

УДК 612.858.7

ЭЭГ-КОРРЕЛЯТЫ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

Павленко В.Б., Фокина Ю.О., Махин С.А., Лицов Д.И.

В работе показаны различия в ЭЭГ характеристиках человека при принятии решения, связанного с согласием или несогласием с предъявляемым утверждением. Предполагается, что принятие положительного или отрицательного решения связано с активацией или торможением системы «зеркальных» нейронов мозга человека.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, принятие решения, «зеркальная» система мозга.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем современной психофизиологии является изучение мозговых механизмов, лежащих в основе принятия решения. С открытием «зеркальных» нейронов мозга [1, 2] возникают новые гипотезы, основой которых является предположение о важнейшей роли «зеркальной» системы в принятии решений человеком [3 – 10]. «Зеркальные» нейроны – это нейроны, которые активируются как при выполнении человеком определенных действий, так и тогда, когда этот человек просто смотрит или представляет, как эти действия выполняет кто-то другой. Благодаря системе этих нейронов, мы имплицитно понимаем и предвосхищаем действия других людей, не прибегая к сложным сознательным умозаключениям [1]. В настоящее время выявлены ЭЭГ корреляты работы «зеркальных» нейронов – это, так называемый, фи-комплекс с частотой 10-13 Гц. Центрo-париетальная топография фи-комплекса совпадает с нейроанатомическим расположением системы «зеркальных» нейронов [11]. Однако исследований, показывающих связь работы «зеркальных» нейронов с ЭЭГ характеристиками принятия решения, не проводилось. В связи с этим, целью данной работы явился анализ ЭЭГ-коррелятов принятия решения связанного с согласием или несогласием с предъявляемым утверждением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 30 человек в возрасте 17 – 45 лет (19 женщин и 11 мужчин, все правши). Все испытуемые были добровольцами и не находились в состоянии эмоционального стресса. Во время исследования испытуемый располагался в удобном кресле и находился в состоянии спокойного бодрствования при открытых глазах, ему предлагалось выразить свое мнение (в виде согласия или несогласия) относительно 30 утверждений на политическую, религиозную, социальную тематику. Во время ответов регистрировали ЭЭГ.

Отведение ЭЭГ осуществлялось в 16-ти отведениях по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа («TREDEX Эксперт ТМ») и компьютера. Определяли мощность ритмов ЭЭГ в следующих диапазонах: тета-ритм (4 – 8 Гц), альфа1-ритм (8 – 10 Гц), альфа2-ритм (10 – 12 Гц) (совпадает по частоте с фи1-комплексом), альфа3-ритм (12 – 14 Гц) (на частоте 12 – 13 Гц – фи2-комплекс), бета₁-ритм (14 – 19 Гц), бета₂-ритм (19 – 30 Гц) и мю-ритм (7 – 11 Гц). Рассчитывали также отношения мощностей различных ритмов: альфа1-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ, альфа2-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ, альфа3-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ, бета1-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ, бета2-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ, мю-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ, фи1-комплекса к средней мощности всего спектра ЭЭГ, фи2-комплекса к средней мощности всего спектра ЭЭГ, фи2-комплекса к мощности фи1-комплекса, фи2-комплекса к средней мощности альфа-ритма, фи1-комплекса к средней мощности альфа-ритма, фи2-комплекса к мощности мю-ритма, фи1-комплекса к мощности мю-ритма. Спектры мощностей ритмов ЭЭГ были рассчитаны отдельно для двух вариантов ответов – когда испытуемый соглашался с предъявляемым ему утверждением и когда не соглашался. Данные, полученные при этих вариантах ответов, сравнивались между собой.

Статистическую обработку проводили с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ ЭЭГ характеристик при «согласии» или «несогласии», позволил выявить достоверные различия в правом и левом центральных и правом париетальном отведениях. Эти данные согласуются с результатами исследований Тогноли с соавт. [11] в которых показаны изменения ЭЭГ в центрально-париетальных отведениях при активации «зеркальной» системы мозга.

Нами выявлены достоверные различия в значениях удельной мощности альфа1-ритма, зарегистрированного в центральном левом отведении, при этом при «согласии» указанный ритм был в среднем на $15,0 \pm 6,3$ % ниже, по сравнению с ответами, выражающими «несогласие», принятыми за 100 % (рис. 1).

Также были выявлены статистически значимые различия в диапазоне альфа2-ритма в правых центральных и теменных отведениях. В указанных отведениях мощность альфа2-ритма была на $20,5 \pm 6,7$ % и $16,4 \pm 6,2$ % (соответственно) ниже при согласии человека с предъявляемым утверждением (рис. 1). В правом центральном отведении нами обнаружено достоверное снижение отношения мощности альфа2-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ при принятии решения в виде «согласия» (рис. 1).

Выявлены также различия в удельной мощности мю-ритма ЭЭГ. Достоверными такие изменения были в правом центральном отведении. Мощность мю-ритма в этом отведении при «согласии» была на $14,3 \pm 5,6$ % ниже, чем при «несогласии» (рис. 1). Кроме этого были выявлены статистически значимые различия при сравнении величин

отношений мощности мю-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ в правых центральном и париетальном отведениях (рис. 1).

В правом центральном отведении для величин, отражающих отношения мощности фи2-комплекса к мощности фи1-комплекса и мощности фи2-комплекса к мощности мю-ритма были выявлены статистически значимые различия, проявляющиеся в увеличении указанных мощностей при принятии решения в сторону «согласия» (рис. 1).

Таким образом, при решении в виде «согласия» были ниже мощности всех компонентов альфа-ритма и была выше мощность фи2-комплекса.

Мю- и альфа-ритмы, мощность которых была выше при «несогласии», вероятно отражают торможение «зеркальной» системы мозга, которое в нашем исследовании проявляется в том, что испытуемый не согласен с предъявляемым ему утверждением. В тоже время фи2-комплекс, вероятно, связан с активацией «зеркальной» системы мозга и эта активация проявляется в том, что человек соглашается с предъявляемым ему утверждением. Эти предположения подтверждаются исследованиями Э.Тонголи [11], в которых показано, что фи1-комплекс отражает торможение «зеркальных» нейронов характерное для независимого поведения, которое не связано с поведением окружающих, в то же время фи2-комплекс отражает активацию «зеркальной» системы, характерную для координированного поведения, т.е. в нашем случае это «согласие» человека с предъявляемым ему утверждением.

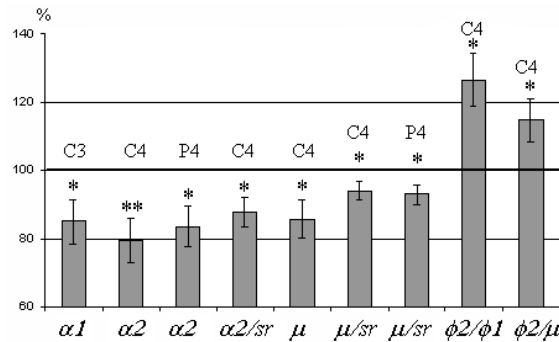


Рис. 1. Характеристики ритмов ЭЭГ, зарегистрированные в правом (С4), левом (С3) центральных и правом париетальном (Р4) отведениях, при согласии человека с предъявляемым утверждением в %, по сравнению с показателями ритмов ЭЭГ при несогласии, принятыми за 100%.

Примечание: $\alpha 1$ – мощность альфа1-ритма; $\alpha 2$ – мощность альфа-2 ритма; $\alpha 2/sr$ – отношение мощности альфа2-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ; μ – мощность мю-ритма; μ/sr – отношение мощности мю-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ; $\phi 2/\phi 1$ – отношение мощности фи2-комплекса к мощности фи1-комплекса и $\phi 2/\mu$ – отношение мощности фи2-комплекса к мощности мю-ритма.

* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Таким образом, фи-комплекс отражает активность регулирующего механизма, избирательно отделяющего индивидуальное от социального и связан с принятием решения согласия или же несогласия [12].

ВЫВОДЫ

1. Выявлены статистически значимые различия в характеристиках ЭЭГ человека при принятии решения, связанного с согласием или несогласием с предъявляемым утверждением.
2. Показано, что отношение мощностей фи2- к фи1-комплексу и фи2-комплекса к мю-ритму в правом центральном отведении было достоверно выше при согласии человека с предъявляемым утверждением, по сравнению с противоположным решением.
3. Выявлено, что удельные мощности альфа1- (в левом центральном отведении), альфа2- (в правых центральном и париетальном отведениях) и мю-ритма (в правом центральном отведении) были достоверно выше при несогласии человека с предъявляемым утверждением. Также при «несогласии» выявлено более высокое отношение мощности альфа2-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ, зарегистрированной в правом центральном отведении и более высокое отношение мощности мю-ритма к средней мощности всего спектра ЭЭГ, зарегистрированной в правых центральном и париетальном отведениях.
4. Проведенные исследования позволяют утверждать, что принятие положительного или отрицательного решения в ответ на предъявленное утверждение связано с активацией или торможением системы «зеркальных» нейронов мозга человека.

Список литературы

1. Рамачандран В. Разбитые зеркала: теория аутизма / В. Рамачандран, Л. Оберман // В мире науки. – 2007. – № 3. – С. 34–46.
2. Rizzolatti G. Premotor cortex and the recognition of motor actions / G. Rizzolatti, L. Fadiga, V. Gallese [et al.] // Cognit. Brain Res. – 1996. – № 3. – P. 131–141.
3. Barsalou L. W. Social embodiment / L. W. Barsalou, P. M. Niedenthal, A. K. Barbey [et al.] // The Psychology of Learning and Motivation. – 2003. – № 43. – P. 43–92.
4. Brass M. The inhibition of imitative and overlearned responses: a functional double dissociation / M. Brass, J. Derrfuss, D. Y. Von Cramon // Neuropsychologia. – 2005. – № 43. – P. 89–98.
5. Elsinger C. L. From preparation to online control: reappraisal of neural circuitry mediating internally generated and externally guided actions / C. L. Elsinger, D. L. Harrington, S. M. Rao // NeuroImage. – 2006. – V.31. – P. 1177–1187.
6. Fogassi L. Parietal lobe: from action organization to intention understanding / L. Fogassi, P. F. Ferrari, B. Gesierich [et al.] // Science. – 2005. – № 308. – P. 662–667.
7. Frith C. Theory of mind / C. Frith, U. Frith // Curr. Biol. – 2005. – № 15. – P. 644–645.
8. Lau H. C. Attention to intention / H. C. Lau, R. D. Rogers, P. Haggard [et al.] // Science. – 2004. – № 303. – P. 1208–1210.
9. Puce A. Electrophysiology and brain imaging of biological motion / A. Puce, D. Perrett // Philos Trans R. Soc. London. – 2003. – № 358. – P. 435–445.
10. Stamenov M. Mirror Neurons and the Evolution of Brain and Language / M. Stamenov, V. Gallese. – Amsterdam/Philadelphia : John Benjamins Publishing Company, 2002. – 390 p.
11. Tognoli E. The phi complex as a neuromarker of human social coordination / E. Tognoli, J. Lagarde, G.

DeGuzman [et al.] // PNAS. – 2007. – №. 104. – P. 8190–8195.

12. Blakemore S. J. Somatosensory activations during the observation of touch and a case of vision-touch synaesthesia / S. J. Blakemore, D. Bristow, G. Bird [et al.] // Brain. – 2005. – № 128. – P. 1571–1583

Павленко В.Б., Фокіна Ю.О., Махін С.А., Ліцов Д.І. ЕЕГ-корреляти процесу ухвалення рішення у людини // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т.22 (61). – № 2. – С. 121-125.

У роботі показані відмінності в ЕЕГ характеристиках людини при прийнятті рішення, пов'язаного з згодою або незгодою з пропонуваним затвердженням. Передбачається, що прийняття позитивного або негативного рішення пов'язане з активацією або гальмуванням системи «дзеркальних» нейронів мозку людини.

Ключові слова: електроенцефалограма, прийняття рішення, «дзеркальна» система мозку.

Pavlenko V.B., Fokina Yu.O., Machin S., A., Litsov D.I. EEG correlates of process of decision-making in humans // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.22 (61). – № 2. – P. 121-125.

The article presents the variations of EEG patterns during the process of decision making on expressing agreement/disagreement with (socially sensitive) statements provided. It is hypothesized that making positive and negative decisions can correlate with activation and inhibition of the "mirror" neuron system in the human brain.

Keywords: electroencephalogram, decision-making, "mirror" brain system.

Поступила в редакцію 16.05.2009 г.