

УДК: 612.821 612.8:616.8

АНАЛИЗ ВЫЗВАННЫХ ЭЭГ-ПОТЕНЦИАЛОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ У ЧЕЛОВЕКА: ВРЕМЕННЫЕ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Коваленко А.А., Черный С.В., Корякин В.А., Павленко В.Б.

Исследовали влияние эмоционально отрицательных зрительных стимулов на временные и топографические характеристики вызванных потенциалов человека. Показано, что компоненты N1, P2, N2 и P3 на отрицательные стимулы возникают с существенно более коротким латентным периодом, чем на нейтральные. Уменьшение латентного периода указанных компонентов на эмоционально отрицательные стимулы было максимально в проекции лобных, центральных и теменных зон левого полушария.

Ключевые слова: вызванные потенциалы, отрицательная эмоциональная активация, латентный период компонента

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует значительное количество исследований, посвящённых анализу изменений биоэлектрических потенциалов мозга человека при отрицательных эмоциональных состояниях и реакциях на отрицательные эмоциональные стимулы. Однако основной подход к исследованию до недавнего времени был основан на анализе спектральных и когерентных характеристик ЭЭГ при выполнении испытуемыми различных заданий, связанных с эмоциональными переживаниями [1, 2]. Использование же метода вызванных ЭЭГ-потенциалов (ВП) в исследованиях процессов восприятия отрицательных эмоциогенных стимулов было в основном сконцентрировано на изучении роли компонента P3 и межполушарной асимметрии [3, 4]. В литературных источниках констатировалось, главным образом, влияние фактора эмоциональной активации стимулов на амплитудные характеристики компонентов ВП [5], тогда как изменение временных характеристик компонентов ВП влиянием и топографическое распределение этих изменений практически не отмечалось.

В связи с изложенным, целью настоящей работы было оценить временные и топографические характеристики вызванных ЭЭГ-потенциалов на эмоционально отрицательные стимулы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено с участием 50 испытуемых-правшей (14 мужчин и 36 женщин) в возрасте 18-25 лет. В качестве стимульного материала использовали зрительные сигналы Международной аффективной системы изображений (IAPS,

Center for the Study of Emotion and Attention, CSEA-NIMH, 1999), позволяющие контролировать факторы знака эмоции и эмоциональной активации. Известно, что стимулы данной системы вызывают комплекс субъективных, вегетативных и нейрофизиологических эмоциональных реакций, варьирующих в зависимости от знака и активирующего содержания стимула [6]. Все стимулы были разделены на 3 категории в зависимости от нормативных значений по шкалам знака эмоции и уровню эмоциональной активации (по 30 стимулов на каждую категорию): 1) нейтральные; 2) положительные с высоким эмоциональным содержанием; 3) отрицательные с высоким эмоциональным содержанием.

Стимулы предъявляли в случайном порядке. Время предъявления стимула составляло 1000 мс, межстимульный период – от 3 до 4 с. Во время предъявления стимулов испытуемый располагался сидя на расстоянии 80 см перед экраном монитора. Для минимизации мышечных артефактов испытуемому давали инструкцию сидеть расслабленно и не совершать мышечных движений. С целью уменьшения движений глаз, а также для подавления мощности альфа-ритма, который может частично синхронизироваться с формой волны ВП, затрудняя его выделение, испытуемого просили фиксировать взгляд в центре монитора, где постоянно горел красный светодиод.

Зрительные вызванные потенциалы (ВП) регистрировали монополярно в лобных (F3/4), центральных (C3/4), теменных (P3/4), затылочных (O1/2), передне- (F7/8), средне- (T3/4) и нижневисочных (T5/6) областях коры по схеме «10-20» с объединённым ушным электродом в качестве референтного. Переднелобные отведения (Fp1/Fp2) исключали из анализа в связи с регистрацией в них значительного количества артефактов. Запись электроэнцефалограммы проводили с помощью электроэнцефалографа «Нейрон-спектр 4» (Россия). Частота дискретизации составляла 1000 Гц, постоянная времени – 0,32 с, фильтр верхних частот – 35 Гц. Для регистрации и обработки данных использовали программу ERP-3 (программист Арбатов В.В.). В индивидуальных ВП измеряли латентный период (ЛП) пика последовательных компонентов ВП (P1, N1, P2, N2 и P3) как время от начала стимула до момента достижения максимума волны.

Статистический анализ проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Компонент N1.

Обнаружено влияние фактора отрицательной эмоциональной активации на ЛП компонента N1 в лобно-центральных областях левого полушария (F3: $f = 4.25$, $p = 0.04$; C3: $f = 4.03$, $p = 0.04$), лобно-теменных областях правого полушария (F4: $f = 5.26$, $p = 0.02$; P4: $f = 6.51$, $p = 0.01$), а также срединных отведениях лобной и теменной областей (Fz: $f = 5.16$, $p = 0.02$; Pz: $f = 4.51$, $p = 0.03$). ЛП данного компонента при восприятии эмоционально отрицательных изображений была достоверно короче, чем при восприятии нейтральных сигналов (рис. 1).

Компонент P2.

ЛП компонента P2 также был значительно короче для вызванных потенциалов, зарегистрированных в ответ на эмоционально-отрицательные стимулы в центральных (C3: $f = 4.52$, $p = 0.03$), передне-височных (F7: $f = 4.72$, $p = 0.02$) и височных областях левого полушария (T3: $f = 4.72$, $p = 0.03$) (рис. 2)

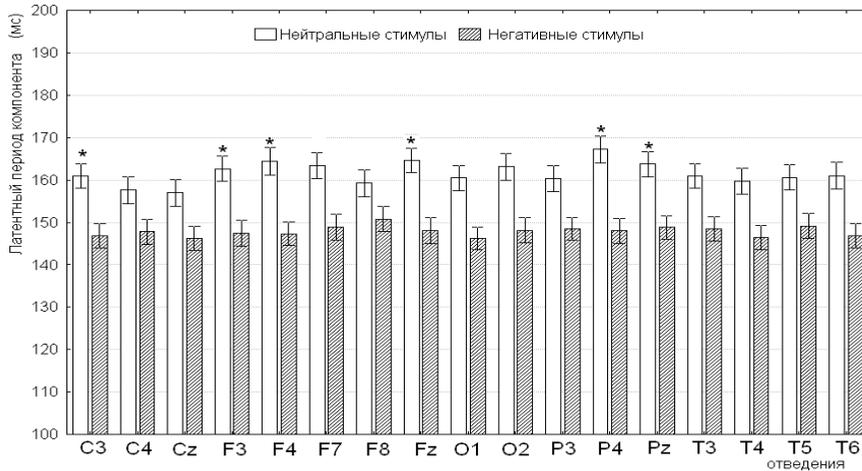


Рис. 1. Величины латентного периода (мс) компонента N1 в ответ на эмоционально негативные и нейтральные стимулы.

Примечание: * – различия достоверны при $p < 0,05$.

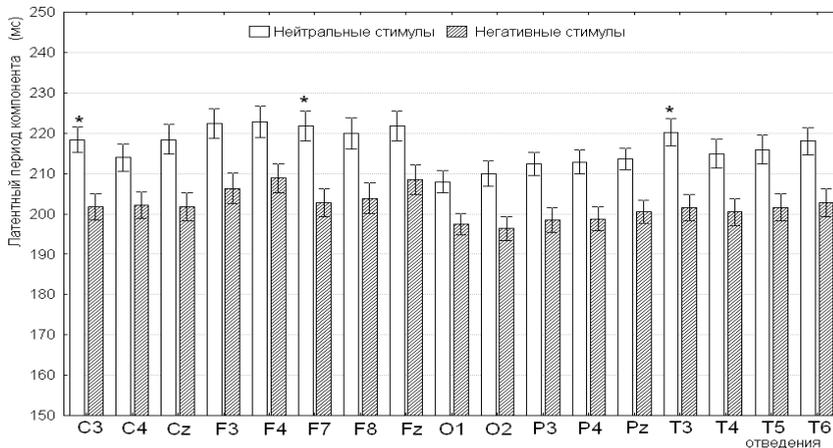


Рис. 2. Величины латентного периода (мс) компонента P2 в ответ на эмоционально негативные и нейтральные стимулы.

Примечание: * – различия достоверны при $p < 0,05$.

Компонент N2.

Анализ ЛП компонента N2 свидетельствует о том, что этот компонент на отрицательные стимулы регистрируется в лобном отведении левого полушария (F3: $f = 5.33$, $p = 0.02$), а также в передневисочных областях коры (F7: $f = 5.40$, $p = 0.02$; F8: $f = 5.33$, $p = 0.02$) с более коротким ЛП, чем на нейтральные стимулы (рис. 3).

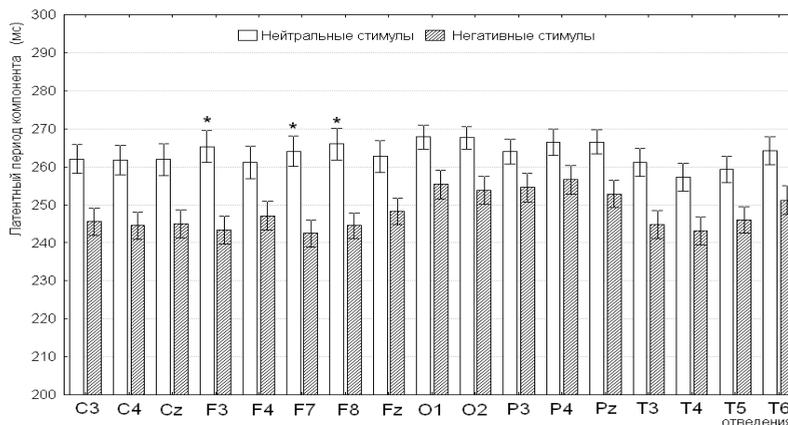


Рис. 3. Величины латентного периода (мс) компонента N2 в ответ на эмоционально негативные и нейтральные стимулы.

Примечание: * – различия достоверны при $p < 0,05$.

Компонент P3

Для компонента P3 также был обнаружен эффект фактора отрицательной эмоциональной активации, выразившийся в уменьшении ЛП данного компонента в ответ на отрицательные стимулы в сравнении с нейтральными в лобно-центральных областях левого полушария (F3: $f = 4,67$, $p = 0.04$; C3: $f = 3,99$, $p = 0.03$) (рис. 4).

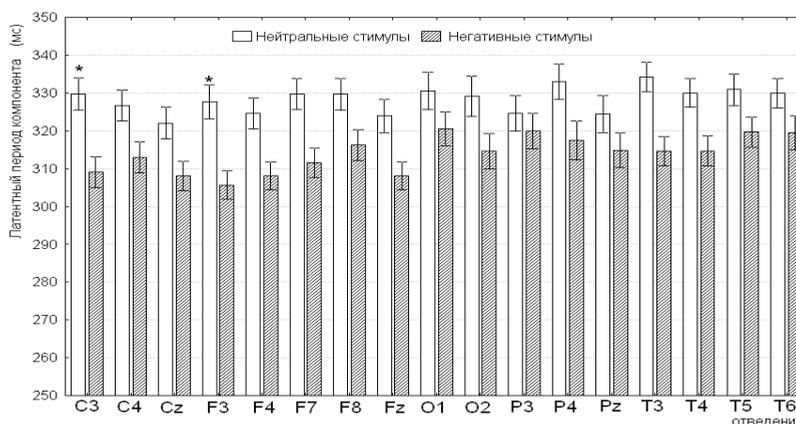


Рис. 4 Величины латентного периода (мс) компонента P3 в ответ на эмоционально негативные и нейтральные стимулы.

Примечание: * – различия достоверны при $p < 0,05$.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что временные характеристики ВП на эмоционально отрицательные стимулы достоверно отличаются от таковых на нейтральные стимулы, и такие компоненты ВП как N1, P2, N2 и P3 на отрицательные стимулы возникают с существенно более коротким ЛП, чем

на нейтральные. Это свидетельствует о том, что фактор негативной эмоциональной активации оказывает влияние на всех этапах обработки информации. Так, более раннее возникновение компонента N1, отражающего избирательное внимание к базовым характеристикам стимула [7], свидетельствует о том, что негативные стимулы сильнее привлекают внимание, а меньший ЛП компонента N2, от момента возникновения которого, как предполагают [8], начинается этап опознания стимула, может означать более раннее начало опознания негативных стимулов по сравнению с нейтральными. Компонент P2 рассматривается как индикатор степени различения и классификации стимулов [9], и отражает категориально-специфическую обработку стимула [10]. Очевидно, более короткий ЛП волны P2 на негативные стимулы свидетельствует о том, что процесс категоризации негативных стимулов начинается раньше, чем нейтральных. Компонент P3 связан с оценкой значимости стимула и корректировкой имеющихся в памяти данных в соответствии с полученными новыми данными [11, 12], и соответствует окончательному звену информационной обработки [13]. Поэтому можно предположить, что негативные стимулы обладают большей биологической значимостью, в связи с чем мозговая система обработки информации в целом более чувствительна к негативным стимулам, они первыми привлекают избирательное внимание, сильнее активируют соответствующие зоны коры и быстрее обрабатываются.

Уменьшение ЛП компонентов N1, P2, N2 и P3 на эмоционально отрицательные стимулы было максимально в проекции лобных, центральных и теменных зон левого полушария, однако также были отмечены различия в лобных и теменных зонах правого полушария. Эти данные хорошо согласуются с имеющимися в литературе указаниями на то, что в обработку эмоциональной информации в наибольшей степени вовлекаются лобно-височные [14, 15], а также центрально-теменные области коры [16]. Наибольшее количество достоверных изменений латентного периода компонентов ВП было отмечено в лобных зонах, что позволяет говорить о их большей по сравнению с другими зонами активации во время восприятия негативных стимулов. Показано, что переживание интенсивных эмоций сопровождается генерализованной активацией лобных областей, которая может, в частности, отражать относительно диффузное влияние подкорковых структур на кору и способствовать повышению готовности к восприятию значимых внешних стимулов [17]. Логично предположить, что восприятие и обработка эмоционально негативных стимулов связаны с усилением активности неспецифических восходящих влияний со стороны ретикуло-лимбического комплекса.

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что топографические особенности восприятия и обработки негативной эмоциональной информации проявляется в диффузной, но явно латерализованной активации коры больших полушарий. При этом наблюдается сдвиг корковой активации в сторону левого полушария, что, на первый взгляд, противоречит общепринятой теории о связи отрицательных эмоций с правым полушарием [14, 18]. Однако в настоящее время имеется основание считать, что преимущественная вовлечённость левого или правого полушария при эмоциях в значительной мере определяется характером когнитивной деятельности, которая при этом осуществляется [19]. Можно предположить, что

процессы восприятия и обработки негативной эмоциональной информации протекают с использованием преимущественно левополушарных аналитических стратегий с фиксацией когнитивных ресурсов на угрожающей информации, в отличие от правополушарных глобальных стратегий. Эффект левополушарного доминирования в обработке отрицательной эмоциональной информации согласуется с данными позитронно-эмиссионной томографии, указывающими на связь вызываемого в эксперименте ожидания угрожающих эмоционально отрицательных стимулов с активацией структур передних отделов левого полушария (орбитофронтальная кора, инсула, передняя часть поясной извилины) [20].

ВЫВОДЫ

1. В результате анализа временных характеристик компонентов вызванных ЭЭГ-потенциалов при предъявлении нейтральных и эмоционально отрицательных зрительных стимулов установлено, что компоненты N1, P2, N2 и P3 в ответ на отрицательные стимулы возникают с меньшим латентным периодом по сравнению с нейтральными, что может свидетельствовать о более сильной корковой активации и более быстрой обработке отрицательной эмоциональной информации.
2. Возникающая в ответ на отрицательные сигналы активация лобных, центральных и височных областей коры может быть связана с усилением активности неспецифических восходящих влияний со стороны ретикуло-лимбического комплекса.
3. Наблюдаемый сдвиг корковой активации в сторону левого полушария может говорить о том, что процессы восприятия и обработки негативной эмоциональной информации протекают с использованием преимущественно левополушарных аналитических стратегий.

Список литературы

1. Русалова М.Н. Отражение эмоционального напряжения в пространственной синхронизации биопотенциалов головного мозга человека / М.Н. Русалова // Журнал ВНД. – 1990. – Т. 40, № 2. – С. 254-259.
2. Афтанас Л.И.. Отражение проявления эмоций в вызванной ЭЭГ-синхронизации и десинхронизации / Л.И. Афтанас, А.А. Варламов, С.В. Павлов и др. // Российский физиол. журн. им. И.М.Сеченова. – 2002. – Т. 88, № 6. – С. 790-802.
3. Johnston V. Multiple P3s to emotional stimuli and their theoretical significance / V. Johnston, D. Miller, M. Burleson // Psychophysiology. – 1986. – V. 23, № 6. – P.684-694.
4. Kayser J. Event-related potential (ERP) asymmetries to emotional stimuli in a visual half-field paradigm / J. Kayser, C. Tenke, H. Nordby [et al.] // Psychophysiology. – 1997. – V. 34, № 4. – P.414-426.
5. Olofsson J.K. Affective picture processing: an integrative review of ERP findings / J.K. Olofsson, S. Nordin, H. Sequeira [et al.] // Biological Psychology. – 2008. – V. 77, № 3. – P. 247-265
6. Lang P.J. Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions / P.J. Lang, M.K. Greenwald, M.M. Bradley [et al.] // Psychophysiology – 1993. – V. 30, №3. – P. 261-273.
7. Vogel E. K. The visual N1 component as an index of a discrimination process / E. K. Vogel, S. Luck // Psychophysiology. – 2000. – V. 37. – P. 190-203.
8. Daffner K. Regulation of attention to novel stimuli by frontal lobes: an event-related potential study / K.Daffner, M.Mesulam, L.Scinto [et al.] // Neuroreport. – 1998. – V. 9, № 5. – P. 787-791.

9. Garcia-Larrea L. Revisiting the oddball paradigm. Non-target vs. neutral stimuli and the evaluation of ERP attentional effects / L. Garcia-Larrea, A. Lukaszewicz, F. Mauguiere // *Neuropsychologia*. – 1992. – V. 30, № 8. – P. 723-741.
10. Allison T. Electrophysiological studies of human face perception: I. Potentials generated in occipitotemporal cortex by face and non-face stimuli / T. Allison, A. Puce, D. Spencer // *Cereb. Cortex*. – 1999. – V. 9, № 5. – P. 415-430.
11. Hansen J.C. The temporal dynamics of human auditory selective attention / J.C. Hansen, S.A. Hillyard // *Psychophysiology*. – 1988. – V. 25, № 3. – P. 316-329.
12. Oades K.D. Frontal, temporal and lateralized brain function in children with attention-deficit hyperactivity disorder: a psychophysiological and neuropsychological viewpoint on development / K.D. Oades // *Behav. Brain Res.* – 1998. – V. 94, № 1. – P. 83-95.
13. Kutas M. Event-related brain potentials (ERPs) elicited by novel stimuli during sentence processing / M. Kutas, S.A. Hillyard // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* – 1984. – V. 425. – P. 236-241.
14. Ahern G. Differential lateralization for positive and negative emotion in the human brain: EEG spectral analysis / G. Ahern, G. Schwartz // *Neuropsychologia*. – 1985. – V. 23, № 6. – P. 745-755.
15. Sidorova O.A. Electroencephalographic and vegetative correlates of the mental reproduction of emotional states / O.A. Sidorova, M.B. Kostyunina, M.A. Kulikov // *Neurosci. and Behav. Physiol.* – 1992. – V. 22, № 6. – P. 475.
16. Collet L. Hemispheric lateralization of emotions: absence of electrophysiological arguments / L. Collet, R. Duclaux // *Physiol Behav.* – 1987. – V. 40, № 2. – P. 215-220.
17. Dawson G. Frontal electroencephalographic correlates of individual differences in emotion expression in infants: a brain systems perspective on emotion / G. Dawson // *Monogr. Soc. Res. Child. Dev.* – 1994. – V. 59, № 2-3. – P. 135-151.
18. Афтанас Л.И. Отражение проявления эмоций в вызванной ЭЭГ-синхронизации и десинхронизации / Л.И. Афтанас, А.А. Варламов, С.В. Павлов и др. // *Российский физиол. журн. им. И.М.Сеченова*. – 2002. – Т. 88, № 6. – С. 790-802.
19. Костандов Э.А. Когнитивная гипотеза полушарной асимметрии эмоциональных функций человека / Э.А. Костандов // *Физиология человека*. – 1993. – Т. 19, № 3. – С. 5-15.
20. Chua P, Krams M, Toni I, Passingham R, Dolan R. A functional anatomy of anticipatory anxiety / P. Chua, M. Krams, I. Toni [et al.] // *Neuroimage*. – 1999. – V. 9, № 6. – P. 563-671.

Коваленко Г.О., Чорний С.В., Корякин В.А., Павленко В.Б. Аналіз викликаних ЕЕГ-потенціалів в умовах негативної емоційної активації у людини: часові та топографічні характеристики // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 1. – С. 35-41.

Вивчали вплив емоційно негативних візуальних стимулів на часові та топографічні характеристики викликаних ЕЕГ-потенціалів людини. Показано, що компоненти N1, P2, N2 і P3 у відповідь на емоційно негативні стимули виникають з суттєво більш коротким латентним періодом, ніж на нейтральні. Зменшення латентного періоду вказаних компонентів було максимальним в проекції лобних, центральних та тім'яних зон лівої півкулі.

Ключові слова: викликані потенціали, латентний період компоненту, негативна емоційна активація.

Kovalenko A.A., Chernyj S.V., Koryakin V.A., Pavlenko V.B. Analysis of evoked EEG-potentials under emotionally aversive arousal condition: temporal and topographic characteristics // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.22 (61). – № 1. – P. 35-41.

Influence of emotionally negative visual stimuli on the temporal and topographic characteristics of evoked EEG-potentials was investigated. It's shown that N1, P2, N2 and P3 components under emotionally aversive condition appear with noticeably shorter latency than under emotionally neutral condition. Latency decrease was a maximum in the frontal, central and temporal areas of the left hemisphere.

Keywords: evoked potentials, component latency, emotionally aversive arousal condition.

Поступила в редакцію 15.04.2009 г.