

Физиологические исследования

УДК 612.82.001.5:159.923(045)

М.Б. Султанов, Х.Ю. Исмаилова

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕФРОНТАЛЬНОЙ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЮНОШЕЙ-СПОРТСМЕНОВ С УЧЕТОМ ИХ ТЕМПЕРАМЕНТА

Проблемой исследования явилось выявление гипотетических предикторов личностных черт среди пяти генерализованных ЭЭГ-ритмов префронтальной коры головного мозга юношей-футболистов. Цель исследования – изучить связь между осцилляциями ЭЭГ-ритмов префронтальной коры и личностными чертами студентов спортивного ВУЗа. Регистрация ЭЭГ была проведена при помощи сухих бесконтактных фронтальных сенсорных электродов беспроводной системы. Анализ спектральной мощности ЭЭГ проведен в пяти частотных диапазонах (1-50 Гц). Для оценки личностных характеристик была использована методика EPQ по Айзенку. Применялся метод парной линейной регрессии, ранговая корреляция по Спирмену, а также критерий Краскела – Уоллиса. Выявлено доминирование экстравертивного свойства нервной системы над интровертивным, что, вероятно, связано с предпочтением студентами как групповых, так и командных взаимодействий индивидуальным стратегиям поведения. Наряду с этим, результаты исследования определили два низкочастотных ЭЭГ-ритма как предикторов личностных черт у экстравертов. Установлено, что дельта-ритм является коррелятом экстраверсии, а тета-ритм – нейротизма с обратно пропорциональными зависимостями. Данные паттерны ЭЭГ префронтальной коры связаны с особенностями поведения юношей-футболистов экстравертивного типа, который обусловлен их темпераментом.

Ключевые слова: экстраверсия, нейротизм, ЭЭГ, дельта-ритм, тета-ритм, префронтальная кора.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-4-431-438

В последние годы проблема выделения коррелятов личностных черт как среди высокочастотных, так и низкочастотных ЭЭГ-ритмов мозга на фоне тонической активности отдельно взятых областей коры головного мозга как коррелятов личностных характеристик, полностью не изучена. Так, английский психолог Г. Айзенк высказывал гипотезу о том, что сильный и слабый типы по И.П. Павлову, согласно его модели, схожи с экстравертивным и интровертивным типами личности. Природа экстраверсии и интроверсии усматривается во врожденных свойствах центральной нервной системы, что обеспечивает уравновешенность процессов возбуждения и торможения [1]. Вместе с тем выявлено, что нейронные ансамбли в фоновой ЭЭГ-активности мозга, в частности, в префронтальной области коры, могут обуславливать различные формы поведения. Показано, что префронтальная кора связана с различными аспектами поведения и личностными характеристиками [2], участвуя при этом как в планировании поведения, включая в себя социальную адаптацию [3], так и в механизме коркового торможения [4]. Более того, выявлено, что некоторые психические характеристики могут отражать особенности спонтанного взаимодействия нейронных осцилляторов и модулировать организацию функциональной активности коры, а именно ее лобной области, с активацией которой связаны экстраверсия и нейротизм [5; 6]. Плодотворной теоретической базой для данного исследования послужили также и результаты, показавшие, что для мужчин, в отличие от женщин, характерна фронтально организованная регуляция межполушарного взаимодействия, так как именно в передне-префронтальных отделах коры наблюдается большая изменчивость корковых связей в зависимости от уровня личностных свойств [3].

Предполагается, что данные об осцилляциях ЭЭГ-ритмов, как нейрофизиологических коррелятов личностных черт спортсменов, могут быть использованы при создании методов объективной диагностики как поведения, так и уровня тревожности среди спортсменов различной квалификации.

На основании вышеизложенного, цель данного исследования заключалась в выявлении гипотетических предикторов личностных черт среди пяти генерализованных ЭЭГ-ритмов префронтальной коры головного мозга юношей-футболистов с использованием нейрокомпьютерного интерфейса нового поколения.

Материалы и методы исследований

Участники исследования. В исследованиях приняли участие 25 юношей-студентов спортивного ВУЗа в возрасте от 17 до 21 года ($M=18,50$; $SD=1,11$ лет), которые обучались по специальности «Футбол». Все участники исследования были проинформированы о целях, задачах и используемых методиках и дали устное согласие на участие в эксперименте. Исследование проводили в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

Регистрация ЭЭГ. Запись биопотенциалов префронтальной коры осуществлялась двумя электродами биполярно относительно симметричных отведений в положениях Fp1-Fp2 по системе размещения электродов 10–20 одноканальной беспроводной системой NeuroSky ThinkGear (США) [7]. Эта система производит запись ЭЭГ-данных одновременно с обеих полушарий, преобразуя их в единый сигнал, тем самым регистрируя общую активность орбитофронтальной области префронтальной коры головного мозга. Электрод в виде клипсы на мочке левого уха (A1) применялся в качестве референциального электрода и электрода заземления, что позволяет чипу NeuroSky отфильтровывать все электрические помехи от тела и окружающей среды, а также идентифицировать волны, исходящие от коры головного мозга. Вместе с тем алгоритм, разработанный NeuroSky, позволяет датчикам идентифицировать и отделять друг от друга различные сигналы, исходящих из лобной области, глаз и мышц. В частности, устройство дифференцирует сигналы, исходящие от мозга (ЭЭГ-ритмы), от движений глаз (электроокулография), а также от фронтальных мышц (миография). Стандартное быстрое преобразование Фурье (FFT) выполняется уже на отфильтрованном сигнале, и в целом сигнал проходит двойную проверку в частотном диапазоне на наличие шума и артефактов с использованием алгоритмов NeuroSky собственной разработки. За последние годы были продемонстрированы значимые результаты с использованием NeuroSky в различных исследованиях [2; 8; 9].

ЭЭГ анализ. Спектральный анализ ЭЭГ методом быстрого преобразования Фурье проводили, выделив следующие частотные диапазоны: дельта: 1-3Гц; тета: 4-7Гц; альфа: 8-12Гц; бета: 13-30Гц; гамма: 31-50Гц. Применялось окно Хеннинга (эпохи перекрывались на 50 %). Мощность полосы спектральной плотности выражалась в $\text{мкВ}^2/\text{Гц}$. Для анализа выбирали 2-секундные отрезки общей длительностью 30-40 с. Анализ выделенных безартефактных участков ЭЭГ осуществлялся с помощью программы WinEEG (Мицар, Россия). При этом эпохи, содержащие амплитуды, превышающие 150 мкВ , были удалены из анализа. Параллельно глазодвигательные и мышечные артефакты автоматически удалялись, применяя метод слепого разделения источников с использованием «анализа независимых компонент» (АНК, англ. Independent Component Analysis, ICA) в программном обеспечении WinEEG. Вместе с этим эпохи проверялись на наличие артефактов и визуально, а отрезки, содержащие их, соответственно удалялись из анализа.

Процедура и дизайн исследования. Исследования проводились в Академии физической культуры и спорта. Для оценки типа темперамента и личностных характеристик – психотизма, экстраверсии и нейротизма – была использована методика EPQ по Г. Айзенку. Регистрация же электрофизиологических показателей для каждого испытуемого проходила в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами в течение 5 мин. Во время записи на глаза испытуемых надевали еще и маску черного цвета, не пропускающую свет, и при этом следили за тем, чтобы испытуемые во время сеанса записи не спали и не дремали.

Статистический анализ проводили с использованием программы SPSS v.23: An IBM Company (США). Критерий Шапиро-Уилка использовался для проверки данных на нормальность распределения, а также для контроля валидности регрессионного анализа по нормальности распределения остатков. Применялся метод парной линейной регрессии по каждому независимому ЭЭГ-ритму и каждой отдельно взятой личностной характеристике. Данный метод был использован исходя из результатов [10], по которым утверждается, что при учете не отдельных личностных черт, а в случае их совокупности статистически значимые связи отдельных ритмов ЭЭГ и черт личности не подтверждаются. Метод ранговой корреляции по Спирмену применялся для анализа интеркорреляции между предикторами. Критерий Краскела-Уоллиса был использован для выявления различий среди личностных характеристик, определенных в соответствии с типом темперамента.

Результаты и их обсуждение

Средние значения по трем показателям личностных черт согласно модели Г. Айзенка [11] продемонстрировали низкие значения по шкале психотизма ($M=3,68$; $SD=2,70$), экстраверсию ($M=16,48$; $SD=3,85$) и средние значения по шкале нейротизма ($M=10,68$; $SD=4,19$). Наряду с этим в табл. 1 представлены показатели интеркорреляции между предикторами, которая не продемонстрировала статистически значимого уровня связи между дельта- и тета-ритмами.

Таблица 1

Значения мультиколлинеарности ЭЭР-ритмов по корреляции Спирмена ($n=25$)

Ритм	M	SD	1	2	3	4
1. Дельта	48,65	39,24				
2. Тета	59,61	35,20	0,16			
3. Альфа	69,59	44,50	0,38	0,17		
4. Бета	82,97	22,69	0,14	0,44	-0,20	
5. Гамма	39,21	21,45	0,08	0,26	-0,30	0,78*

Примечание: * – $R_s > 0,7$; $p < 0,0000$.

При этом, по результатам регрессионного исследования были определены два предиктора (дельта и тета) среди личностных характеристик (экстраверсия и нейротизм) среди ЭЭГ-ритмов префронтальной коры. По шкале же психотизма не наблюдалось статистически значимых связей данной личностной хаоактекристики с ритмами ЭЭГ.

Таблица 2

Линейный регрессионный анализ связи ЭЭГ-ритмов с экстраверсией

Ритм	$F(1,23)$	R^2	t	P	Шапиро-У. (P)
Дельта	8,245	0,264	-2,871	0,009	0,358
Тета	0,284	0,012	-0,533	0,599	0,406
Альфа	1,559	0,063	-1,249	0,224	0,102
Бета	0,580	0,025	0,762	0,454	0,157
Гамма	0,061	0,003	-0,248	0,807	0,217

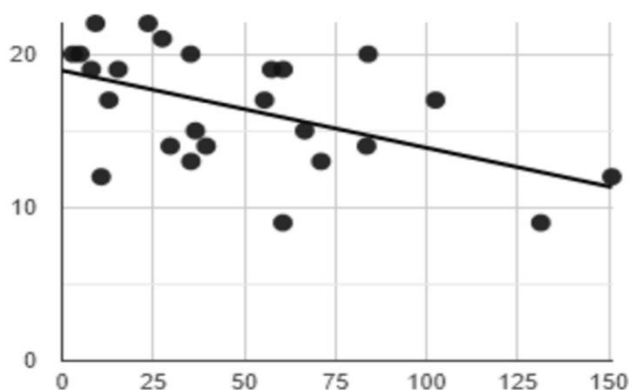


Рис. 1. Связь дельта-ритма с экстраверсией: по линии абсциссы – спектральная плотность ($\text{мкВ}^2/\text{Гц}$), по ординате – уровень экстраверсии (баллы)

Экстраверсия. По результатам исследования была выявлена статистически значимая отрицательная связь ($t = -2,871$, $R^2 = 0,264$; $p \leq 0,009$) между дельта-ритмом и экстраверсией (табл. 2, рис. 1), которая, по мнению многих исследователей [12], возможно, связана с увеличением мощности в дан-

ном частотном диапазоне при обсессивно-компульсивных расстройствах, т. е. при подавленном психо-эмоциональном состоянии.

Однако же, в исследовании D.G. Williams [13] показана положительная связь экстраверсии с позитивным настроением, что было экспериментально установлено и в предыдущем нашем исследовании [14]. Таким образом, высокому показателю экстраверсии соответствует низкая мощность дельта-диапазона. Более того, предполагается, что выявленная нами взаимосвязь между дельта-ритмом и экстраверсией обусловлена дофаминергической основой экстраверсии [15], поскольку, по мнению ряда исследователей [16], дельта-ритм вовлечен в процесс вознаграждения, который в свою очередь связан с дофамином [17].

Главной причиной различий между экстраверсивным и интроверсивным свойствами нервной системы, согласно теории Г. Айзенка, явилась степень возбужденности коры головного мозга, которая считается наследственным показателем, а не приобретенным [3; 11]. Специфичность выборки данного исследования – спортсмены-любители командного вида спорта, а командные виды спорта обеспечивают возбудимость коры, к которой и стремятся экстраверты. При этом у представителей индивидуальных видов спорта не было выявлено такого высокого уровня экстраверсии [18; 19]. Вместе с тем выявлено, что экстраверсия связана и с высокой мотивацией социальных контактов [20]. Сказанное согласуется с нашими данными, которые получили статистически значимое подтверждение при сравнении типов темперамента участников по экстраверсивному (сангвиники и холерики) и интроверсивному (флегматики и меланхолики) свойствам нервной системы, что было выявлено при анализе с применением критерия Краскела-Уоллиса, определившим существенное различие ($p < 0,0002$) между уровнем экстра- и интроверсии в соответствии с типом темперамента испытуемых (рис. 2). Таким образом, по результатам нашего исследования у студентов было выявлено ярко выраженное преобладание экстраверсии над интроверсией.

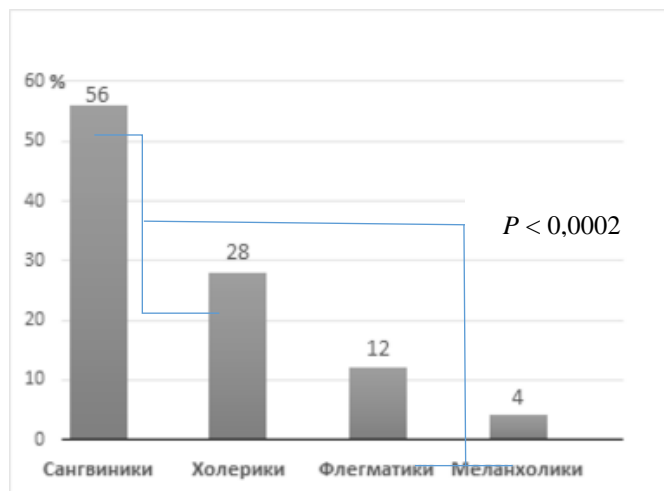


Рис. 2. Относительные показатели соотношения 4 типов темперамента испытуемых

Хотя в рамках нашего исследования для сравнения эмпирических данных не изучалась взаимосвязь как между фоновой активностью ЭЭГ, так и между событийно-обусловленной десинхронизацией у испытуемых с интроверсивным свойством нервной системы, тем не менее, имеется ряд исследований [21; 22], которые отмечают различие между экстравертами и интровертами по вышеуказанным показателям.

Нейротизм. Согласно выявленным данным тета-ритм продемонстрировал статистически значимую отрицательную связь ($t = -3,184$, $R^2 = 0,306$; $p \leq 0,004$) с нейротизмом (табл. 3, рис. 3).

Предполагается, что тета-ритм может служить надежным коррелятом нейротизма, что подтверждается тем, что мощность тета-диапазона в префронтальной коре снижается во время угрозы и усиливается во время относительной безопасности [23]. Кроме того, в нашем предыдущем исследовании также была выявлена связь тета-ритма с соревновательной тревожностью уже на выборке, состоящей из профессиональных футболистов [2]. Вместе с тем и бета-ритм показал отрицательную связь с нейротизмом, но уже на уровне тенденции ($p \leq 0,06$). В совокупности подавление мощности

бета-ритма связано с эмоциями [24], и, более того, выявлена взаимосвязь нейротизма с эмоциональностью [25]. Наши данные согласуются с результатами гендерного исследования [3], где лишь у женщин отмечалась обратно пропорциональная связь нейротизма с бета-ритмом. Выявленные нами результаты могут представлять интерес и для будущих исследований с целью раскрытия функционального механизма паттернов бета-диапазона передне-префронтальных отделов коры как коррелята нейротизма, а также для выявления его роли при неврозах.

Таблица 3

Линейный регрессионный анализ связи ЭЭГ-ритмов с нейротизмом

Ритм	$F(1,23)$	R^2	t	P	Шапиро-У. (P)
Дельта	0,010	0,000	-0,100	0,921	0,537
Тета	10,138	0,306	-3,184	0,004	0,593
Альфа	0,211	0,009	-0,459	0,651	0,873
Бета	3,845	0,143	-1,961	0,062	0,370
Гамма	1,000	0,042	-1,000	0,328	0,381

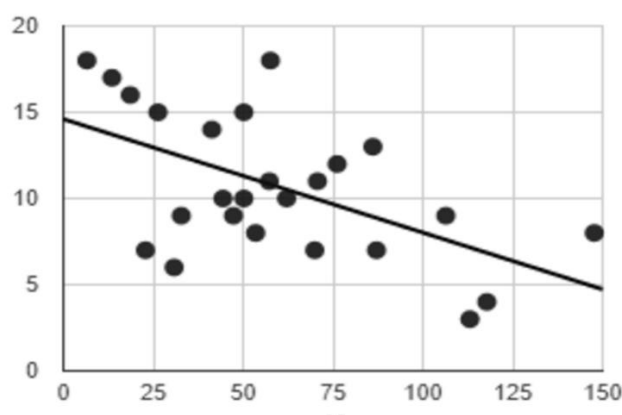


Рис. 3. Связь тета-ритма с нейротизмом: по линии абсциссы – спектральная плотность (мкВ²/Гц), по ординате – уровень нейротизма (баллы)

Хотя по некоторым данным и была выявлена связь других областей мозга с характеристиками личности, а именно височной доли [26; 27], однако, согласно литературным источникам большинство взаимосвязей личностных черт ассоциируется именно с префронтальной корой, а именно с ее орбитофронтальной [26; 27], дорсолатеральной [27] и вентромедиальной [28] областями.

Выводы

1. Низкочастотные ЭЭГ-паттерны префронтальной коры связаны с поведением юношей-футболистов с преобладанием у них экстраверсии.
2. У лиц экстравертивного типа дельта-ритм оказался предиктором экстраверсии: повышенной мощности дельта-диапазона соответствуют низкие показатели данной личностной черты.
3. У лиц экстравертивного типа тета-ритм является предиктором нейротизма также с обратно пропорциональной зависимостью: с повышением мощности в этом низкочастотном диапазоне снижался уровень нейротизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Strelau J. The contribution of Pavlov's typology of CNS properties to personality research // *Europ. Psychologist*. 1997. Vol. 2, № 2. P. 125–138. URL: <https://doi.org/10.1027/10169040.2.2.125>.
2. Sultanov M.B., İsmailova K.Y. EEG rhythms in prefrontal cortex as predictors of anxiety among youth soccer players // *Transl. Sports Med.* 2019. Vol. 2, № 4. P. 203–208. URL: <https://doi.org/10.1002/tsm2.72>.

3. Разумникова О.М. Особенности фоновой активности коры мозга в зависимости от пола и личностных суперфакторов Айзенка // Журн. высш. нервн. деят. 2004. Т. 54, № 4. С. 455–465.
4. McGarry L.M., Carter A.G. Inhibitory gating of basolateral amygdala inputs to the prefrontal cortex // *J. Neurosci.* 2016. Vol. 36, № 36. P. 9391–9406. URL: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0874-16.2016>.
5. De Pascalis V. Hemispheric asymmetry, personality and temperament // *Person. Individ. Differ.* 1993. Vol. 14, № 6. P. 825–834. URL: [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(93\)90095-K](https://doi.org/10.1016/0191-8869(93)90095-K).
6. Eysenck H.J., Eysenck M.W. *Personality and Individual Differences: a Natural Science Approach.* London: Plenum Press, 1985. 452 p.
7. Султанов М.Б. ЭЭГ-корреляты личностных суперфакторов Айзенка у юшошей-спортсменов // Вест. Томск. гос. ун-та. 2020. № 454. С. 209–213. URL: <https://doi.org/10.17223/15617793/454/25>.
8. Rogers J.M., Johnstone S.J., Aminov A., Donnelly J., Wilson P.H. Test-retest reliability of a single-channel, wireless EEG system // *Int. J. Psychophysiol.* 2016. Vol. 106. P. 87–96. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.06.006>.
9. Johnstone S.J., Blackman R., Bruggemann J.M. EEG from a single-channel dry-sensor recording device // *Clinical EEG Neurosci.* 2012. Vol. 43, № 2. P. 112–120. URL: <https://doi.org/10.1177%2F1550059411435857>.
10. Korjus K., Uusberg A., Uusberg H., Kuldkepp N., Kreegipuu K., Allik J., Aru J. Personality cannot be predicted from the power of resting state EEG // *Frontiers Human Neurosci.* 2015. Vol. 9, № 63. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00063>.
11. Eysenck H.J. *The biological basis of personality.* Springfield, IL: Charles C. Thomas, 1967. 399 p.
12. Velikova S., Locatelli M., Insacco C., Smeraldi E., Comi G., Leocani L. Dysfunctional brain circuitry in obsessive-compulsive disorder: source and coherence analysis of EEG rhythms // *Neuroimage.* 2010. Vol. 49, № 1. P. 977–983. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.08.015>.
13. Williams D.G. Effects of psychoticism, extraversion, and neuroticism in current mood: A statistical review of six studies // *Person. Individ. Differ.* 1990. Vol. 11, № 6. P. 615–630. URL: [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(90\)90045-S](https://doi.org/10.1016/0191-8869(90)90045-S).
14. Исмаилова Х.Ю., Султанов М.Б. Изучение особенностей личностных характеристик и маркеров темперамента у юношей различной психологической типологии // Сиб. педагог. журн. 2019, № 1. С. 139–147. URL: <http://dx.doi.org/10.15293/1813-4718.1901.17>.
15. Koehler S., Wacker J., Odorfer T., Reif A., Gallinat J., Fallgatter A.J., Herrmann M.J. Resting posterior minus frontal EEG slow oscillations is associated with extraversion and DRD2 genotype // *Biol. Psychol.* 2011. Vol. 87, № 3. P. 407–413. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.05.006>.
16. Wacker J., Chavanon M.L., Stemmler G. Resting EEG signatures of agentic extraversion: New results and meta-analytic integration // *J. Res. Person.* 2010. Vol. 44, № 2. P. 167–179. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2009.12.004>.
17. Yager L.M., Garcia A.F., Wunsch A.M., Ferguson S.M. The ins and outs of the striatum: role in drug addiction // *Neurosci.* 2015. Vol. 301. P. 529–541. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.06.033>.
18. Colley A., Roberts N., Chipps A. Sex-role identity, personality and participation in team and individual sports by males and females // *Int. J. Sport Psych.* 1985. Vol. 16, № 2. P. 103–112.
19. Eagleton J.R., McKelvie S.J., De Man A. Extraversion and neuroticism in team sport participants, individual sport participants, and nonparticipants // *Perceptual Motor Skills.* 2007. Vol. 105, № 1. P. 265–275. URL: <https://doi.org/10.2466%2Fpms.105.1.265-275>.
20. Olson K.R., Weber D.A. Relations between big five traits and fundamental motives // *Psych. Reports.* 2004. Vol. 95, № 3. P. 795–802. URL: <https://doi.org/10.2466%2Fp.95.3.795-802>.
21. Beauducel A., Brocke B., Leue A. Energetical bases of extraversion: Effort, arousal, EEG, and performance // *Int. J. Psychophysiol.* 2006. Vol. 62, № 2. P. 212–223. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.12.001>.
22. Fink A. Event-related desynchronization in the EEG during emotional and cognitive information processing: differential effects of extraversion // *Biol. Psych.* 2005. Vol. 70, № 3. P. 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.01.013>.
23. Stujenske J.M., Likhtik E., Topiwala M.A., Gordon J.A. Fear and safety engage competing patterns of theta-gamma coupling in the basolateral amygdala // *Neuron.* 2014. Vol. 83, № 4. P. 919–933. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.07.026>.
24. Woodruff C.C., Barbera D., Von Oepen R. Task-related dissociation of EEG β enhancement and suppression // *Int. J. Psychophysiol.* 2016. Vol. 99. P. 18–23. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.11.005>.
25. Klamer S., Schwarz L., Krüger O., Koch K., Erb M., Scheffler K., Ethofer T. Association between neuroticism and emotional face processing // *Sci. Reports.* 2017. Vol. 7, № 1. P. 17669 (1–8). URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17706-2>.
26. Kehoe E.G., Toomey J.M., Balsters J.H., Bokde A.L. Personality modulates the effects of emotional arousal and valence on brain activation // *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2012. Vol. 7, № 7. P. 858–870. URL: <https://doi.org/10.1093/scan/nsr059>.

27. Kapogiannis, D., Sutin, A., Davatzikos, C., Costa Jr, P., Resnick, S. The five factors of personality and regional cortical variability in the Baltimore longitudinal study of aging // *Human Brain Mapp.* 2013. Vol. 34, № 11. P. 2829–2840. URL: <https://doi.org/10.1002/hbm.22108>.
28. Boes, A.D., Grafft, A.H., Joshi, C., Chuang, N.A., Nopoulos, P., Anderson, S.W. Behavioral effects of congenital ventromedial prefrontal cortex malformation. *BMC Neurol.* 2011. Vol. 11, № 151. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1186/1471-2377-11-151>.

Поступила в редакцию 17.11.2022

Султанов Мурад Балабек оглы, докторант

E-mail: murad.sultan.81@mail.ru

Исмаилова Хадиджа Юсиф кызы, доктор биологических наук, гл. научный сотрудник

E-mail: ismailovakh@gmail.com

Институт физиологии им. А.И. Караева Национальной академии наук Азербайджана

AZ1100, Азербайджан, г. Баку, ул. Шарифзаде, д. 78

M.B. Sultanov, Kh.Yu. Ismailova

ELECTROENCEPHALOGRAPHIC STUDY OF PREFRONTAL CORTEX AMONG YOUTH ATHLETES HAS GIVEN THEIR TEMPERAMENT

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-4-431-438

The problem of studies is the determination of hypothetical predictors for personality traits among five generalized EEG rhythms in the prefrontal cortex of youth soccer players. The goal of study was to explore the relationship between the oscillations of EEG rhythms in the prefrontal cortex and the personality traits of undergraduates of Sports University. The EEG was recorded using a wireless system with dry non-contact frontal sensor electrodes. The power spectrum was analyzed in five frequency bands (1–50 Hz). Personality traits determination was performed using Eysenck's personality questionnaire. A pair linear regression model, the Spearman's rank correlation and Kruskal – Wallis tests were used for analysis. The research revealed dominance of the extraversive peculiarity of the nervous system over introversive, which is likely due to preference for students, as groups as team interactions rather than individual behavioral strategies. Additionally, the findings of the study determined two slow EEG rhythms as predictors of personality traits among extraverts. It was found that delta rhythm is a correlate of extraversion, and theta rhythm is neuroticism with inversely proportional relationships. These EEG patterns of the prefrontal cortex are related to the features of behavior of youth soccer players of the extraversive type, which is caused by their temperament.

Keywords: extraversion, neuroticism, EEG, delta rhythm, theta rhythm, prefrontal cortex.

REFERENCES

1. Strelau J. The contribution of Pavlov's typology of CNS properties to personality research, in *Europ. Psychologist*, 1997, vol. 2, no. 2, pp. 125–138. <https://doi.org/10.1027/10169040.2.2.125>
2. Sultanov M.B., İsmailova K.Y. EEG rhythms in prefrontal cortex as predictors of anxiety among youth soccer players, in *Transl. Sports Med.*, 2019, vol. 2, no. 4, pp. 203–208. <https://doi.org/10.1002/tsm2.72>
3. Razumnikova O.M. [Gender differences in resting EEG related to Eysenck's personality traits], in *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti im. I.P. Pavlova*, 2004, vol. 54, no. 4, pp. 455–465 (in Russ.).
4. McGarry L.M., Carter A.G. Inhibitory gating of basolateral amygdala inputs to the prefrontal cortex. *J. Neurosci.*, 2016, vol. 36, no. 36, pp. 9391–9406. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0874-16.2016>
5. De Pascalis V. Hemispheric asymmetry, personality and temperament, in *Person. Individ. Differ.*, 1993, vol. 14, no. 6, pp. 825–834. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(93\)90095-K](https://doi.org/10.1016/0191-8869(93)90095-K)
6. Eysenck H.J., Eysenck M.W. *Personality and Individual Differences: a Natural Science Approach*. London: Plenum Press, 1985. 452 p.
7. Sultanov M.B. [EEG Correlates of Eysenck's Personality Traits in Young Male Athletes], in *Vestn. Tomskogo gos. Univ. [Tomsk State University Journal]*, 2020, no. 454, pp. 209–213. <https://doi.org/10.17223/15617793/454/25> (in Russ.).
8. Rogers J.M., Johnstone S.J., Aminov A., Donnelly J., Wilson P.H. Test-retest reliability of a single-channel, wireless EEG system, in *Int. J. Psychophysiol.*, 2016, vol. 106, pp. 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.06.006>
9. Johnstone S.J., Blackman R., Bruggemann J.M. EEG from a single-channel dry-sensor recording device, in *Clinical EEG and Neurosci.*, 2012, vol. 43, no. 2, pp. 112–120. <https://doi.org/10.1177%2F1550059411435857>

10. Korjus K., Uusberg A., Uusberg H., Kuldkepp N., Kreegipuu K., Allik J., Aru J. Personality cannot be predicted from the power of resting state EEG, in *Frontiers Human Neurosci.*, 2015, vol. 9, no. 63, pp. 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00063>
11. Eysenck H.J. *The biological basis of personality*. Springfield, IL: Charles C. Thomas, 1967, 399 p.
12. Velikova S., Locatelli M., Insacco C., Smeraldi E., Comi G., Leocani L. Dysfunctional brain circuitry in obsessive–compulsive disorder: source and coherence analysis of EEG rhythms, in *Neuroimage*, 2010, vol. 49, no. 1, pp. 977–983. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.08.015>
13. Williams D.G. Effects of psychoticism, extraversion, and neuroticism in current mood: A statistical review of six studies, in *Person. Individ. Differ.*, 1990, vol. 11, no. 6, pp. 615–630. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(90\)90045-S](https://doi.org/10.1016/0191-8869(90)90045-S)
14. Ismailova K.Y., Sultanov M.B. [Studying of peculiarities of personal traits and markers of temperament of youth population with different psychological type], in *Sibirskiy pedagogicheskiy zhurnal [Siberian Pedagogical Journal]*, 2019, no. 1, pp. 139–147. <http://dx.doi.org/10.15293/1813-4718.1901.17> (in Russ.).
15. Koehler S., Wacker J., Odorfer T., Reif A., Gallinat J., Fallgatter A.J., Herrmann M.J. Resting posterior minus frontal EEG slow oscillations is associated with extraversion and DRD2 genotype, in *Biol. Psychol.*, 2011, vol. 87, no. 3, pp. 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.05.006>
16. Wacker J., Chavanon M.L., Stemmler G. Resting EEG signatures of agentic extraversion: New results and meta-analytic integration, in *J. Research Person.*, 2010, vol. 44, no. 2, pp. 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2009.12.004>
17. Yager L.M., Garcia A.F., Wunsch A.M., Ferguson S.M. The ins and outs of the striatum: role in drug addiction, in *Neurosci.*, 2015, vol. 301, pp. 529–541. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.06.033>
18. Colley A., Roberts N., Chipps A. Sex-role identity, personality and participation in team and individual sports by males and females, in *Int. J. Sport Psychology*, 1985, vol. 16, no. 2, pp. 103–112.
19. Eagleton J.R., McKelvie S.J., De Man A. Extraversion and neuroticism in team sport participants, individual sport participants, and nonparticipants, in *Perceptual Motor Skills*, 2007, vol. 105, no. 1, pp. 265–275. <https://doi.org/10.2466%2Fpms.105.1.265-275>
20. Olson K.R., Weber D.A. Relations between big five traits and fundamental motives, in *Psychol. Reports*, 2004, vol. 95, no. 3, pp. 795–802. <https://doi.org/10.2466%2Fp.95.3.795-802>
21. Beauducel A., Brocke B., Leue A. Energetical bases of extraversion: Effort, arousal, EEG, and performance, in *Int. J. Psychophysiol.*, 2006, vol. 62, no. 2, pp. 212–223. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.12.001>
22. Fink A. Event-related desynchronization in the EEG during emotional and cognitive information processing: differential effects of extraversion, in *Biol. Psychol.*, 2005, vol. 70, no. 3, pp. 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.01.013>
23. Stujenske J.M., Likhtik E., Topiwala M.A., Gordon J.A. Fear and safety engage competing patterns of theta-gamma coupling in the basolateral amygdala, in *Neuron*, 2014, vol. 83, no. 4, pp. 919–933. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.07.026>
24. Woodruff C.C., Barbera D., Von Oepen R. Task-related dissociation of EEG β enhancement and suppression, in *Int. J. Psychophysiol.*, 2016, vol. 99, pp. 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.11.005>
25. Klamer S., Schwarz L., Krüger O., Koch K., Erb M., Scheffler K., Ethofer T. Association between neuroticism and emotional face processing, in *Sci. Reports*, 2017, vol. 7, no. 1, pp. 17669 (1–8). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17706-2>
26. Kehoe E.G., Toomey J.M., Balsters J.H., Bokde A.L. Personality modulates the effects of emotional arousal and valence on brain activation, in *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 2012, vol. 7, no. 7, pp. 858–870. <https://doi.org/10.1093/scan/nsr059>
27. Kapogiannis, D., Sutin, A., Davatzikos, C., Costa Jr, P., Resnick, S. The five factors of personality and regional cortical variability in the Baltimore longitudinal study of aging, in *Human Brain Mapp.*, 2013, vol. 34, no. 11, pp. 2829–2840. <https://doi.org/10.1002/hbm.22108>
28. Boes, A.D., Grafft, A.H., Joshi, C., Chuang, N.A., Nopoulos, P., Anderson, S.W. Behavioral effects of congenital ventromedial prefrontal cortex malformation, in *BMC Neurol.*, 2011, vol. 11, no. 151, pp. 1–11 <https://doi.org/10.1186/1471-2377-11-151>

Received 17.11.2022

Sultanov M.B., Ph.D student

E-mail: murad.sultan.81@mail.ru

Ismailova Kh.Yu., Doctor of Biology, Head Researcher

E-mail: ismailovakh@gmail.com

A.I. Garayev Institute of Physiology, National Academy of Sciences of Azerbaijan

Sharifzadeh st., 78, Baku, Republic of Azerbaijan, AZ1100