УДК: 612.821:355(470-992)
DOI: https://doi.org/10.17816/brmma84997
Научная статья

ВЗАИМОСВЯЗЬ КРЕАТИВНОСТИ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

И.М. Спивак[1], А.В. Лемещенко[1], П.В. Агафонов[1], Ю.Ш. Халимов[1], А.Н. Жекалов[1], С.В. Гайдук[1], Д.Л. Спивак[2]

[1] Военно-медицинская академия МО РФ, имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

[2] Институт мозга человека имени Н.П. Бехтеревой, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. Рассматривается взаимосвязь креативности и генетических факторов у военнослужащих, проходящих службу в условиях Арктического региона с особыми климатическими и географическими параметрами, своеобразной санитарной и эпидемиологической обстановкой, а также сложностью военного труда. Проведен линейный корреляционный анализ показателей креативности как одной из важнейших способностей личности, позволяющих своевременно реагировать и адаптироваться к изменяющимся условиям внешней социальной среды, и полиморфизма четырех генов, принимающих активное участие в процессе адаптации к условиям Арктики: гена рецептора серотонина 2А, гена ангиотензин-превращающего фермента 1, гена нейротрофического фактора, а также гена альфа-актинина-3. Установлено, что максимальный уровень вербальной и образной креативности наблюдается у носителей генотипа Val/Val гена нейротрофического фактора, а также генотипа RR гена альфа-актинина-3. Носители данных генотипов характеризуются высокой выработкой нейротрофинов, стимулирующих и поддерживающих развитие нейронов, что может определять устойчивость центральной нервной системы к неблагоприятным факторам внешней социальной среды. Помимо этого, высокий уровень экспрессии белка альфа-актинина-3, характерный для носителей генотипа RR гена альфа-актинина-3, способствует ускоренной регенерации скелетной мускулатуры, что может обуславливать более оптимальную адаптацию организма к суровым условиям Арктического региона, связанным с повышенной мышечной нагрузкой. При анализе гена ангиотензин-превращающего фермента наблюдаемые закономерности с уровнем креативности оказались менее четкими, хотя у военнослужащих с генотипом DD данного гена был отмечен минимальный уровень креативности. Характеристики креативности при генотипах II и ID гена ангиотензин-превращающего фермента оказались статистически неопределенными. Хорошая теснота корреляционной связи креативности с генотипом Val/Val гена нейротрофического фактора, а также генотипом RR гена альфа-актинина-3 может свидетельствовать о целесообразности включения в план обследования военнослужащих, планируемых к направлению в Арктический регион, определения уровня креативности. Это позволит оптимизировать процесс отбора военнослужащих к прохождению службы в Арктическом регионе и предупредить развитие дезадаптационных расстройств, исключив лиц с низким адаптационным потенциалом.

Ключевые слова: адаптация; альфа-актинин-3; арктический регион; ангиотензин-превращающий фермент; военнослужащие-мужчины; генетические маркеры; креативность; нейротрофический фактор; рецептор серотонина 2А.

Как цитировать:
Спивак И.М., Лемещенко А.В., Агафонов П.В., Халимов Ю.Ш., Жекалов А.Н., Гайдук С.В., Спивак Д.Л. Взаимосвязь креативности и генетических факторов у военнослужащих в условиях Арктического региона // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2021. Т. 23, № 4. С. 139–146. DOI: https://doi.org/10.17816/brmma84997

Рукопись получена: 02.11.2021 **Рукопись одобрена:** 28.11.2021 **Опубликована:** 25.12.2021

ЭКО • ВЕКТОР
Все права защищены
© Эко-Вектор, 2021

DOI: https://doi.org/10.17816/brmma84997
Scientific article

RELATIONSHIP OF CREATIVITY AND GENETIC FACTORS IN MILITARY SERVICES IN THE CONDITIONS OF THE ARCTIC REGION

I.M. Spivak[1], A.V. Lemeschenko[1], P.V. Agafonov[1], Yu.S. Khalimov[1], A.N. Zhekalov[1], S.V. Gaiduk[1], D.L. Spivak[2]

[1] Military Medical Academy named after S.M. Kirov of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

[2] N.P. Bekhtereva Institute of the Human Brain, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT: The article examines the relationship between the creativity and genetic factors in a serviceman serving in the Arctic region with the special climatic and geographical parameters, a kind of sanitary and epidemiological situation, as well as the complexity of a military labor. A linear correlation analysis of the indicators of a creativity was carried out as one of the most important abilities of the personality, allowing timely response and adaptation to the changing conditions of the external social environment, and the polymorphism of four genes that take an active part in the process of the adaptation to the conditions of the Arctic region: the gene for the serotonin receptor 2A, the gene for angiotensin converting enzyme-1, the gene for neurotrophic factor, as well as the gene for alpha-actinin-3. It was found that the maximum level of verbal and imaginative creativity is observed in carriers of the *Val / Val* genotype of the neurotrophic factor gene, as well as the *RR* genotype of the *alpha-actinin-3* gene. The carriers of these genotypes are characterized by a high production of neurotrophines that stimulate and support the development of neurons, which may determine the resistance of the central nervous system to unfavorable factors of the external social environment. In addition, the high level of expression of the *alpha-actinin-3* protein, characteristic of carriers of the *RR* genotype of the *alpha-actinin-3* gene, promotes accelerated regeneration of skeletal muscles, which may contribute to more optimal adaptation of the body to the harsh conditions of the Arctic region associated with an increased muscle load. When analyzing the angiotensin-converting enzyme gene, the observed patterns with the level of creativity turned out to be less clear, although the servicemen with the *DD* genotype of this gene showed a minimum level of creativity, which corresponds to the general idea of it as a "weaker" genotype in terms of the level of general body metabolism and the ability to be active. The characteristics of the creativity in genotypes II and ID of the angiotensin converting enzyme gene were statistically uncertain. The good tightness of the correlation of creativity with the *Val/Val* genotype of the neurotrophic factor gene, as well as the *RR* genotype of the *alpha-actinin-3* gene, may indicate the advisability of including military personnel planned to be sent to the Arctic region in the examination plan to determine the level of creativity. This will optimize the process of selecting servicemen for service in the Arctic region, and prevent the development of maladjustment disorders, excluding persons with a low adaptive potential.

Keywords: adaptation; *alpha-actinin-3*; Arctic region; angiotensin-converting enzyme; military men; genetic markers; creativity; neurotrophic factor; serotonin 2A receptor.

To cite this article:
Spivak IM, Lemeschenko AV, Agafonov PV, Khalimov YuS, Zhekalov AN, Gaiduk SV, Spivak DL. Relationship of creativity and genetic factors in military services in the conditions of the Arctic region. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2021;23(4):139–146. DOI: https://doi.org/10.17816/brmma84997

Received: 02.11.2021 **Accepted:** 28.11.2021 **Published:** 25.12.2021

ECO•VECTOR

All rights reserved
© Eco-Vector, 2021

ВВЕДЕНИЕ

В связи с богатыми природными запасами минеральных ресурсов и углеводородов и выгодным географическим положением Арктика привлекает особое внимание со стороны мирового сообщества. Более 30% территории Арктики принадлежит Российской Федерации (РФ). Современная Арктическая военная группировка РФ осуществляет контроль российских границ и предупреждает потенциальные конфликты с другими арктическими государствами — членами Североатлантического Альянса (такими как Соединенные Штаты Америки, Исландия, Дания, Норвегия и Канада) [1, 2].

Спектр климатических и географических условий, определяющих особенности военной службы в зоне высоких арктических широт, включает низкую среднюю температуру за год, особый световой режим, ограниченное содержание кислорода, высокую степень ионизации воздуха, разнообразные космические факторы в связи с недостаточным защитным эффектом геомагнитного поля. Помимо климато-географических факторов, на организм военнослужащих, проходящих военную службу в условиях высоких широт, оказывают влияние особые эпидемиологические условия: длительное нахождение персонала в изолированных помещениях с неблагоприятным микроклиматом, недостаточное содержание микроэлементов в питьевой воде, возможный контакт с ксенобиотиками и т. д. [3].

Не вызывает сомнений, что адаптация организма человека к военной службе, тем более в суровых условиях Арктики, сопровождается реакцией со стороны различных систем и органов организма — в первую очередь систем кровообращения и крови, иммунной и нервной систем, а также органов дыхания [4]. Служба в Арктике сопряжена с активизацией развития перекисного окисления липидов и иммунодефицита, что сопровождается ускоренным развитием атеросклероза, гипертонической болезни, обструктивных болезней органов дыхания [5–8]. Однако ведущая роль в реализации адаптационного потенциала военнослужащих связана с особенностями реактивности центральной нервной системы, которая регулирует функционирование всех систем организма. Ранее нами [9] установлено, что успешность адаптации к условиям Арктики также зависит от определенных способностей личности военнослужащего, позволяющих быстро отвечать на возникающие социальные вызовы внешней среды и адаптироваться к ее изменяющимся условиям. Эта способность личности определяется понятием «креативность» (от *англ*. creativity — созидание) или «творческая способность». Есть все основания полагать, что креативность является одним из ключевых факторов, позволяющих человеку успешно осуществлять активную адаптацию к изменяющимся внешним условиям, включая особые и экстремальные условия жизни и труда [10–12].

В последнее десятилетие стало понятно, что креативность организма имеет генетическую основу и связана с активностью ряда генов, регулирующих функционирование и выработку важных нейромедиаторов, в первую очередь — серотонина и дофамина. Генетические корреляты креативности обнаружены для таких генов, как транспортер допамина (DAT), катехолметилтрансфераза (COMT), рецепторы допамина D2 и D4 (DRD4, DRD2), триптофангидроксилаза (TPH1), транспортер серотонина (5-HTTLPR) [11, 13]. Одним из важнейших генов в данной сфере является ген рецептора серотонина 2A (5-HT2AR). Для полиморфизма T102C данного гена, который заключается в однонуклеотидной замене тимина на цитозин, показана связь с общей пластичностью мозговых процессов, что сопряжено с более высокой креативностью [14, 15]. Также показана связь полиморфизма T102C гена рецептора серотонина 2A с увеличением средней продолжительности жизни, что может объясняться более развитыми механизмами адаптации к возрастному стрессу [16]. Помимо этого, имеются единичные сведения о роли в развитии креативности некоторых генетических маркеров, отвечающих за функционирование ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, в первую очередь гена ангиотензин-превращающего фермента 1 (ACE1). Данный ген, являющийся ключевым для работы ренин-ангиотензиновой системы, изучен весьма полно. У практически здоровых людей уровень плазматического ACE значительно варьируется в зависимости от инсерционно-делеционного полиморфизма (I/D) в 16-м интроне данного гена (Ins/Del rs4646994) [17, 18]. В настоящее время этот генотип считается четко ассоциированным с повышенным уровнем общего обмена, а также способностями к активной деятельности [19]. Существенная роль в реализации реактивности со стороны центральной нервной системы при воздействии неблагоприятных факторов внешней среды отводится гену нейротрофического фактора (BDNF). Количество BDNF в сыворотке крови зависит от замены метионина на валин в положении 66 (вариант Val66Met полиморфизма данного гена): минимальное содержание BDNF наблюдается у гомозиготных носителей метионина Met/Met, на среднем — у гетерозигот Val/Met, и на максимальном — у гомозигот Val/Val. При этом у носителей аллеля Met в гомозиготной форме повышен риск развития диабета 2-го типа [20] и различных психотических патологий, таких как биполярное расстройство и шизофрения [21]. M.P. Vasconcelos-Moreno et al. [22] было показано, что количество BDNF в сыворотке крови прямо пропорционально длине теломер. Таким образом, генотип Val/Val гена BDNF является генетической базой для активного долголетия и высокой креативности [23]. Способность организма адаптироваться к неблагоприятным факторам внешней среды связана и с реактивностью мышечной системы. Показано, что спортивные достижения и активное долголетие связаны с функциональной

DOI: https://doi.org/10.17816/brmma63709

активностью гена, кодирующего белок α-актинин-3 (ACTN3) [24]. Данный белок экспрессируется в быстро сокращающихся волокнах скелетных мышц [25]. Ранее нами [15] была выявлена связь креативности и высоких спортивных достижений, что подразумевает их общую генетическую базу. В 2021 г. была выявлена важная роль R577X полиморфизма этого гена в эволюционном развитии устойчивости к холоду [26], что обусловливает важность изучения данного маркера с точки зрения потенциала адаптации к условиям Арктики.

Несмотря на активное изучение генетической основы функционирования важных нейромедиаторных систем организма, ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, центральной нервной системы и мышц, до сих пор не получены сведения об их связи с креативностью. С учетом высокой значимости креативности для успешной реализации адаптационного потенциала в условиях Арктики было принято решение о проведении данного исследования с использованием здоровых военнослужащих, проходящих военную службу в Арктическом регионе в течение не менее 2 лет. Эти военнослужащие успешно завершили процесс адаптации к суровым условиям высоких широт и не имели признаков дезадаптационных расстройств.

Цель исследования — выявить тесноту корреляционной взаимосвязи креативности и определенных генетических факторов, определяющих функционирование нейромедиаторных систем, ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, центральной нервной системы и мышц, у военнослужащих, проходящих службу в условиях Арктического региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы 32 здоровых военнослужащих-мужчины, проходящих военную службу в условиях Арктического региона (архипелаг Новая Земля, пос. Белушья Губа) в возрасте 27,3 ± 4,2 года. Продолжительность военной службы обследуемых в Арктике составила 2,3 ± 0,3 года. Психологический блок обследования включал определение уровня креативности путем однократного письменного опроса каждого военнослужащего при помощи стандартизированной батареи тестов, разработанной Е.Е. Туник [27]. Данная батарея тестов состояла из трех заданий на вербальную креативность (назвать максимальное количество способов применения определенного объекта — индекс 1, дать максимальное количество возможных последствий определенной ситуации — индекс 2, придумать максимальное количество предложений из 4 слов на заданную букву — индекс 3), а также трех заданий на образную креативность (нарисовать максимальное количество объектов, пользуясь заданным набором элементов, — индекс 4, заполнить максимальное количество заранее заданных кругов, нарисовав в каждом из них какой-либо объект, — индекс 5, отыскать максимальное количество объектов, скрытых в предложенном сложном рисунке, — индекс 6). Время на выполнение каждого из указанных 6 заданий составляло 3–4 мин. Вводная инструкция по выполнению заданий предъявлялась каждому обследуемому в устном или письменном виде на русском языке. При обработке результатов заданий по каждому из них рассчитывались частные показатели беглости, гибкости и оригинальности, которые рассматриваются в качестве основных компонентов творческой способности. Первый из указанных показателей состоит в способности продуцировать максимальное количество новых идей за минимальный промежуток времени, второй — в умении быстро переключаться между разными предметными областями, третий — в способности находить неочевидные, оригинальные решения возникающих проблем. По каждому из заданий на основании указанных выше трех частных индексов рассчитывался суммирующий их итоговый индекс креативности.

Молекулярно-генетический блок исследования включал определение полиморфизма четырех генов: 5-HT2AR, ACE1, BDNF, а также ACTN3. Ниже представлены изученные нами полиморфные варианты данных генов: для гена 5-HT2AR — T102C rs6313 (генотипы A1A1, A1A2, A2A2), для гена ACE1 — ACE Ins/Del rs4646994 (генотипы II, ID, DD); для гена BDNF — Val66Met rs6265 (генотипы Val/Val, Val/Met, Met/Met) и для гена ACTN3 — R577X rs1815739 (генотипы RR, RX, XX). Для проведения генетического анализа использовали свежую цельную кровь, взятую однократно у каждого обследуемого с использованием вакуумной системы типа Vacuett с 6% этилендиаминтетрауксусной кислоты фирмы Greiner Bio-one (Австрия). Образцы были подвергнуты процедуре селективного лизиса эритроцитов с помощью раствора гемолитика. Экстракцию тотальной дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) из лейкоцитов периферической крови выполняли набором для выделения геномной ДНК из клеток, тканей и крови. Принцип действия данного набора основан на селективной сорбции нуклеиновых кислот из предварительно лизированного образца на кремниевой мембране с последующей промывкой и элюцией очищенного продукта фирмы «Биолабмикс» (Россия). Для проведения генетического анализа использовали набор реагентов для определения генетического полиморфизма методом полимеразно-цепной реакции в режиме реального времени фирмы «Синтол» (Россия). Генотипирование образцов геномной ДНК проводилось в режиме реального времени на амплификаторе «ДТ-Прайм» фирмы «ДНК-Технология» (Россия).

Поскольку исследование носило описательный, а не сравнительный характер, изначально никакие гипотезы не принимались, а контрольная группа в дизайне исследования не предусматривалась. После определения экспрессии исследуемых вариантов генов статистическая обработка полученных данных велась при помощи

линейного корреляционного анализа между средними значениями частных индексов креативности и генотипами каждого участника исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что хорошая теснота корреляционной взаимосвязи (r = 0,59) выявлена между частными индексами как вербальной, так и образной креативности и полиморфизмом гена BDNF (рис. 1, 2).

Выявлено, что для обследуемых с генотипом Val/Met характерен минимальный уровень вербальной креативности (УК = 6 [СО: 6–6 усл. ед.], n = 7), для обследуемых с генотипом Met/Met — ее средний уровень (УК = 9,2 [СО: 6,1–12,2 усл. ед.], n = 8), а Val/Val — максимальный уровень вербальной креативности (УК = 15,0 [СО: 6,2–30,0 усл. ед.], n = 17). Аналогичная картина наблюдалась и при оценке образной креативности: для обследуемых с генотипом Val/Met были характерны минимальные значения образной креативности (УК = 15 [СО: 10–22 усл. ед.], n = 7), для обследуемых с генотипом Met/Met — средние значения (УК = 19,1 [СО: 15,1–29,2 усл. ед.], n = 8), а Val/Val — максимальные значения уровня образной креативности (УК = 21,9 [СО: 9,1–38,2 усл. ед.], n = 17). Это соответствует данным литературы о том, что генотип Val/Val гена BDNF обусловливает высокую устойчивость центральной нервной системы к неблагоприятным факторам внешней среды за счет максимальной выработки нейротрофинов, стимулирующих и поддерживающих развитие нейронов [23]. И напротив, генотип Met/Met сопряжен с минимальным уровнем креативности и нередко сопровождается развитием различных заболеваний головного мозга, что не позволяет отнести данную категорию военнослужащих к группе с оптимальным адаптационным потенциалом.

Анализ частотных индексов креативности и генотипов гена ACTN3 также выявил хорошую тесноту корреляционной взаимосвязи (r = 0,55) (рис. 3, 4).

Показано, что для военнослужащих с генотипом RX гена ACTN3 характерен минимальный уровень вербальной креативности (УК = 19,9 [СО: 6,2–52,3 усл. ед.], n = 10), а с генотипом RR — ее максимальный уровень

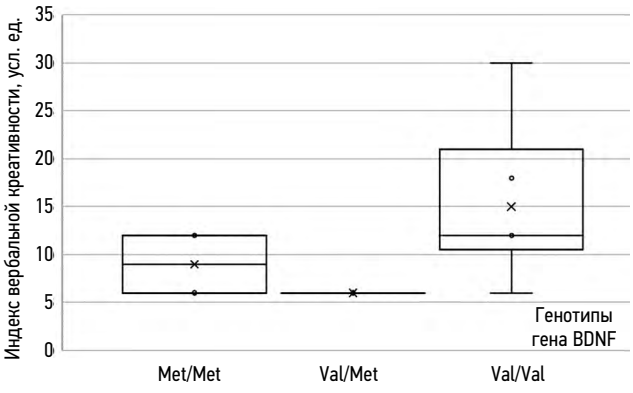

Рис. 1. Взаимосвязь вербальной креативности (индекс 2) и генотипов Met/Met, Val/Met, Val/Val гена BDNF
Fig. 1. Relationship between verbal creativity (index 2) and genotypes Met/Met, Val/Met, Val/Val of the BDNF gene

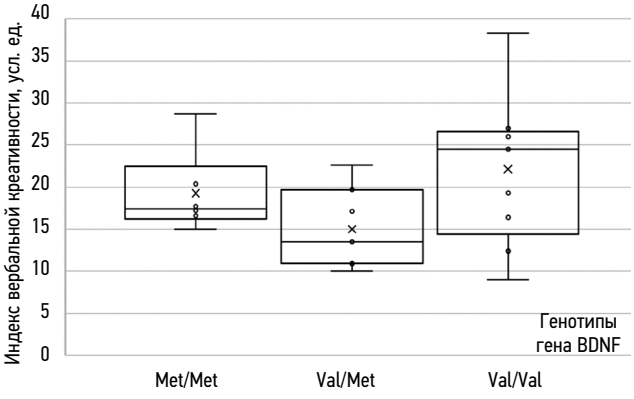

Рис. 2. Взаимосвязь образной креативности (индекс 4) и генотипов Met/Met, Val/Met, Val/Val гена BDNF
Fig. 2. Relationship between imaginative creativity (index 4) and genotypes Met/Met, Val/Met, Val/Val of the BDNF gene

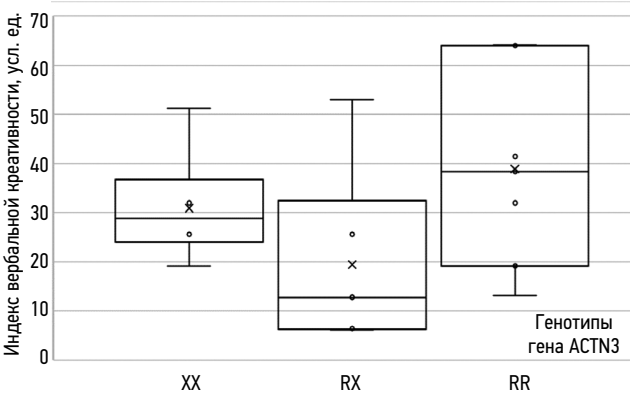

Рис. 3. Взаимосвязь вербальной креативности (индекс 3) и генотипов XX, RX, RR гена ACTN3
Fig. 3. Relationship between verbal creativity (index 3) and genotypes XX, RX, RR of the ACTN3 gene

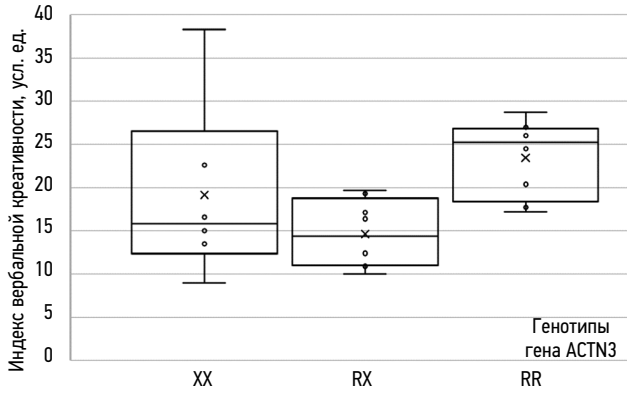

Рис. 4. Взаимосвязь образной креативности (индекс 4) и генотипов XX, RX, RR гена ACTN3
Fig. 4. Relationship between imaginative creativity (index 4) and genotypes XX, RX, RR of the ACTN3 gene

(УК = 39,6 [СО: 12,2–64,1 усл. ед.], *n* = 18). В ходе анализа образной креативности отмечена сходная картина: для военнослужащих с генотипом RX гена ACTN3 характерен минимальный уровень креативности (УК = 14,8 [СО: 10,1–19,5 усл. ед.], n = 10), а с генотипом RR — ее максимальный уровень (УК = 23,2 [СО: 14,8–28,3 усл. ед.], *n* = 18). Уровень креативности у обследуемых с генотипом XX был недостаточно определенным с точки зрения статистики (*n* = 4; *p* > 0,1). Полученные результаты свидетельствуют о важности высокой экспрессии белка альфа-актинина-3 (связанной с генотипом RR) в процессе реализации креативности, а следовательно, и в ходе адаптации организма к неблагоприятным факторам внешней среды, связанным с повышенной мышечной нагрузкой [24].

При анализе гена ACE наблюдаемые закономерности с уровнем креативности оказались менее четкими, хотя для военнослужащих с генотипом DD гена ACE был характерен минимальный уровень креативности, что соответствует общему представлению о нем как о более «слабом» генотипе с точки зрения уровня общего обмена организма и способности к активной деятельности [19]. Характеристики креативности при генотипах ACE II и ID оказались статистически неопределенными (*p* > 0,1).

Несмотря на большую роль серотонина в процессах реализации креативности и адаптации к суровым условиям службы, статистически достоверных данных по взаимосвязи уровня креативности с полиморфизмом гена 5-HT2AR не выявлено. Это может объясняться недостаточной статистической мощностью данного исследования в связи с ограниченной выборкой обследуемых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что среди военнослужащих Арктического региона высокие индексы образной и вербальной креативности сопряжены с «активными» генотипами исследуемых генов: Val/Val гена BDNF, а также RR гена ACTN3. Поскольку у носителей данных генотипов наблюдается максимальная выработка нейротрофинов [23], стимулирующих и поддерживающих развитие нейронов, а также высокая активность биологически активных веществ, определяющих регенерацию скелетной мускулатуры [24], высокие показатели креативности могут являться одним из маркеров устойчивости центральной нервной системы и скелетной мускулатуры к неблагоприятному влиянию внешней среды. Хорошая теснота корреляционной взаимосвязи креативности с исследуемыми генотипами может свидетельствовать о целесообразности включения в план обследования военнослужащих, планируемых к направлению в Арктический регион, определения уровня креативности путем однократного письменного опроса каждого военнослужащего при помощи стандартизированной батареи тестов Е.Е. Туник. Это позволит оптимизировать процесс отбора данных военнослужащих и предупредить развитие дезадаптационных расстройств, исключив лиц с низким адаптационным потенциалом.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Настоящее исследование было проведено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 20-013-00121. Авторы выражают благодарность Е.Е. Туник за консультации по применению тестовой батареи определения уровня креативности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закревский Ю.Н., Архангельский Д.А., Барачевский Ю.Е., и др. Организация медицинского обеспечения военнослужащих в Арктической зоне Российской Федерации // Медицина катастроф. 2017. № 3. С. 9–15.

2. Черников О.Г., Кульнев С.В., Куприянов С.А., и др. Особенности организации медицинского обеспечения группировки войск (сил) в Арктической зоне // Военно-медицинский журнал. 2020. Т. 341, № 4. С. 4–12.

3. Фисун А.Я., Халимов Ю.Ш., Агафонов П.В., и др. Особенности организации терапевтической помощи военнослужащим в Арктическом регионе // Военно-медицинский журнал. 2020. Т. 341, № 3. С. 73–75.

4. Крюков Е.В., Новоженов В.Г. Изменения перекисного гомеостаза у военнослужащих в процессе адаптации к службе и климатогеографическим условиям региона пребывания // Военно-медицинский журнал. 2003. Т. 324, № 5. С. 28–34.

5. Новоженов В.Г., Крюков Е.В. Эффективность антиоксидантов в профилактике болезней органов дыхания у военнослужащих, участвующих в боевых действиях // Военно-медицинский журнал. 2003. Т. 324, № 6. С. 61–64.

6. Крюков Е.В. Изменения неспецифической защиты и иммунитета у военнослужащих в процессе адаптации к военной службе // Военно-медицинский журнал. 2003. Т. 324, № 12. С. 60–61.

7. Крюков Е.В. Изменения перекисного окисления липидов и гемостаза у военнослужащих в процессе адаптации к военной службе // Военно-медицинский журнал. 2003. Т. 324, № 11. С. 72–73.

8. Крюков Е.В., Потехин Н.П., Фурсов А.Н., и др. Сравнительная характеристика лиц с высоким нормальным уровнем артериального давления в зависимости от размеров комплекса «интима-медиа» сонных артерий // Артериальная гипертензия. 2016. Т. 22. № 1. С. 41–52. DOI: 10.18705/1607-419X-2016-22-1-41-50

9. Агафонов П.В., Халимов Ю.Ш., Гайдук С.В., Крюков Е.В. Влияние психологических характеристик военнослужащих на адаптацию к условиям Крайнего Севера // Морская медицина. 2021. № 7. С. 41–48. DOI: 10.22328/2413-5747-2021-7-3-41-48

10. Kaufman A., Kornilov S., Bristol A., Tan M., Grigorenko E. Genetic and evolutionary bases of creativity // The Cambridge Book of Creativity; Cambridge-NY: Cambridge University Press, 2010. P. 228. DOI: 10.1017/cbo9780511763205.014
11. Khalil R., Godde B., Karim A. The link between creativity, cognition, and creative drives and underlying neural mechanisms // Frontiers in Neural Circuits. 2019, Vol. 13. P. 18. DOI: 10.3389/fncir.2019.00018
12. Дорфман Л.Я. Уровни и типы креативности: анализ современных психологических концепций // Психологический журнал. 2015. Т. 36, № 1. С. 81–90.
13. Vaquero L.C., Baca-Garcia E., Diaz-Hernandez M., et al. Association between the T102C polymorphism of the serotonin-2A receptor gene and schizophrenia. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 2006. Vol. 30. P. 1136–1138. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2006.04.027
14. Carhart-Harris R.L., Nutt D.J. Serotonin and brain function: a tale of two receptors. // J Psychopharmacol. 2017. Vol. 31, No. 9. P. 1091–1120. DOI: 10.1177/0269881117725915
15. Spivak I.M., Smirnova T.Y., Slizhov P.A., et al. Identification of a group for research of telomeric aging // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS. 2020. P. 194–199. DOI:10.15405/epsbs.2020.12.03.20
16. Jobim P.F.C., Prado-Lima P.A.S., Schwanke C.H.A., et al. The polymorphism of the serotonin-2A receptor T102C is associated with age // Braz J Med Biol Res. 2008. Vol. 41, No. 11. P. 1018–1023. DOI: 10.1590/s0100-879x2008005000045
17. Rigat B., Hubert C., Alhenc-Gelas F., Cambien F., et al. An insertion/deletion polymorphism in the angiotensin I-converting enzyme gene accounting for half the variance of serum enzyme levels // J Clin Invest. 1990. Vol. 86. P. 1343–1346. DOI: 10.1172/JCI114844
18. Sayed-Tabatabaei F.A., Oostra B.A., Isaacs A., et al. ACE polymorphisms // Circ Res. 2006. Vol. 98, No. 9. P. 1123–1133. DOI: 10.1161/01.RES.0000223145.74217.e7
19. Puthucheary Z., Skipworth J.R., Rawal J., et al. The ACE gene and human performance: 12 years on // Sports Med. 2011. Vol. 41, No. 6. P. 433–448. DOI: 10.2165/11588720-000000000-00000
20. Lau H., Fitri A., Ludin M., et al. Identification of Neuroprotective Factors Associated with Successful Ageing and Risk of Cognitive Impairment among Malaysia Older Adults // Curr Gerontol Geriatr Res. 2017. Vol. 2017. P. 4218756. DOI: 10.1155/2017/4218756
21. Prabu P., Poongothai S., Shanthirani C.S., Anjana R.M., et al. Altered circulatory levels of miR-128, BDNF, cortisol and shortened telomeres in patients with type 2 diabetes and depression // Acta Diabetol. 2020. Vol. 57, No. 7. P. 799–807. DOI: 0.1007/s00592-020-01486-9
22. Vasconcelos-Moreno M.P., Fries G.R., Gubert C., et al. Telomere Length, Oxidative Stress, Inflammation and BDNF Levels in Siblings of Patients with Bipolar Disorder: Implications for Accelerated Cellular Aging // Int J Neuropsychopharmacol. 2017. Vol. 20, No. 6. P. 445–454. DOI:10.1093/ijnp/pyx001
23. Zhou J.-X., Li H.-C., Bai X.-J., et al. Functional Val66Met polymorphism of Brain-derived neurotrophic factor in type 2 diabetes with depression in Han Chinese subjects // Behav Brain Funct. 2013. Vol. 9. P. 34. DOI: 10.1186/1744-9081-9-34
24. Pickering C., Kiely J. ACTN3: More than Just a Gene for Speed // Front Physiol. 2017. Vol. 8. P. 1080. DOI:10.3389/fphys.2017.01080
25. Pickering C., Kiely J. ACTN3, Morbidity, and Healthy Aging // Front Genet. 2018. Vol. 9. P. 15. DOI:10.3389/fgene.2018.00015
26. Wyckelsma V.L, Venckunas T., Houweling P.J., et al. Loss of α-actinin-3 during human evolution provides superior cold resilience and muscle heat generation // Am J Hum Genet. 2021. Vol. 108, No. 3. P. 446–457. DOI:10.1016/j.ajhg.2021.01.013
27. Туник Е.Е. Лучшие тесты на креативность. Диагностика творческого мышления. Санкт-Петербург: Питер, 2013. С. 72–89.

REFERENCES

1. Zakrevskiy YuN, Arhangel'skiy DA, Barachevskiy YuE, et al. Organization of Medical Support of Servicemen in Arctic Zone of Russian Federation. *Disaster Medicine.* 2017;3:9–15. (In Russ.).
2. Chernikov OG, Kulnev SV, Kupriyanov SA, et al. Features of the organization of medical support for troops (forces) in the Arctic zone. *Military Medical Journal*. 2020;341(4):4–12. (In Russ.).
3. Fisun AYa, Halimov YuSh, Agafonov PV, et al. Features of the organization of therapeutic assistance to military personnel in the Arctic region. *Military Medical Journal.* 2020;341(3):73–75. (In Russ.).
4. Kryukov EV, Novozhenov VG. Izmeneniya perekisnogo gomeostaza u voennosluzhashchih v processe adaptacii k sluzhbe i klimatogeograficheskim usloviyam regiona prebyvaniya. *Military Medical Journal.* 2003;324(5):28–34. (In Russ.).
5. Novozhenov VG, Kryukov EV. Effektivnost' antioksidantov v profilaktike boleznej organov dyhaniya u voennosluzhashchih, uchastvuyushchih v boevyh dejstviyah. *Military Medical Journal.* 2003;324(6):61–64. (In Russ.).
6. Kryukov EV. Izmeneniya nespecificheskoj zashchity i immuniteta u voennosluzhashchih v processe adaptacii k voennoj sluzhbe. *Military Medical Journal.* 2003;324(12):60–61 (In Russ.).
7. Kryukov EV. Izmeneniya perekisnogo okisleniya lipidov i gemostaza u voennosluzhashchih v processe adaptacii k voennoj sluzhbe. *Military Medical Journal.* 2003;324(11):72–73 (In Russ.).
8. Kryukov EV, Potekhin NP, Fursov AN, et al. Comparative characteristics of individuals with high normal blood pressure according to the carotid intima-media values. *Arterial'naja gipertenzija. Arterial Hypertension.* 2016;22(1):41–52. (In Russ.). DOI: 10.18705/1607-419X-2016-22-1-41-50
9. Agafonov PV, Khalimov YuS, Gayduk SV, Kryukov EV. Influence of psychological characteristics of military services on the features of adaptation to the conditions of the Far North. *Marine Medicine*. 2021;(7):41–48 (In Russ.). DOI: 10.22328/2413-5747-2021-7-3-41-48
10. Kaufman A, Kornilov S, Bristol A, Tan M, Grigorenko E. Genetic and evolutionary bases of creativity. In: The Cambridge Book of Creativity. Cambridge-NY: Cambridge University Press; 2010. P. 228. DOI: 10.1017/cbo9780511763205.014
11. Khalil R, Godde B, Karim A. The link between creativity, cognition, and creative drives and underlying neural mechanisms. *Frontiers in Neural Circuits*. 2019;13:18. DOI: 10.3389/fncir.2019.00018

12. Dorfman LYA. Levels and types of creativity: analysis of modern psychological concepts. *Psihologicheskij zhurnal*. 2015;36(1):81–90. (In Russ.).
13. Vaquero LC, Baca-Garcia E, Diaz-Hernandez M, et al. Association between the T102C polymorphism of the serotonin-2A receptor gene and schizophrenia. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2006;30:1136–1138. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2006.04.027
14. 14. Carhart-Harris RL, Nutt DJ. Serotonin and brain function: a tale of two receptors. *J Psychopharmacol*. 2017;31(9):1091–1120. DOI: 10.1177/0269881117725915
15. Spivak IM, Smirnova TY, Slizhov PA, et al. Identification of a group for research of telomeric aging. In: The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS. 2020. P. 194–199. DOI: 10.15405/epsbs.2020.12.03.20
16. Jobim PFC, Prado-Lima PAS, Schwanke CHA, et al. The polymorphism of the serotonin-2A receptor T102C is associated with age. *Braz J Med Biol Res*. 2008;41(11):1018–1023. DOI: 10.1590/s0100-879x2008005000045.
17. Rigat B, Hubert C, Alhenc-Gelas F, Cambien F, et al. An insertion/deletion polymorphism in the angiotensin I-converting enzyme gene accounting for half the variance of serum enzyme levels. *J Clin Invest*. 1990;86:1343–1346. DOI: 10.1172/JCI114844
18. Sayed-Tabatabaei FA, Oostra BA, Isaacs A, et al. ACE polymorphisms. *Circ Res*. 2006;98(9):1123–1133. DOI: 10.1161/01.RES.0000223145.74217.e7
19. Puthucheary Z, Skipworth JR, Rawal J, et al. The ACE gene and human performance: 12 years on. *Sports Med*. 2011;41(6):433–448. DOI: 10.2165/11588720-000000000-00000
20. Lau H, Fitri A, Ludin M, et al. Identification of Neuroprotective Factors Associated with Successful Ageing and Risk of Cognitive Impairment among Malaysia Older Adults. *Curr Gerontol Geriatr Res*. 2017;2017:4218756. DOI: 10.1155/2017/4218756
21. Prabu P, Poongothai S, Shanthirani CS, Anjana RM, et al. Altered circulatory levels of miR-128, BDNF, cortisol and shortened telomeres in patients with type 2 diabetes and depression. *Acta Diabetol*. 2020;57(7):799–807. DOI: 10.1007/s00592-020-01486-9
22. Vasconcelos-Moreno MP, Fries GR, Gubert C, et al. Telomere Length, Oxidative Stress, Inflammation and BDNF Levels in Siblings of Patients with Bipolar Disorder: Implications for Accelerated Cellular Aging. *Int J Neuropsychopharmacol*. 2017;20(6):445–454. DOI:10.1093/ijnp/pyx001
23. Zhou JX, Li HC, Bai XJ, et al. Functional Val66Met polymorphism of Brain-derived neurotrophic factor in type 2 diabetes with depression in Han Chinese subjects. *Behav Brain Funct*. 2013;9:34. DOI: 10.1186/1744-9081-9-34
24. Pickering C, Kiely J. ACTN3: More than Just a Gene for Speed. *Front Physiol*. 2017;8:1080. DOI: 10.3389/fphys.2017.01080
25. Pickering C, Kiely J. ACTN3, Morbidity, and Healthy Aging *Front Genet*. 2018;9:15. DOI: 10.3389/fgene.2018.00015
26. Wyckelsma VL, Venckunas T, Houweling PJ, et al. Loss of α-actinin-3 during human evolution provides superior cold resilience and muscle heat generation. *Am J Hum Genet*. 2021;108(3):446–457. DOI: 10.1016/j.ajhg.2021.01.013
27. Tunik EE. Luchshie testy na kreativnost'. Diagnostika tvorcheskogo myshleniya. Saint Peterburg: Piter; 2013. P. 72–89. (In Russ.).

ОБ АВТОРАХ

***Павел Владимирович Агафонов,** кандидат медицинских наук; e-mail: vmeda-nio@mil.ru; ORCID: 0000-0003-4934-320X; SCOPUS: 57189606691; SPIN-код: 3303-4786

Ирина Михайловна Спивак, кандидат биологических наук, доцент; e-mail: Irina_spivak@hotmail.com; ORCID: 0000-0003-1351-8696; SCOPUS: 7004303441; Researcher ID: F-9059-2015; SPIN-код: 6740-5392

Алексей Викторович Лемещенко, кандидат медицинских наук; e-mail: vmeda-nio@mil.ru; ORCID: 0000-0001-6786-2332; SPIN-код: 8534-0822

Юрий Шавкатович Халимов, доктор медицинских наук, профессор; e-mail: yushkha@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7755-7275; SCOPUS: 464335; SPIN-код: 7315-6746

Андрей Николаевич Жекалов, доктор медицинских наук; e-mail: vmeda-nio@mil.ru; ORCID: 0000-0003-4821-7340; SCOPUS: 879266; SPIN-код: 3154-9228

Сергей Валентинович Гайдук, доктор медицинских наук, доцент; e-mail: gaiduksergey@mail.ru; SCOPUS: 884012; SPIN-код: 8602-4922

Дмитрий Леонидович Спивак, доктор биологических наук; e-mail: info@heritage-institute.ru; ORCID: 0000-0001-7276-5182; SCOPUS: 7003747634; SPIN-код: 6764-3561

AUTHORS INFO

***Pavel V. Agafonov,** candidate of medical sciences; e-mail: vmeda-nio@mil.ru; ORCID: 0000-0003-4934-320X; SCOPUS: 57189606691; SPIN code: 3303-4786

Irina M. Spivak, candidate of biological sciences, associate professor; e-mail: Irina_spivak@hotmail.com; ORCID: 0000-0003-1351-8696; SCOPUS: 7004303441; Researcher ID: F-9059-2015; SPIN code: 6740-5392

Alexey V. Lemeshchenko, candidate of medical sciences; e-mail: vmeda-nio@mil.ru; ORCID: 0000-0001-6786-2332; SPIN code: 8534-0822

Yuri S Khalimov, doctor of medical sciences, professor; e-mail: yushkha@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7755-7275; SCOPUS: 464335; SPIN code: 7315-6746

Andrey N. Zhekalov, doctor of medical sciences; e-mail: vmeda-nio@mil.ru; ORCID: 0000-0003-4821-7340; SCOPUS: 879266; SPIN code: 3154-9228

Sergey V. Gaiduk, doctor of medical sciences, associate professor; e-mail: gaiduksergey@mail.ru; SCOPUS: 884012; SPIN code: 8602-4922

Dmitry L. Spivak, doctor of biological sciences; e-mail: info@heritage-institute.ru; ORCID: 0000-0001-7276-5182; SCOPUS: 7003747634; SPIN code: 6764-3561

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author