

БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ОПЕРАТОРОВ С РАЗНЫМ ХРОНОТИПОМ

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

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

Обнаруженные особенности биоэлектрической активности головного мозга характеризуют утренний хронотип, как наиболее предпочтительный для операторов. В состоянии спокойного бодрствования у представителей данной группы отмечаются признаки напряженного внимания (преобладание тета-ритма), а также повышенной умственной активности на фоне эмоционального возбуждения (преобладание низкочастотного бета-ритма).

Ключевые слова: биоэлектрическая активность головного мозга, операторская деятельность, хронотип, профессиональный отбор операторов.

DOI 10.19163/1994-9480-2019-1(69)-116-119

BIOELECTRICAL ACTIVITY OF THE BRAIN IN OPERATORS WITH DIFFERENT CHRONOTYPES

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

*FSBEI HE «Volgograd State Medical University» of Public Health Ministry of the Russian Federation,
department of normal physiology*

The revealed features of the bioelectrical activity of the brain characterize the morning chronotype as the most preferable for operators. In a calm wakefulness state the representatives of this group have signs of intense attention (predominance of theta-rhythm), as well as increased mental activity on the background of emotional excitement (predominance of low-frequency beta-rhythm).

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

Профессия оператора в настоящее время является одним из самых сложных и востребованных видов профессиональной деятельности, связанным с переработкой разнообразной информации, которую предъявляет машина (Воронин В.М., 2016). При этом человек выступает звеном в цепи «человек-машина-среда», являясь посредником между постоянно меняющимся внешним миром и техническим устройством (Найденова Л.И., 2014; Платонова А.В., 2016).

Современный технологический процесс, обслуживаемый операторами, помимо своей постоянно увеличивающейся сложности отличается также высокой степенью личной ответственности оператора за ошибки в работе (Дьяков А.Ф., 2016).

Наличие выраженных противоречий между профессиональными требованиями к оператору, отражающими специфику работы, и его психофизиологическими особенностями, определяют потребность в постоянном изучении закономерностей деятельности человека в системах управления и разработке на этой основе практических рекомендаций по ее оптимизации (Шишов Б.А., Колесникова А.С. с соавт., 2016).

Умение сохранять высокий уровень бдительности в ночное время суток является критически важным качеством оператора (Дорохов В.Б., 2013) и напрямую зависит от его принадлежности к тому или иному хронотипу. В свою очередь, хронотип представляет собой относительно устойчивую

индивидуальную временную периодизацию психофизиологического состояния, а также работоспособности человека, что проявляется в виде предпочтения им утренней или вечерней деятельности (Чиби́сов С.М., Катинас Г.М. с соавт., 2013).

Исходя из этого, представляется актуальным изучение хронофизиологических особенностей операторов для выявления профессионально важных качеств.

Исследование биоритмологических особенностей, в свою очередь, позволит оценить, в какое время суток оператор, относящийся к тому или иному хронотипу, способен наиболее продуктивно и с наименьшим количеством ошибок осуществлять профессиональную деятельность. Это имеет большое значение в сложных условиях операторского труда, особенно при работе по сменам (Таранов А.О., Пучкова А.Н. с соавт., 2014).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка алгоритмов оценки профессионально важных качеств по параметрам электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у операторов с различным хронотипом.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования был 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.

Для определения хронотипа использовался тест Остберга в модификации С.И. Степановой (Степанова С.И., 1989).

Фоновая биоэлектрическая активность головного мозга оценивалась по данным электроэнцефалографии (ЭЭГ) с использованием международной схемы установки электродов «10–20 %» и монополярных отведений (Зенков Л.Р., 2012). Для записи и анализа ЭЭГ применялся 8-канальный электроэнцефалограф «Нейрон-Спектр-1» с программным обеспечением «Нейрон-Спектр».

Регистрация ЭЭГ проводилась в затемненном помещении при отсутствии посторонних раздражителей. Во время записи обследуемый находился в положении сидя с закрытыми глазами. Измерительные электроды располагались во фронтальных (Fp), центральных (C), височных (T) и затылочных (O) отведениях, референтные – на мочках ушей.

Для статистической обработки полученных данных применялись программные пакеты Gnumeric (версия 1.12.35) и LibreOffice (версия 6.0.3.2) (Букушева А. В., 2015).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам теста Остберга обследованные были разделены на три группы: с утренним хронотипом (77 баллов и выше), аритмичным (58–76 баллов) и вечерним (57 баллов и ниже).

Представители утреннего хронотипа составили 7,4 % от общего количества участников исследования. Данная группа оказалась самой малочисленной. К вечернему хронотипу были отнесены 31,4 % обследованных. Наиболее многочисленными оказались операторы с аритмичным хронотипом – 61,2 % от общего числа обследованных.

Анализ результатов теста Остберга. В результате проверки нормальности распределения выборок (по критерию Шапиро–Франсиа при $n < 50$ и по критерию Колмогорова–Смирнова при $n > 50$) оказалось, что для утреннего хронотипа $p = 0,07$, для вечернего – $p = 0,04$, для аритмичного – $p = 0,38$ (Марапов Д.И., Закиров И.К. с соавт., 2013). Поскольку в выборках, соответствующих утреннему и аритмичному хронотипам, $p > 0,05$, нами был сделан вывод о приблизительном соответствии эмпирического распределения нормальному. В выборке вечернего хронотипа $p < 0,05$, что свидетельствует об отличии распределения от нормального. В связи с этим сравнение указанных выборок проводилось с помощью одностороннего дисперсионного анализа (H-критерий Краскела–Уоллиса).

В табл. представлены результаты сравнения групп с разным хронотипом среди операторов начального уровня подготовки.

Из табл. следует, что итоговый результат теста Остберга среди обследованных оказался наименьшим в группе вечернего хронотипа – 49,1 балла (межквартильный размах 46–54 балла), средним

Хронофизиологические особенности обследованных операторов (односторонний дисперсионный анализ)

Показатели теста Остберга	Утренний хронотип (n = 9) Me	Вечерний хронотип (n = 38) Me	Аритмичный хронотип (n = 74) Me
Итоговый результат теста, баллы	85,3*	49,1*	67,9*

* Статистически значимые различия ($p \leq 0,05$).

в группе аритмичного хронотипа – 67,9 балла (межквартильный размах 64–72 балла) и наибольшим в группе утреннего хронотипа – 85,3 балла (межквартильный размах 83–90 баллов). Наблюдаемые различия итогового результата теста Остберга среди обследованных с разным хронотипом оказались статистически значимыми ($p = -1,58 \times 10^{17}$).

Полученные результаты подтверждают справедливость выделения трех групп участников исследования в зависимости от хронотипа. Последующий анализ проводился на основе данной классификации.

Анализ параметров электроэнцефалограммы (ЭЭГ). В результате проверки нормальности распределения выборок (по критерию Шапиро–Франсиа при $n < 50$ и по критерию Колмогорова–Смирнова при $n > 50$) оказалось, что для утреннего, вечернего и аритмичного хронотипов по большинству ЭЭГ-показателей распределение отличается от нормального (Марапов Д.И., Закиров И.К. с соавт., 2013). В связи с этим сравнение указанных выборок проводилось с помощью одностороннего дисперсионного анализа (H-критерий Краскела–Уоллиса).

На рис. 1 показано, что амплитуда спектра высокочастотного бета-ритма в левых височных отведениях у обследованных оказалась наименьшей в группе утреннего хронотипа – 0,3 мкВ/с (межквартильный размах 0,11–0,33 мкВ/с). В группе вечернего хронотипа данный показатель составил 0,4 мкВ/с (межквартильный размах 0,25–0,51 мкВ/с) и в группе аритмичного хронотипа – 0,4 мкВ/с (межквартильный размах 0,28–0,46 мкВ/с). Наблюдаемые различия амплитуды спектра высокочастотного бета-ритма в левых височных отведениях у участников с разным хронотипом оказались статистически значимыми ($p = 0,02892$).

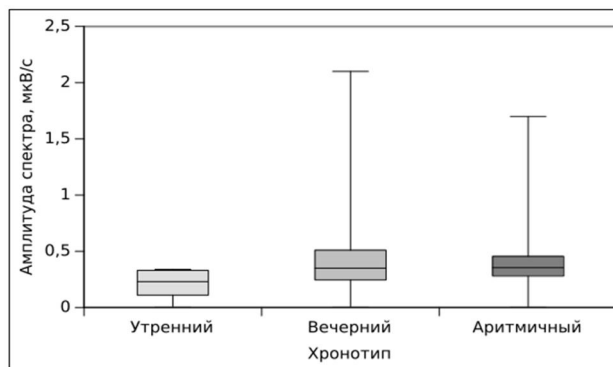


Рис. 1. Амплитуда спектра высокочастотного бета-ритма в левых височных отведениях у обследованных

Следовательно, в состоянии спокойного бодрствования у представителей аритмичного и вечернего хронотипов отмечаются признаки повышенной нервно-психической напряженности. Подобная реакция свидетельствует о постоянном напряжении регуляторных механизмов, сформированных в ответ на стресс и длительную умственную работу операторов.

На рис. 2 показано что, индекс тета-ритма в левых центральных отведениях у обследованных оказался наибольшим в группе утреннего хронотипа – 21 % (межквартильный размах 17–25 %). В группе вечернего хронотипа данный показатель составил 15 % (межквартильный размах 12–18 %) и в группе аритмичного хронотипа – 15 % (межквартильный размах 12–18 %).

Наблюдаемые различия индекса тета-ритма в левых центральных отведениях у участников с разным хронотипом оказались статистически значимыми ($p = 0,01023$).

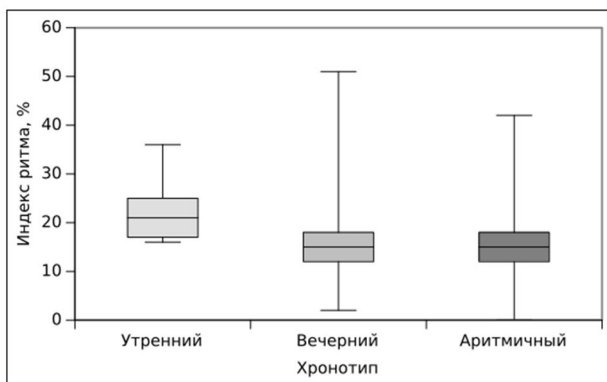


Рис. 2. Индекс тета-ритма в левых центральных отведениях у обследованных

Таким образом, в состоянии спокойного бодрствования у представителей утреннего хронотипа отмечаются признаки напряженного внимания. Обнаруженные особенности свидетельствуют о наличии регуляторных механизмов, сформированных в ответ на необходимость принятия решений при высоком уровне неопределенности.

На рис. 3 показано, что частота низкочастотного бета-ритма в правых затылочных отведениях у обследованных оказалась наибольшей в группе утреннего хронотипа – 16,6 Гц (межквартильный размах 15,1–16,8 Гц).

В группе вечернего хронотипа данный показатель составил 15,8 Гц (межквартильный размах 15,2–16,5 Гц) и в группе аритмичного хронотипа – 15,8 Гц (межквартильный размах 15,1–16,4 Гц). Наблюдаемые различия частоты низкочастотного бета-ритма в правых затылочных отведениях у участников с разным хронотипом оказались статистически значимыми ($p = 0,03207$).

Следовательно, в состоянии спокойного бодрствования у представителей утреннего хронотипа отмечаются признаки повышенной умственной активности на фоне эмоционального возбуждения.

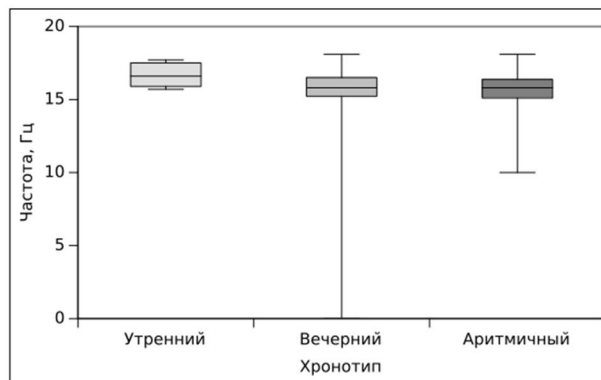


Рис. 3. Частота низкочастотного бета-ритма в правых затылочных отведениях у обследованных

Подобная реакция свидетельствует о наличии регуляторных механизмов, сформированных в ответ на интенсивную умственную деятельность операторов, требующую повышенного внимания.

На рис. 4 показано, что амплитуда спектра дельта-ритма в правых лобных отведениях у обследованных оказалась наименьшей в группе утреннего хронотипа – 3,3 мкВ/с (межквартильный размах 2,2–4,0 мкВ/с), средним в группе аритмичного хронотипа – 4,3 мкВ/с (межквартильный размах 3,4–5,4 мкВ/с) и наибольшим в группе вечернего хронотипа – 4,7 мкВ/с (межквартильный размах 3,4–6,7 мкВ/с).

Наблюдаемые различия амплитуды спектра дельта-ритма в правых лобных отведениях у участников исследования с разным хронотипом оказались статистически значимыми ($p = 0,04218$).

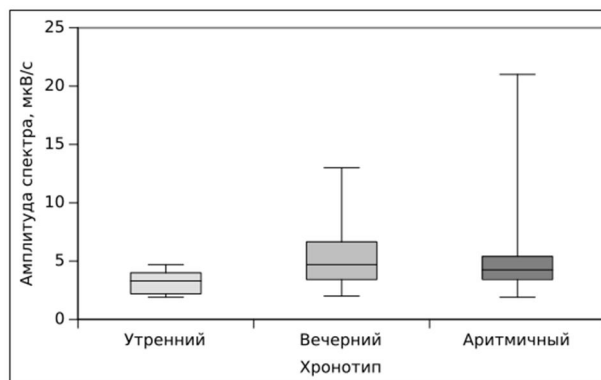


Рис. 4. Амплитуда спектра дельта-ритма в правых лобных отведениях у обследованных

Таким образом, в состоянии спокойного бодрствования у представителей аритмичного и вечернего хронотипов отмечаются признаки микросна, что свидетельствует о снижении работоспособности операторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди обследованных операторов начального уровня подготовки выявлены представители трех хронотипов: аритмичного – 61,2 %, утреннего – 7,4 % и вечернего – 31,4 %. Данные группы достоверно

отличаются по итоговому результату теста Остберга. Кроме того, в группе утреннего хронотипа обнаружена наименьшая выраженность высокочастотного бета-ритма в левых височных отведениях и наибольшая выраженность тета-ритма в левых центральных отведениях.

В группе утреннего хронотипа частота низкочастотного бета-ритма в правых затылочных отведениях оказалась наибольшей, а амплитуда спектра дельта-ритма в правых лобных отведениях – наименьшей.

Таким образом, обнаруженные особенности биоэлектрической активности головного мозга позволяют охарактеризовать утренний хронотип как наиболее предпочтительный для операторов. В состоянии спокойного бодрствования у представителей данной группы отмечаются признаки напряженного внимания (преобладание тета-ритма), а также повышенной умственной активности на фоне эмоционального возбуждения (преобладание низкочастотного бета-ритма). Вместе с тем, у операторов аритмичного и вечернего хронотипов на фоне повышенной нервно-психической напряженности (высокочастотный бета-ритм) наблюдаются эпизоды микросна (преобладание дельта-ритма), что потенциально может привести к ошибкам в работе.

Предложенные алгоритмы оценки профессионально важных качеств по параметрам ЭЭГ у операторов с различным хронотипом помогут оптимизировать профессиональный отбор персонала для систем «человек-машина» и снизить аварийность на потенциально опасных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Букушева А.В. Статистическая обработка данных в Gnumeric: Учебное пособие. – Саратов, 2015. – 70 с.
2. Воронин В.М. Психология решения оперативных задач в больших системах. Диагностика функционального состояния и обучение операторов. – Екатеринбург: УрГУПС. – 2016. – 249 с.
3. Дорохов В.Б. Сомнология и безопасность профессиональной деятельности // Журнал высшей нервной деятельности. – 2013. – № 63 (1). – С. 33–47.
4. Дьяков А.Ф. Техногенные катастрофы в тепловой и атомной энергетике. Прочностный анализ. Инженерная психология. Новые технологии и их предотвращения. – М.: Инновационное машиностроение, 2016. – 614 с.
5. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей. – 5-е изд. – М.: МЕДпрессинформ, 2012. – 356 с.
6. Маратов Д.И., Закиров И.К., Искадаров И.Р. Медицинская статистика [Электронный ресурс] // Сайт для аспирантов и молодых ученых, врачей-специалистов и организаторов, студентов и преподавателей. – 2013. – URL: <http://medstatistic.ru>.
7. Найденова Л.И. Инженерная психология. – Пенза: Пенз. ГТУ. – 2014. – 99 с.
8. Платонова А.В. Основы инженерной психологии: Учебное пособие. – Изд. 2-е. – Томск: ТГАСУ, 2016. – 126 с.
9. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. – М.: Наука, 1989. – 239 с.
10. Таранов А.О., Пучкова А.Н., Лемешко К.А., Дорохов В.Б. Генетические исследования циркадных ритмов работников, занятых операторской деятельностью // Вестник Московского государственного гуманитарного

университета им. М.А. Шолохова. Педагогика и психология. – 2014. – № 4. – С. 74–83.

11. Чибисов С.М., Катинас Г.М., Рагульская М.В. Биоритмы и космос: мониторинг космобиосферных связей. – М.: Монография. – 2013. – 442 с.

12. Шишов Б.А., Колесникова А.С., Пулин М.А. Разработка модели психоэмоционального состояния диспетчера АСДУ // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2017. – № 1. – С. 15–23.

REFERENCES

1. Bukusheva A.V. Statisticheskaya obrabotka dannyh v Gnumeric: Uchebnoe posobie [Statistical Data Processing in Gnumeric: Tutorial]. Saratov, 2015. 70 p.
2. Voronin V.M. Psihologiya resheniya operativnyh zadach v bol'shih sistemah. Diagnostika funktsional'nogo sostoyaniya i obuchenie operatorov [Psychology of solving operational problems in large systems. Diagnosis of the functional state and operator training]. Ekaterinburg: UrGUPS, 2016, 249 p.
3. Dorohov V.B. Somnologiya i bezopasnost' professional'noj deyatelnosti [Somnology and safety of professional activity]. Zhurnal vysshej nervnoj deyatelnosti [Journal of higher nervous activity], 2013, no. 63 (1), pp. 33–47. (In Russ.; abstr. in Engl.).
4. D'yakov A.F. Tekhnogennyye katastrofy v teplovoj i atomnoj energetike. Prochnostnyj analiz. Inzhenernaya psihologiya. Novyye tekhnologii i ih predotvrascheniya [Man-made disasters in thermal and nuclear energy. Strength analysis. Engineering psychology. New technologies and their prevention]. Moscow: Innovacionnoe mashinostroenie, 2016. 614 p.
5. Zenkov L.R. Klinicheskaya elektroencefalografiya (s elementami epileptologii). Rukovodstvo dlya vrachej [Clinical electroencephalography (with elements of epileptology). A guide for doctors]. 5th ed. Moscow: MEDpressinform, 2012. 356 p.
6. Marapov D.I., Zakirov I.K., Iskandarov I.R. Medicinskaya statistika [Elektronnyj resurs] [Medical statistics]. In Sajt dlya aspirantov i molodyh uchenyh, vrachej-spezialistov i organizatorov, studentov i prepodavatelej [Site for graduate students and young scientists, medical specialists and organizers, students and teachers], 2013. Available at: <http://medstatistic.ru>.
7. Najdenova L.I. Inzhenernaya psihologiya [Engineering psychology]. Penza: Penz. GTU, 2014. 99 p.
8. Platonova A.V. Osnovy inzhenernoj psihologii: Uchebnoe posobie [Fundamentals of engineering psychology: Study guide]. 2th ed. Tomsk: TGASU, 2016. 126 p.
9. Stepanova S.I. Bioritmologicheskie aspekty problemy adaptatsii [Biorhythmic aspects of the problem of adaptation]. Moscow: Nauka, 1989. 239 p.
10. Taranov A.O., Puchkova A.N., Lemeshko K.A., Dorohov V.B. Gene-ticheskie issledovaniya cirkadnyh ritmov rabotnikov, zanyatyh operatorskoj deyatelnost'yu [Genetic studies of circadian rhythms of workers engaged in camera work]. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta im. M.A. Sholohova. Pedagogika i psihologiya [Bulletin of the Moscow State Humanitarian University named after M.A. Sholokhov. Pedagogy and psychology], 2014, no. 4, pp. 74–83. (In Russ.; abstr. in Engl.).
11. CHibisov S.M., Katinas G.M., Ragul'skaya M.V. Bioritmy i kosmos: monitoring kosmobiوسفernyh svyazey [Biorhythms and space: monitoring of cosmobiосphere relations]. Moscow: Monografiya, 2013. 442 p.
12. SHishov B.A., Kolesnikova A.S., Pulin M.A. Razrabotka modeli psioemocional'nogo sostoyaniya dispetchera ASDU [Development of a model of the psycho-emotional state of the ASDU dispatcher]. Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti [Automation, telemechanization and communication in the oil industry], 2017, no. 1, pp. 15–23. (In Russ.; abstr. in Engl.).

Контактная информация

Кудрин Родион Александрович – д. м. н., доцент, профессор, кафедра нормальной физиологии ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, e-mail: rodion.kudrin76@yandex.ru.