rate and other bodily processes in sensorimotor behavior.: Cardiovascular psychophysiology: current issues in response mechanisms, biofeedback, and methodology. Chicago: Aldine, 1974. pp. 538–564.
24. Luft C.B., Takase E., Darby D. Heart Rate Variability and Cognitive Function: Effects of Physical Effort. *Biol Psychol*, 2009. Vol. 82, no.2, pp. 164–168.
25. Mahinrad S., Jukema J.W., van Heemst D., Macfarlane P.W., Clark E.N., de Craen A.J., Sabayan B. 10-Second heart rate variability and cognitive function in old age. *Neurology*, 2016. Vol. 86, no. 12, pp. 1120–1127.
26. McCraty R., Shaffer F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk. *Glob Adv Health Med*, 2015. Vol. 4, no. 1, pp. 46–61.
27. Mukhin V.N., Pavlov K.I., Klimenko V.M. The Integrative Level of the Hierarchical Spatial Orientation System in Animals. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 2017. Vol. 47, no. 6, pp. 675–680.
28. Muthukrishnan S.P., Gurja J.P., Sharma R. Does Heart Rate Variability Predict Human Cognitive Performance at Higher Memory Loads? *Indian J. Physiol. Pharmacol*, 2017. Vol. 61, no. 1, pp. 14–22.
29. Pavlov K.I., Syrtsev A.V., Mukhin V.N., Archimuk A.N., Mikheeva E.A., Nikolaeva S.V., Andieva N.M., Kamenskaya V.G., Petrenko M.I. The effect of environmental factors on the cognitive functions of cadets at a Military Institute. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2019. Vol. 55, no. 10, pp. 1465–1487.
30. Stenfors C.U., Hanson L.M., Theorell T., Osika W.S. Executive Cognitive Functioning and Cardiovascular Autonomic Regulation in a Population-Based Sample of Working Adults. *Front. Psychol*, 2016. Vol. 7, pp. 1536.
31. Thayer J.F., Hansen A.L., Saus-Rose E., Johnsen B.H. Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance: The Neurovisceral Integration Perspective on Self-Regulation, Adaptation, and Health. *Ann Behav Med*, 2009. Vol. 37, no. 2, pp. 141–153.
32. Wölk C., Velden M. Revision of the baroreceptor hypothesis on the basis of the new cardiac cycle effect. *Psychobiology: issues and applications*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V, 1989. pp. 371–379.
33. Zakharov A.V., Pastukhov V.V., Moroz M.P., Sulimo-Samullilo Z.K. The prognosis of the adaptational potentials in servicemen of different constitutional types. *Voen Med Zh.*, 1991, no 6, pp. 57–59.

Информация об авторах

Петренко Максим Иванович, подполковник медицинской службы, начальник научно-исследовательского отдела (профессионального психологического обеспечения), Военный учебно-научный центр Военно-морского флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» (ВУНЦ ВМФ «ВМА имени Н.Г. Кузнецова»), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6707-9372>, e-mail: ppobvmi@mail.ru

Information about the authors

Maxim I. Petrenko, Lieutenant Colonel of Medical Service, Head of the Department of Occupational Psychological Support, N.G. Kuznetsov Naval Academy, Saint Petersburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6707-9372>, e-mail: ppobvmi@mail.ru

Получена 30.09.2019

Received 30.09.2019

Принята в печать 01.06.2021

Accepted 01.06.2021