

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ УТРЕННЕГО ХРОНОТИПА НА ОСНОВЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Р.А. Кудрин, Е.В. Лифанова, А.В. Плотникова

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
кафедра нормальной физиологии*

Биоритмологические особенности и параметры электроэнцефалографии у операторов утреннего хронотипа демонстрируют существенное взаимное влияние. В частности, частота низкочастотного бета-ритма в левых центральных отведениях и итоговый результат теста Остберга – Степановой имеют обратную корреляционную связь средней силы ($r_s = -0,697$), что отражает выраженную способность данных операторов к выполнению стереотипных, рутинных умственных операций. Кроме того, итоговый результат теста Остберга – Степановой имеет сильную обратную корреляционную связь с частотой низкочастотного бета-ритма в правых центральных ($r_s = -0,704$) и правых височных отведениях ($r_s = -0,738$). Это указывает на то, что у «ярко выраженных жаворонков» имеется способность к быстрому и качественному выполнению повторяющихся умственных операций, особенно связанных с воздействием невербальных слуховых раздражителей.

Ключевые слова: операторская деятельность, хронотип операторов, электроэнцефалография, биоэлектрическая активность головного мозга, профессиональный отбор операторов, эффективность операторской деятельности.

DOI 10.19163/1994-9480-2020-3(75)-65-69

OPTIMIZATION OF PROFESSIONAL ACTIVITY IN OPERATORS OF MORNING CHRONOTYPE BASED ON BIOELECTRICAL FEATURES OF BRAIN

R.A. Kudrin, E.V. Lifanova, A.V. Plotnikova

*FSBEI HE «Volgograd State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation,
Department of normal physiology*

Biorhythmological features and electroencephalography parameters in operators of morning chronotype demonstrate a significant mutual influence. In particular, frequency of the low-frequency beta-rhythm in left central leads and the total result of Ostberg-Stepanova test have an inverse correlation of average strength ($r_s = -0,697$), which reflects the expressed ability of these operators to perform stereotypical, routine mental operations. In addition, total result of Ostberg – Stepanova test has a strong inverse correlation with frequency of low-frequency beta-rhythm in right central ($r_s = -0,704$) and right temporal leads ($r_s = -0,738$). This indicates that «pronounced larks» have the ability to quickly and efficiently perform repetitive mental operations, especially those associated with the impact of non-verbal auditory stimuli.

Key words: operator activity, chronotype of operators, electroencephalography, bioelectrical activity of brain, professional selection of operators, efficiency of operator activity.

Работа современного оператора представляет собой особый вид профессиональной деятельности, который характеризуется взаимодействием человека с предметом труда, машиной и внешней средой, в результате чего формируется система «человек – машина – среда». При этом процесс труда осуществляется путем удаленного управления объектами с помощью специальных средств управления и информационных систем. Специфичность деятельности оператора состоит в том, что он лишен возможности непосредственно наблюдать управляемые объекты и вынужден пользоваться информацией об изменениях в состоянии управляемого объекта, которая поступает к нему по каналам связи [1].

В настоящее время практически в каждой профессии существуют элементы операторской деятельности. Усложнение оснащённости процесса труда меняет требования к операторам, а также их профессиональному отбору [2].

От стрессоустойчивости и эмоционального состояния оператора напрямую зависит функциональное состояние его головного мозга. Как известно,

в условиях повышенного внимания, при умственном напряжении, предъявлении неожиданного стимула возрастает выраженность β -ритма. В условиях спокойного бодрствования активизируются синхронизирующие структуры, что проявляется в виде α -ритма. При этом исследование биоэлектрической активности головного мозга может косвенно прогнозировать способность оператора искать и находить правильные решения при возникновении внештатных ситуаций, что может в дальнейшем использоваться в профессиональном отборе.

Высокая индивидуальная вариабельность спектров ЭЭГ может объясняться индивидуальными способностями испытуемых, их когнитивными особенностями, а также различными подходами при решении задач [3, 4].

Таким образом, оценка параметров биоэлектрической активности головного мозга позволит оценить функциональное состояние операторов, выявить эпизоды микросна, повышенный или сниженный уровень умственной активности, а также обнаружить признаки напряженного внимания и нервно-психического напряжения.

Интенсивные интеллектуальные, информационные и сенсорные нагрузки, характерные для данного вида деятельности, требуют значительного напряжения функциональных резервов организма, что проявляется в дисфункции и физиологических сдвигах ведущих сопряженных систем [5, 6]. Как правило, работа оператора связана с посменным графиком работы, что подразумевает ночные и суточные дежурства.

Неодинаковая сложность решаемых задач и различная интенсивность их предъявления, внештатные ситуации, а также воздействие других неблагоприятных профессиональных факторов и их сочетаний (гипокинезия, монотонность деятельности (сенсорная депривация), эмоционально-психическое напряжение, статическая рабочая поза, нарушение суточных ритмов), способствуют снижению работоспособности, ухудшению здоровья и появлению ошибок [7, 8].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Оптимизация профессиональной деятельности операторов, в том числе представителей утреннего хронотипа, на основе биоэлектрических особенностей головного мозга.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования были 121 оператор с начальным уровнем подготовки. Возраст всех участников на момент включения в исследование составлял 18–45 лет. По результатам предварительного медицинского осмотра все обследованные были признаны практически здоровыми.

Биоэлектрическая активность головного мозга оценивалась по данным электроэнцефалографии (ЭЭГ) с использованием международной схемы установки электродов «10–20 %». На каждом полушарии устанавливалось по 4 электрода парасагитально и по одному височному электроду на линии аурикулярной вертикали.

Для регистрации ЭЭГ использовался 8-канальный электроэнцефалограф «Нейрон-Спектр-1» производства ООО «Нейрософт» (Россия, Иваново) с программным обеспечением «Нейрон-Спектр» (2006).

Запись фоновой ЭЭГ проводилась в первой половине дня в затемненном комфортном помещении в спокойной обстановке, способствующей релаксации. Перед процедурой обследуемому подробно объяснялась суть исследования, после чего отводилось 5–10 минут на адаптацию. Во время регистрации ЭЭГ обследуемый находился в положении сидя с закрытыми глазами.

Для определения хронотипа использовалась анкета Остберга в модификации С. И. Степановой [9].

Статистическая обработка полученных данных проводилась в программных пакетах Gnumeric (версия 1.12.35) и LibreOffice (версия 6.0.3.2) [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью критерия Колмогорова – Смирнова было установлено, что распределение анализируемых выборок отличается от нормального. В связи с этим для анализа зависимости показателей биоэлектрической активности головного мозга от хронотипа у лиц с начальными навыками операторской деятельности нами использовался корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Был выбран данный метод статистического анализа, поскольку требовалось оценить зависимость одного количественного признака от другого при отсутствии нормального распределения в анализируемых выборках.

По результатам корреляционного анализа нами проводилось выявление взаимосвязей между параметрами ЭЭГ и результатами теста Остберга – Степановой у начинающих операторов с утренним хронотипом.

В табл. 1 представлены результаты анализа корреляции параметров ЭЭГ (в левых отведениях) и итогового результата теста Остберга – Степановой в группе утреннего хронотипа у обследованных с начальными навыками операторской деятельности.

Таблица 1

Взаимосвязь параметров ЭЭГ (левые отведения) и результата теста Остберга – Степановой в группе утреннего хронотипа (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s)

Ритмы ЭЭГ	Отведения	Показатели ЭЭГ	Значение показателей ЭЭГ, Ме	Итоговый результат теста Остберга – Степановой, Ме, баллы	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, R_s
Бета-ритм (НЧ)	Лобные	частота, Гц	15,4	85,3	0,146
		амплитуда, мкВ	0,5	85,3	-0,546
		индекс, %	2	85,3	-0,217
	Центральные	частота, Гц	16,1	85,3	-0,696*
		амплитуда, мкВ	0,6	85,3	-0,188
		индекс, %	3	85,3	0,504
	Затылочные	частота, Гц	16,4	85,3	0,129
		амплитуда, мкВ	0,6	85,3	-0,017
		индекс, %	2	85,3	-0,054
	Височные	частота, Гц	15,0	85,3	0,463
		амплитуда, мкВ	0,5	85,3	-0,479
		индекс, %	3	85,3	0,267

*Корреляция достигает уровня статистической значимости (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,68$).

Из табл. 1 следует, что параметры биоэлектрической активности головного мозга (в левых

Таблица 2

Взаимосвязь параметров ЭЭГ (правые отведения) и результата теста Остберга – Степановой в группе утреннего хронотипа (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s)

Ритм ЭЭГ	Отведения	Показатели ЭЭГ	Значение показателей ЭЭГ, Ме	Итоговый результат теста Остберга – Степановой, Ме, баллы	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, R_s
Бета-ритм (НЧ)	Лобные	частота, Гц	15,7	85,3	-0,504
		амплитуда, мкВ	0,5	85,3	-0,504
		индекс, %	2	85,3	-0,250
	Центральные	частота, Гц	16,3	85,3	-0,704*
		амплитуда, мкВ	0,6	85,3	-0,188
		индекс, %	3	85,3	0,171
	Затылочные	частота, Гц	16,6*	85,3	0,438
		амплитуда, мкВ	0,6	85,3	0,025
		индекс, %	4	85,3	-0,267
Височные		частота, Гц	15,9	85,3	-0,738*
		амплитуда, мкВ	0,5	85,3	0,371
		индекс, %	3	85,3	0,508

*Корреляция достигает уровня статистической значимости (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,68$).

отведениях) в группе утреннего хронотипа имеют прямые и обратные корреляционные связи слабой и умеренной тесноты с результатом теста Остберга – Степановой. При этом лишь корреляция частоты низкочастотного бета-ритма в левых центральных отведениях и результата теста Остберга – Степановой оказалась статистически значимой ($r_s = -0,697$) при умеренной тесноте обратной связи (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,68$).

Таким образом, в группе утреннего хронотипа увеличение суммы баллов обследованного по результатам теста Остберга – Степановой соответствует снижению частоты низкочастотного бета-ритма в левых центральных отведениях. В тесте Остберга – Степановой наибольшее количество баллов соответствует именно утреннему хронотипу (77–92 балла). Следовательно, для наиболее ярких представителей утреннего хронотипа характерна более низкая частота низкочастотного бета-ритма в левых центральных отведениях.

Это свидетельствует о том, что у «жаворонков» имеется выраженная способность к выполнению стереотипных, рутинных, повторяющихся умственных операций (сопровождающихся снижением частоты бета-ритма), особенно вербальных заданий и тестов на зрительно-пространственные отношения (поскольку активность бета-диапазона ЭЭГ левого полушария положительно связана с успешностью выполнения такого рода заданий) (Мартынова О.В. с соавт., 2016).

В то же время меньшей сумме баллов по результатам теста Остберга – Степановой соответствует более высокая частота низкочастотного бета-ритма.

Данный факт указывает на то, что для менее «четко выраженных» представителей утреннего хронотипа (близких к аритмикам) характерна повышенная умственная активность в условиях предъявления нового, неожиданного стимула.

В табл. 2 представлены результаты анализа корреляции параметров ЭЭГ (правые отведения) и итогового результата теста Остберга – Степановой в группе утреннего хронотипа у обследованных с начальными навыками операторской деятельности.

Из табл. 2 следует, что параметры биоэлектрической активности головного мозга (в правых отведениях) в группе утреннего хронотипа имеют прямые и обратные корреляционные связи слабой, умеренной и высокой тесноты с результатом теста Остберга – Степановой. При этом статистически значимой оказалась корреляция результата данного теста с частотой низкочастотного бета-ритма в правых центральных отведениях ($r_s = -0,704$) и правых височных отведениях ($r_s = -0,738$) при высокой тесноте обратных связей (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,68$).

Таким образом, доказана обратная корреляционная взаимосвязь высокой тесноты между частотой низкочастотного (НЧ) бета-ритма в правых центральных и височных отведениях с итоговым результатом теста Остберга – Степановой в группе утреннего хронотипа у лиц с начальными навыками операторской деятельности. Следовательно, увеличению суммы набранных баллов по результатам теста соответствует снижение частоты низкочастотного бета-ритма в правых центральных и височных отведениях. Большое количество баллов в тесте Остберга – Степановой является характерным признаком утреннего хронотипа (77–92 балла). В связи с этим для «четко выраженных» представителей утреннего хронотипа (с максимальным количеством баллов в тесте на хронотип) характерна более низкая частота низкочастотного бета-ритма в правых центральных и височных отведениях. Это указывает на то, что для «ярко выраженных жаворонков» характерна высокая способность к выполнению повторяющихся умственных операций, сопровождающихся снижением частоты бета-ритма, особенно связанных с воздействием невербальных слуховых раздражителей.

С другой стороны, уменьшению суммы баллов по результатам теста Остберга – Степановой

соответствует нарастание частоты низкочастотного бета-ритма. Таким образом, для менее «четко выраженных» представителей утреннего хронотипа (близких к аритмичному хронотипу) характерны проявления повышенной умственной активности на фоне эмоционального возбуждения, а также в условиях предъявления нового, неожиданного стимула.

Таким образом, по результатам проведенного корреляционного анализа у начинающих операторов с утренним хронотипом доказана зависимость биоэлектрической активности коры головного мозга от биоритмологических особенностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для представителей различных хронотипов с начальными навыками операторской деятельности характерно наличие корреляционной взаимосвязи между параметрами ЭЭГ и результатом теста Остберга – Степановой. При этом наибольшее влияние хронотипа на биоэлектрическую активность головного мозга среди начинающих операторов прослеживается в группе утреннего хронотипа. Показано, что для «ярко выраженных жаворонков» характерна высокая способность к выполнению стереотипных, рутинных, повторяющихся умственных операций, особенно связанных с воздействием невербальных слуховых раздражителей. С другой стороны, для «слабо выраженных» представителей утреннего хронотипа, приближенных по своему хронотипологическому профилю к аритмичному хронотипу, характерны явления повышенной умственной активности на фоне эмоционального возбуждения, а также в условиях предъявления неожиданного стимула. Обе выявленные тенденции позволяют рекомендовать представителей утреннего хронотипа как наиболее подходящих кандидатов при профотборе лиц на операторские профессии.

Использование полученных данных поможет оптимизировать профессиональный отбор операторов для систем «человек – машина – среда» и снизить аварийность на потенциально опасных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукьянова Л.М. Оценка эффективности деятельности в условиях автоматизированной информационной системы // Материалы IV Международного Балтийского морского форума. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2018. – С. 977–983.
2. Ярушкин Н.Н., Сатонина Н.Н. Условия надёжности человеческого звена в системах «человек – машина» // Сборник трудов научно-практической конференции с международным участием «Человек в условиях неопределённости». – Самара: Самарский государственный технический университет, 2018. – С. 183–186.

3. Мартынова О. В., Портнова Г. В., Балаев В. В., Иваницкий А. В. Сравнительный анализ активности головного мозга при вербальном и пространственном мышлении в норме и у пациентов с нарушениями речи // Журнал высшей нервной деятельности. – 2016. – Т. 66, № 3. – С. 313–326.

4. Кудрин Р.А., Лифанова Е.В., Плотникова А.В. Хронофизиологические особенности операторов с начальным уровнем профессиональной подготовки // Физическое воспитание и тренировка. – 2019. – № 1 (27). – С. 92–103.

5. Тебенова К.С., Ильясова Б.И., Заркенова Ж.Т., Заркенова Л.С. Функциональное состояние системы кровообращения у работников видеодисплейных терминалов в динамике смены // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1-3. – С. 382–386.

6. Кудрин Р.А., Лифанова Е.В., Плотникова А.В. Вегетативный статус и регионарная гемодинамика операторов с различным хронотипом // Физическое воспитание и тренировка. – 2020. – № 1 (73). – С. 164–168.

7. Кальниш В.В., Швеиц А.В. Информационная технология психофизиологического обеспечения высокой надёжности операторской деятельности // Кибернетика и вычислительная техника. – 2014. – № 3 (177). – С. 54–67.

8. Дуюнов Е.А., Абдулазизов В.Р. Влияние факторов профессиональной деятельности на работоспособность и состояние здоровья военнослужащих операторского профиля // Гуманитарный вестник военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 3 (7). – С. 32–35.

9. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. – М.: Наука, 1989. – 239 с.

10. Букушева А.В. Статистическая обработка данных в Gnumeric: учебное пособие. – Саратов, 2015. – 70 с.

REFERENCES

1. Luk'yanova L.M. Ocenka effektivnosti deyatel'nosti v usloviyah avtomatizirovannoy informacionnoy sistemy [Evaluation of performance in an automated information system]. *Materialy IV Mezhdunarodnogo Baltijskogo morskogo foruma* [Materials of the IV International Baltic Sea Forum]. Kaliningrad: Kaliningradskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2018. Pp. 977–983. (In Russ.; abstr. in Engl.).
2. Yarushkin N.N., Satonina N.N. Usloviya nadyozhnosti chelovecheskogo zvena v sistemah «chelovek-mashina» [Conditions for reliability of the human link in the «man-machine» systems]. *Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Chelovek v usloviyah neopredelyonnosti»* [Proceedings of the scientific and practical conference with international participation «Man in conditions of uncertainty»]. Samara: Samarskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2018. Pp. 183–186. (In Russ.; abstr. in Engl.).
3. Martynova O.V., Portnova G.V., Balaev V.V., Ivanickij A.V. Sravnitel'nyj analiz aktivnosti golovnog mozga pri verbal'nom i prostranstvennom myshlenii v norme i u pacientov s narusheniyami rechi [Comparative analysis of brain activity in verbal and spatial thinking in normal and in patients with speech disorders]. *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti* [Journal of Higher Nervous Activity], 2016, vol. 66, no. 3, pp. 313–326. (In Russ.; abstr. in Engl.).

4. Kudrin R.A., Lifanova E.V., Plotnikova A.V. Hronofiziologicheskie osobennosti operatorov s nachal'nym urovnem professional'noj podgotovki [Chronophysiological features of operators with an initial level of professional training]. *Fizicheskoe vospitanie i trenirovka* [Physical education and training], 2019, no. 1 (27), pp. 92–103. (In Russ.; abstr. in Engl.).

5. Tebenova K.S., Il'yasova B.I., Zarkanova Zh.T., Zarkanova L.S. Funkcional'noe sostoyanie sistemy krovoobrashcheniya u rabotnikov videodisplejnyh terminalov v dinamike smeny [Functional state of circulatory system in employees of video display terminals in shift dynamics]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2015, no. 1-3, pp. 382–386. (In Russ.; abstr. in Engl.).

6. Kudrin R.A., Lifanova E.V., Plotnikova A.V. Vegetativnyj status i regionarnaya gemodinamika operatorov s razlichnym hronotipom [Vegetative status and regional hemodynamics of operators with different chronotype]. *Fizicheskoe vospitanie i trenirovka* [Physical education and training], 2020, no. 1 (73), pp. 164–168. (In Russ.; abstr. in Engl.).

7. Kal'nish V.V., Shvec A.V. Informacionnaya tekhnologiya psihofiziologicheskogo obespecheniya vysokoj nadyozhnosti operatorskoj deyatel'nosti [Information technology for psychophysiological support of high reliability of operator activity]. *Kibernetika i vychislitel'naya tekhnika* [Cybernetics and computer technology], 2014, no. 3 (177), pp. 54–67. (In Russ.; abstr. in Engl.).

8. Duyunov E.A., Abdulazizov V.R. Vliyanie faktorov professional'noj deyatel'nosti na rabotosposobnost' i sostoyanie zdorov'ya voennosluzhashchih operatorskogo profilya [Influence of professional activity factors on performance and health status of military personnel of operator profile]. *Gumanitarnyj vestnik voennoj akademii raketnyh vojsk strategicheskogo naznacheniya* [Humanitarian bulletin of the military academy of strategic missile forces], 2017, no. 3 (7), pp. 32–35. (In Russ.; abstr. in Engl.).

9. Stepanova S.I. Bioritmologicheskie aspekty problemy adaptatsii [Biorhythmological aspects of adaptation problem]. Moscow: Nauka, 1989. 239 p. (In Russ.; abstr. in Engl.).

10. Bukusheva A.V. Statisticheskaya obrabotka dannyh v Gnumeric: uchebnoe posobie [Statistical processing of database in Gnumeric: a tutorial]. Saratov, 2015. 70 p. (In Russ.; abstr. in Engl.).

Контактная информация

Кудрин Родион Александрович – д. м. н., доцент, профессор кафедры нормальной физиологии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: rodion.kudrin76@yandex.ru