

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ФОРМИРОВАНИЯ МОТОРНОГО СТЕРЕОТИПА ПРИ НАБОРЕ ТЕКСТА НА КЛАВИАТУРЕ

Д.Н. Щербина, Е.К. Айдаркин

УНИИ валеологии ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия

dnsherbina@sfedu.ru

During test a foreign word was presented to a subject on the computer display. A response on the stimula was to type the sequence of displayed characters on the keyboard. Confident effects of learning were found. They were correlated with increased activation of brain cortex as seen by the high frequency EEG band spectral power. Also initial stages of learning were accompanied with slight left dominance in alpha band power.

Введение

Исследование механизмов обучения сложным операторским задачам является актуальным в эпоху создания адаптивных интерфейсов человек-компьютер. Большинство исследователей пытаются изолировать отдельные последовательности операций и выделить факторы, влияющие на успешность их освоения операторами с разным уровнем подготовки. При этом, как правило, ограничиваются анализом поведенческих показателей [1,2,3].

Процессы формирования новых связей при закреплении навыков модулируются базовым состоянием мозга, которое электроэнцефалографически характеризуется соотношением спектральных характеристик колебаний в разных частотных диапазонах. Также в литературе встречаются свидетельства о том, что при оптимизации выполнения длительных последовательных движений чередование возбуждательных и тормозных фаз активации коры может формировать элементы рабочего дельта-ритма [4,5], что также должно сказываться на общем соотношении спектральной мощности в разных частотных диапазонах.

В данной работе была поставлена задача выявить динамику изменения ритмического состава ЭЭГ при формировании стереотипа, связанного с набором текста на клавиатуре.

Методика исследования

Формирование навыка исследовалось у четырех человек в ходе 7-9 тренировочных занятий дважды в неделю.

Во время тестирования регистрировалась ЭЭГ в 19 стандартных отведениях монополярно с помощью "Энцефалан-131-03" (Медиком-МТД, Россия).

В ходе тестовой серии на дисплее предъявлялось слово на иностранном языке - computer. В 10% предъявлялся девиантный стимул – похожее слово (парадигма odd-ball). Нужно было набрать это слово на клавиатуре как можно быстрее и без ошибок. В 50% случаев предъявляемое слово было не черного цвета, а красного – в этом случае нужно было набрать это слово наоборот. Итого было 4 варианта динамики показателей качества и эффективности:

Вариант	Интерпретация
стандарт прямой	быстрый выход на плато - формирование стереотипа в условиях частого повторения
стандарт обратно	сначала затрудненное разбиение на буквы, затем заучивание, затем формирование стереотипа по внутреннему образу
девиант прямо	без выхода на плато - редкое повторение, поддержание типичной скорости
девиант обратно	чтение затруднено, набор по буквам без формирования заученного паттерна - показатель отсутствия стереотипа

На каждом занятии выполнялось три тестовых серии, отличающихся только девиантным словом.

Результаты исследования

Поведенческие показатели

Для оценки эффекта многократного повторения набора последовательности знаков оценивались изменения показателей от номера тренировки.

Качество набора стандартных стимулов сохранялось стабильным на уровне 90% (рис.1). При наборе девиантных слов ошибки случались в 20-80%.

Эффективность деятельности в целом характеризовалась стандартным показателем для машинописи – количеством знаков в минуту. За время тренировок эффективность для всех 4 вариантов возрастала (рис. 2).

Поскольку данных тренировок было явно недостаточно для выработки навыка набора английского текста, но при этом возрастала эффективность набора девиантных слов, то можно сделать вывод, что обучение специфическому моторному навыку происходило при повторении 10-30 раз в неделю. Эти факты вошли в описание примера реализации изобретения нового способа обучения набору текста [6].

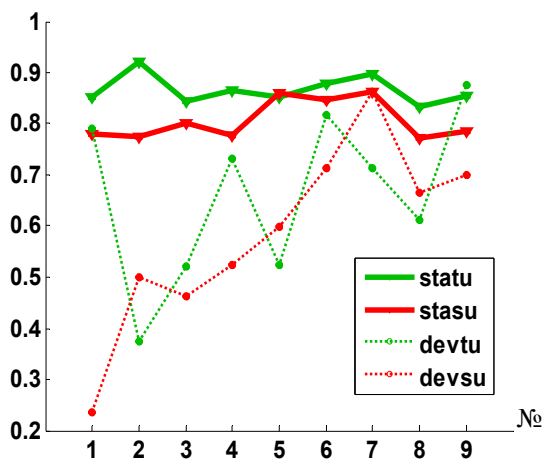


Рис.1. Доля заданий, набранных без ошибок. Легенда: sta – стандарт, dev – девиант, tu – прямой порядок, su – обратный порядок набора символа.

Из рисунков 1 и 2 видно, что основной рост эффективности происходил в течение 3-х тренировок, хотя в некоторых случаях продолжался и далее. Особенно быстрый скачок был между первым и вторым тренировочными днями.

При рассмотрении подробной динамики данного показателя в ходе первого занятия (рис. 3) оказалось, что основной прогресс достигается в первые 10 мин занятий.

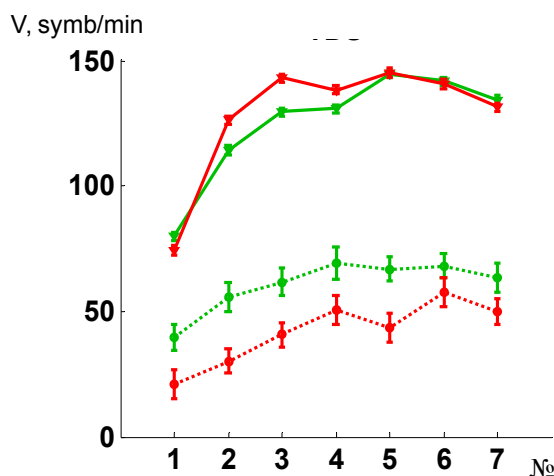


Рис.2. Динамика эффективности деятельности для оператора с исходно низким уровнем навыка. Темная линия – стандарт прямо, светлая – стандарт обратно, пунктирные линии – девианты.

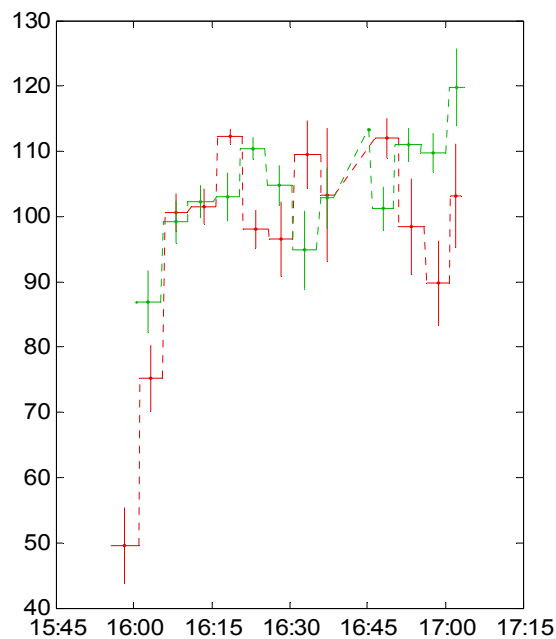


Рисунок 3 - Динамика эффективности набора стандартных слов в прямом и обратном направлениях в ходе первого занятия у одного из операторов. Вертикальная черта – стандартное отклонение, горизонтальная – диапазон усреднения.

ЭЭГ-показатели

Анализ изменений спектральной мощности в основных ритмических диапазонах ЭЭГ выявил следующие корреляты процесса формирования моторных стереотипов:

- повышение спектральной мощности альфа-активности на первых двух занятиях с доминированием в левом полушарии ($KA=-0.02-0.04$), затем снижение и исчезновение асимметрии;
- повышенная бета-активность в лобных отведениях при наборе в обратном порядке на первом занятии;
- альфа-активность в затылочных отведениях была ниже ($p=0.002$) в эпохах набора с допущенными ошибками.

Подробный анализ динамики спектральной мощности в ходе первого занятия (рис. 4) также выявил корреляцию между быстрым ростом эффективности (интенсивным обучением) и повышением активации мозга в бета и гамма диапазонах.

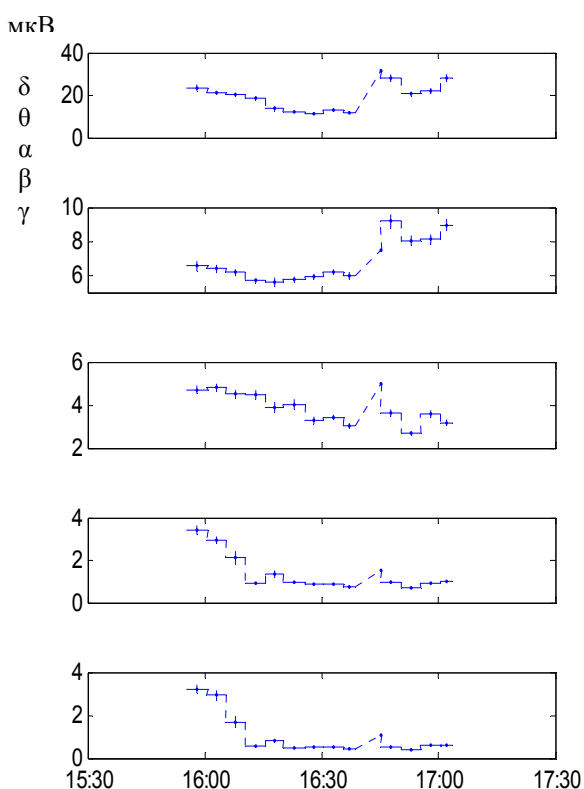


Рисунок 4 - Динамика спектральной мощности частотных диапазонов ЭЭГ (обозначены слева) в ходе занятия у одного из тестируемых.

Заметное повышение дельта- и тета-активности в конце часового занятия скорее всего связано с развитием монотонии у данного оператора.

Заключение

Процесс формирования моторных стереотипов выполнения последовательных

нажатий на клавиатуре не приводил к существенным изменениям спектрального состава электрической активности мозга операторов.

Изменения спектра, связанные с вариацией текущего функционального состояния касались общего повышения альфа-активности в период интенсивного обучения, причем в условиях повышенной альфа-активностью снижалась вероятность возникновения ошибок.

Активация механизмов обучения новым моторным стереотипам коррелировала с повышением доли высокочастотной активности в бета и гамма диапазонах, что вполне соответствует современным представлениям об активации мозга [7].

Список литературы

1. Braun, D. A., Waldert, S., Aertsen, A., Wolpert, D. M., & Mehring, C. Structure learning in a sensorimotor association task. PLoS ONE. 5 (1). 2010. - e8973.
2. Gobel, E. W., Sanchez, D. J., & Reber, P. J. (2011). Integration of temporal and ordinal information during serial interception sequence learning // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. Vol 37(4). 2011. - P. 994-1000
3. Lee, D. Y., & Shin, D.-H. An empirical evaluation of multi-media based learning of a procedural task // Computers in Human Behavior. 28 (3). 2012. - P. 1072-1081.
4. Безденежных Б.Н. Динамика взаимодействия функциональных систем в структуре деятельности. - М.: Институт психологии РАН, 2004. - 270 с.
5. Айдаркин Е. К., Кирпач Е. С. Нейрофизиологические механизмы формирования сенсомоторного стереотипа при сложной операторской деятельности // Валеология. № 3. 2011. - С. 98-110.
6. Айдаркин Е.К., Павловская М.А., Щербина Д.Н. Способ обучения оператора набору текста на клавиатуре компьютера // Патент RU2407061. Приоритет изобретения 16.09.2009. 6 ил.
7. Кирой В.Н. Электроэнцефалография. - Ростов н/Д: РГУ, 1998. - 239 с.