

УДК 612.821

В.Г. ГРИГОРЯН, А.Р. АГАБАБЯН, А.Н. АРАКЕЛЯН

ИЗМЕНЕНИЕ ВНУТРИКОРКОВОЙ ИНТЕГРАТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ РАБОТЕ НА КОМПЬЮТЕРЕ В УСЛОВИЯХ МОНОТОНИИ

Исследованы особенности мозгового обеспечения эффективной деятельности при выполнении монотонной работы на компьютере в зависимости от генетически детерминированных свойств ЦНС. Методом картирования фоновой электрической активности выявлено различие в механизмах реализации монотонной операторской деятельности на дисплее у испытуемых, отличающихся индивидуально-типологическими особенностями ЦНС. Обнаружено, что у интровертов исходная структура внутрикорковой интеграции не меняется в течение всего эксперимента, тогда как у экстравертов отмечается нарушение структуры внутрикорковой интеграции для преодоления состояния монотонии, что требует дополнительных психофизиологических затрат. Это свидетельствует о более высокой "физиологической стоимости" монотонной работы на компьютере для экстравертов.

Введение. Повышенный интерес к изучению функционального состояния человека при монотонной операторской деятельности на компьютере, наметившийся в последние годы, обусловлен необходимостью разработки ряда эргономических требований для предотвращения развития психоэмоционального напряжения и связанных с ним нежелательных последствий.

Нейрофизиологические исследования монотонной операторской работы на дисплее могут оказаться полезными для выяснения мозговых механизмов обеспечения успешной реализации подобной деятельности. Одним из перспективных методов изучения мозгового обеспечения деятельности является метод системного анализа внутрикорковой интегративной структуры [1,2]. С помощью этого метода было установлено, что в динамике операторской деятельности наблюдаются изменения внутрикорковой интеграции, отражающей степень участия различных областей коры в обеспечении оптимального уровня функционального состояния. Однако проблема соотношения индивидуального уровня активации с адаптационными возможностями личности к определенному виду деятельности, несмотря на повышенный интерес исследователей, до конца не выяснена.

С целью исследования организации корковой интегративной системы в зависимости от генетически детерминированных свойств нервной системы нами проведена сравнительная оценка исследуемых областей по распределению максимальной плотности мощности (МПМ) α - и θ -ритмов, проявляющих наибольшую индивидуальную зависимость [3-5].

Материал и методы исследования. Исследования проводились на 52 практически здоровых студентах в возрасте от 18 до 23 лет с выраженной праворукостью, не имеющих опыта работы с компьютером. Испытуемые по данной методике ранее не обследовались. Задание, которое выполнялось испытуемыми, моделировало работу операторов в статуправлениях в течение 4-х часов и заключалось во введении в память компьютера материала, не несущего смысловой нагрузки. Такая работа представляет собой однообразный длительный труд, вызывающий состояние монотонии. В условиях нашего эксперимента можно говорить об относительной монотон-

ности: работа на дисплее прерывалась 3 раза по 15 мин в течение 4 часов для дискретной регистрации нейрофизиологических показателей. Об эффективности деятельности судили по количеству допущенных за каждый час работы ошибок, фиксируемых компьютером.

Для выявления индивидуальных особенностей предварительно (вне эксперимента) каждому испытуемому предъявлялся личностный опросник Г. Айзенка [6], включающий 57 вопросов и позволяющий оценить показатель экстраверсии. К интровертам были отнесены испытуемые с показателем экстраверсии ниже 12 ед., а к экстравертам – выше 12 ед. Амбиверты в эксперименте не участвовали. Производилась регистрация фоновой ЭЭГ, по которой согласно классификации Г. Пуистера [7], основанной на выраженности α -ритма, определялся исходный уровень активности коры. Большинство тестируемых студентов имели совпадение степени экстравертированности с характером ЭЭГ: у интровертов плотность мощности α -ритма фоновой ЭЭГ была выше 1 В/с, у экстравертов – ниже. Тестируемые студенты, у которых эта закономерность не наблюдалась, не вошли в число испытуемых. На основании вышесказанного были сформированы две экспериментальные группы. В I группу (30 человек) вошли испытуемые-интроверты, имеющие высокий исходный уровень активности коры, во II (22 человека) – испытуемые-экстраверты с низким исходным уровнем активности коры.

Исследования проводились в затемненной звукозаглушенной экранированной камере, в удобном для испытуемого полулежачем расслабленном положении с закрытыми глазами. Регистрировалась спонтанная фоновая активность во фронтальной, центральной, теменной и затылочной областях коры левого полушария.

Регистрация ЭЭГ осуществлялась на 8-канальном энцефалографе фирмы “Медикор” (Венгрия) (постоянная времени 1 с, полоса пропускания 0,5–70 Гц). Анализу подвергались 10-секундные отрезки полиграфической записи. Электроэнцефалограммы одновременно вводились в широкополосный анализатор-интегратор “Anieg-81”, что обеспечивало непрерывную селекцию стандартных ритмов в диапазонах, соответствующих α - и θ -ритмам. Далее с помощью “Anieg-81” проводилось усреднение сигналов, соответствующих выделенной частотной полосе, с последующим их переводом в цифровую форму (В/с) и параллельной регистрацией результатов в аналоговой форме на энцефалографе. ЭЭГ регистрировали в трех экспериментальных ситуациях: при предъявлении индифферентных световых стимулов – ситуация НВ, при подсчете световых вспышек в разных вариациях с нажатием на кнопку – ситуация ПВ и после прекращения светового раздражения – ситуация Φ_3 . Проводилось 5 серий регистрации: до начала работы на дисплее (T_0), после 1-го (T_1), 2-го (T_2), 3-го (T_3) и 4-го (T_4) часов работы.

Для исследования организации корковой интегративной системы были составлены карты по распределению максимальной плотности мощности (МПМ) α - и θ -ритмов в динамике 4-часовой монотонной работы в ситуациях НВ, ПВ и Φ_3 при помощи компьютерной графики “Corell draw”. Полученные в эксперименте данные подвергались статистической обработке по t-критерию Стьюдента.

Результаты исследования. Результаты анализа эффективности деятельности показали почти одинаковую успешность в выполнении задания в обеих группах испытуемых от начала к концу эксперимента. 83,3% испытуемых с высокой корковой активностью и 75,0% — с низкой улучшали качество деятельности к концу работы по мере обучения, что свидетельствует о приобретении определенного навыка по пользованию дисплеем. К концу эксперимента ухудшались показатели качества выполнения работы у 8,4% испытуемых с высокой активностью коры и у 17,0% — с низкой. У остальных испытуемых эффективность деятельности не менялась.

При исследовании распределения МПМ α -ритма было установлено, что в I группе испытуемых МПМ α -ритма наблюдается в затылочной области (см. рис., а) от T_0 к T_4 во всех ситуациях (НВ, ПВ и Φ_3) с достоверностью $p < 0,001$.

Во II группе испытуемых (см. рис., б) при T_0 , T_1 , T_2 , и T_4 в ситуации НВ доминирование α -ритма в какой-либо области коры левого полушария отсутствует – наблюдается синхронная работа исследуемых областей. Лишь после 3-го часа работы отмечается МПМ α -ритма в центральной области коры. В ситуации ПВ кора активизируется, и во все часы эксперимента, кроме 4-го, максимум α -активности отмечается в затылочной области коры. После прекращения подачи световых стимулов активация зрительной коры наблюдается при T_0 и T_2 , в остальные часы работы имеет место синхронная работа четырех областей.

Анализ распределения МПМ θ -ритма в исследуемых областях показал, что в I группе испытуемых (см. рис., в) в начале эксперимента (T_0) в ситуации НВ МПМ θ -ритма достоверно ($p < 0,001$) локализована во фронтальной области коры левого полушария. После 1-го часа работы доминирования θ -активности в какой-либо области не наблюдается. При T_2 и T_3 МПМ θ -ритма наблюдается в центральной области коры ($p < 0,01$), а к концу эксперимента вновь перемещается во фронтальную область. В ситуации ПВ в течение всего эксперимента МПМ θ -ритма наблюдается во фронтальной области коры. При T_1 энергия θ -ритма во фронтальной области коры достоверно ($p < 0,001$) больше по сравнению с центральной, теменной и затылочной областями. Имеются достоверные различия между центральной и теменной ($p < 0,01$), центральной и затылочной ($p < 0,01$), затылочной и теменной ($p < 0,05$) областями, то есть можно говорить о таком распределении θ -диапазона, когда МПМ θ -ритма наблюдается во фронтальной области, а минимальная – в теменной. Идентичная картина наблюдается при T_2 . Здесь, однако, плотность θ -ритма во фронтальной области коры достоверно ($p < 0,001$) больше лишь по сравнению с теменной.

В ситуации “последствия” (Φ_3) МПМ θ -ритма в первые часы работы (T_0 , T_1 , T_2) отмечается во фронтальной области ($p < 0,001$), а в последние часы (T_3 , и T_4) – в центральной ($p < 0,001$). Как видим, МПМ θ -ритма у испытуемых с высоким уровнем корковой активации приходится на передние области коры головного мозга (фронтальную и центральную).

Во II группе исследуемых (см. рис., г) в начале работы (T_0) и в последующие часы (T_1 , T_2 и T_3) в ситуации НВ наблюдается равномерное распределение θ -активности во всех областях мозга. Лишь к концу эксперимента (T_4) МПМ θ -ритма достоверно ($p < 0,001$) отмечается во фронтальной области. В ситуации ПВ при T_0 и T_1 МПМ наблюдается во фронтальной области коры. После 2-го часа работы она перемещается в теменную область коры. К концу работы МПМ θ -ритма вновь отмечается во фронтальной области. В ситуации Φ_3 МПМ θ -ритма отмечается во фронтальной области ($p < 0,001$) при T_0 и T_1 . После 2-го часа работы максимум активности θ -ритма наблюдается в теменной области коры. После 3-го часа работы θ -активность одинаково выражена во всех областях коры. К концу эксперимента наблюдается доминирование фронтальной области ($p < 0,05$) в распределении θ -активности.

Таким образом, в группе испытуемых с низким исходным уровнем активности коры отмечается синхронная работа исследуемых областей, лишь к концу эксперимента МПМ θ -ритма наблюдается во фронтальной области коры, что необходимо для эффективного выполнения деятельности.

Обсуждение. Системный анализ 3-х исследуемых областей коры левого полушария по организации внутрикорковой интегративной системы выявил различия в механизмах мозгового обеспечения исследуемой системы у лиц, отличающихся индивидуально-типологическими особенностями ЦНС.

Дисперсионный анализ распределения МПМ α -ритма в группе испытуемых с высокой исходной активностью коры показал, что при выполнении монотонной операторской деятельности на дисплее максимальная активность α -ритма наблюдается в затылочной области во всех экспериментальных ситуациях в течение всего экспе-

римента. Это согласуется с данными авторов [8], обнаруживших методом топографического картирования, что у лиц с высокой частотой α -ритма МПМ наблюдается в затылочной области, тогда как у лиц с низкой частотой α -ритма максимум активности приходится на теменную область коры.

В I группе испытуемых в условиях обучения новому виду труда МПМ θ -ритма наблюдается в передних (фронтальной и центральной) областях коры в течение всего эксперимента во всех ситуациях. Имеется ряд работ [9,10], в которых показано, что доминирование θ -ритма в передних отделах коры головного мозга связано с механизмами общей активации избирательного внимания, обеспечением интеллектуальной деятельности. Другие авторы [11, 12] рассматривают низкие значения медленных ритмов (δ и θ) как в лобном, так и затылочном отведении и, наоборот, более высокие значения амплитуды α -ритма затылочной области – в фоновой ЭЭГ в качестве нейродинамической предпосылки склонности индивида к напряженной умственной и психологической деятельности. В то же время описанные другими исследователями [13] “выпски” θ -ритма, появляющиеся в ЭЭГ лобных областей мозга во время умственной деятельности, подтверждают полученные нами данные о распределении максимальной активности θ -ритма во фронтальной области коры при предъявленной деятельности.

В группе испытуемых с низкой исходной активностью коры выполнение операторской работы в первые часы работы приводит к синхронной работе исследуемых областей коры, о чем свидетельствует отсутствие достоверной разницы между областями в распределении МПМ α -ритма в ситуации НВ. Мы считаем наблюдаемую у испытуемых II группы подобную стратегию внутрикорковой интеграции исследуемых областей типичной для лиц с низкой исходной активностью коры при данном виде деятельности. По мере необходимости привычная структура внутрикорковой интеграции нарушается и появляются доминирующие очаги активности. Это отмечается при привлечении внимания и после 3-го часа работы в ситуации НВ. Распределение МПМ α -ритма в затылочной области в ситуациях ПВ и Φ_3 свидетельствует о появлении нового режима, способного обеспечить необходимый уровень активности. Так как это происходит при сосредоточении внимания, следовательно, появление доминирующего очага обеспечивается дополнительной корково-подкорковой активацией.

Синхронная работа исследуемых областей во II группе испытуемых характерна и для распределения θ -ритма. Но в силу мотивационной потребности для безошибочного выполнения задания к 4-му часу работы наблюдается нарушение привычной интракорковой структуры – максимум θ -активности отмечается во фронтальной области. Доминирование θ -активности в передних отделах коры головного мозга, как отмечалось выше, связано с механизмами активации произвольного внимания, обеспечения умственной деятельности [14]. В то же время это свидетельствует об эмоциональном возбуждении индивида [15].

Вследствие того, что экстраверты малоустойчивы к монотонной деятельности на дисплее, к концу работы в результате волевого преодоления снижающейся под влиянием монотонии активности коры у них развивается эмоциональное напряжение, проявляющееся в распределении МПМ θ -ритма во фронтальной области коры. Нарушение, как и в случае α -ритма, синхронной работы исследуемых областей при сосредоточении внимания и в ситуации Φ_3 (реакция последействия) объясняется, по-видимому, дополнительной активацией подкорково-корковых структур при усилении внимания, которое, как известно, определяется выраженностью θ -ритма в лобных областях неокортекса [3], что приводит к локализации МПМ θ -ритма во фронтальной области.

Итак, у испытуемых с высоким исходным уровнем корковой активности локализация максимума α -активности в затылочной области и θ -активности во фронтальной области свидетельствует о реализации данного вида деятельности без нару-

шения привычной структуры внутрикорковой интеграции, что не требует дополнительных психофизиологических затрат. В отличие от них у испытуемых с низким исходным уровнем корковой активности оптимальный уровень бодрствования, необходимый для эффективного выполнения задания, поддерживается за счет перестройки имеющейся изначально внутрикорковой структуры и установления новой интегративной системы, в результате чего наблюдается перемещение очага максимальной активности θ -ритма во фронтальную область коры. Установление новой внутрикорковой интеграции свидетельствует о переходе мозговых структур на более высокий уровень функционирования, что, естественно, нуждается в дополнительных энергетических затратах, а именно – в активирующем влиянии фронто-таламических систем мозга.

Таким образом, мы пришли к выводу о том, что практически одинаковая эффективность деятельности у лиц, отличающихся по степени экстраверсии и исходному уровню корковой активности, реализуется за счет различной стратегии поддержания оптимального состояния при монотонной операторской работе на дисплее. Отсюда можно заключить, что для экстравертов “физиологическая стоимость” данной деятельности более высока, а “чем выше цена – тем выраженнее напряженность деятельности, или, что более важно, тем выраженнее неоптимальность системы, неоптимальность ее структуры или функции” [16]. А несовпадение требований профессии с индивидуальными особенностями человека может служить источником развития перенапряжения и психоэмоционального стресса [17].

Полученные данные могут служить основанием для рекомендации по отбору людей для монотонной операторской работы на компьютере.

*Кафедра физиологии
человека и животных*

Поступила 23.04. 1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев А.Р., Анохин А.П., Иваницкий Г.А., Кашеварова О.Д., Иваницкий А.М. Спектральные перестройки ЭЭГ и организация корковых связей при пространственном и вербальном мышлении – ЖВНД, 1996, т. 46, №5, с. 831–847.
2. Павлова Л.П., Романенко А.Ф. Системный подход к психофизиологическому исследованию мозга человека. Л.: Наука, 1988, 212 с.
3. Мешкова Т.А., Наследственная обусловленность некоторых параметров электроэнцефалограммы покоя человека. – Проблемы генетической психофизиологии. М., 1978, с. 48–71.
4. Хамагамова Т.Г. Исследование степени генетической обусловленности некоторых ЭЭГ-показателей в онтогенезе (на модели близнецов). – В кн.: Условия формирования и пути предупреждения неврозов и аномалий личности. М., 1972, с. 87–94.
5. Stassen H.H., Gunter R., Bomben G. Longterm stability of EEG: Computized recognition of personally EEG spectral patterns. – Proc. of Intern. conf. on pattern recognition. New York, 1982, № 2, p. 619–622.
6. Eysenck H.J. The Biological basis of personality. Springfield-Illinois: Tomas, 1967, 70 p.
7. Puister G.H. The EEG in selection of flying personnel – In: Human problems superson and hyperson flight. Oxford etc., 1962, p. 75–81.
8. Athanasopoulou E., Maliara-Loulakaki S., Sifakos A. Study of the frequency, distribution and the generating mechanisms of the alpha-rhythm by the method of topographic mapping. – EEG and Clin. Neurophysiol., 1990, v. 75, № 1, p.55.
9. Соколова Л.В. Специфика спектральных характеристик ЭЭГ детей с трудностями при обучении чтению. – Физиология человека, 1991, т. 17, № 5, с. 125–129.
10. Nishikori S. Correlation between aparence of θ -activity in middlelobe zone, concentration of attention and level of activity. – Iamaguchi Med. J., 1990, v. 39, № 3, p. 385–392.
11. Yamaguchi Y., Ishikara T., Misuki Y. – The frontal midline theta rhythm. Abstr. of the XII-th Int. Congr. of EEG and Clin. Neurophysiol., Rio de Janeiro, Brazil, January 14–19, 1990, p. 36.
12. Бехтерева Н.П. Механизмы деятельности мозга человека. Л.: Наука, 1988, ч. 1, 677 с.
13. Mixuki Ya. Frontal lobe: Mental functions and EEG. Amer. J. EEG Technol., 1987, v. 27, № 2, p. 91.
14. Строганова Т.А., Орехова Е.В., Пошкира И.Н. Механизмы контроля внимания у младенцев. ЭЭГ-анализ. – Физиология человека, 1997, т. 23, № 4, с. 14–20.
15. Nakagawa Y. Continuous observations of daytime EEG patterns in normal subjects under restrained conditions while sitting in armchair or on stool Pt.2. Awake state Jap. – Psychiat. and Neurol., 1988, v. 42, № 2, p. 246–264.

16. Медведев В.И. Влияние эмоциональной сферы на деятельность операторов. – В кн.: Физиологические основы повышения эффективности труда. Л., 1978, с. 118–136.
17. Судаков К.В., Коплик Е.В., Салиева Р.М., Каменев З.А. Прогностические критерии устойчивости к эмоциональному стрессу. В кн.: Эмоциональный стресс. Физиологические и микросоциальные аспекты. Харьков: Прапор, 1990, т.12, в. 39, № 5, с. 828–835.

Վ.Հ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Հ.Ռ. ԱՂԱԲԵԿՅԱՆ, Ա.Ն. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ

**ՆԵՐԿԵԴԵՎԱՅԻՆ ԻՆՏԵԳՐԱՏԻՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
ՀԱՄԱԿԱՐԳՉՈՎ ՄԻԱՊԱՂԱՂ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրվել է մարդու և համակարգչի միջև համագործակցության ժամանակ հոգե-հուզական սթրեսի զարգացման պրոբլեմը: Աշխատանքի նպատակն էր հետազոտել համակարգչով երկարատև միապադաղ աշխատելու ընթացքում զարգացող անհատական լարվածության մակարդակը՝ կեղևային ակտիվությամբ և էքստրավերտության աստիճանով տարբերվող փորձարկվողների երկու խմբերում: Գլխուղեղի ձախ կիսագնդի ելքային ակտիվության քարտեզավորմամբ բացահայտված է, որ ինտրովերտներն աշխատում են առավել էֆեկտիվ օպտիմալ մակարդակի հաստատուն ինքնականոնավորմամբ: Ի տարբերություն նրանց, էքստրավերտները երկժամյա աշխատանքից հետո ստիպված են լինում մեծ ճիգեր գործադրել (լարել կամքը) կիրառելու ակտիվության կարգավորման մեխանիզմ, որը հանգեցնում է հուզային լարվածության՝ թ-ռիթմի հզորության խտության մեծացմամբ: Ստացված տվյալները վկայում են, որ էքստրավերտների համար միապադաղ աշխատանքի «ֆիզիոլոգիական արժեքը» ավելի բարձր է: