

*Биология*

УДК 612.821

А. Р. АГАБАБЯН, В. Г. ГРИГОРЯН, А. Ю. СТЕПАНЯН, Л. С. СТЕПАНЯН

МЕЖПОЛУШАРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ВЫЗВАННОЙ АКТИВНОСТИ  
В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ И ПРИ НАЛИЧИИ НАВЫКА  
ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Анализовались амплитудно-временные характеристики компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$  зрительных вызванных потенциалов, зарегистрированных в симметричных точках фронтальной, теменной, центральной и затылочной областей правого и левого полушарий коры головного мозга у лиц, обучающихся операторской работе, и у лиц, имеющих навык работы на компьютере. Выявлены различия между полушариями по скорости обработки сигналов и по величине амплитуды исследуемых компонентов в условиях обучения операторской деятельности, свидетельствующие о ведущей роли левого полушария в когнитивном этапе восприятия. Показана слабая выраженность межполушарной разницы у профессиональных пользователей компьютером, что указывает на слабое участие коры в мозговом обеспечении операторской деятельности у них.

**Введение.** Известно, что основной деятельностью операторов в системах управления является прием и переработка информации [1–3], в связи с чем функциональные изменения, происходящие в организме человека, отражаются преимущественно в динамике изменений характеристик активности коры больших полушарий, а также межполушарных взаимоотношений. Функциональная асимметрия больших полушарий играет существенную роль в адаптации человека к различным видам деятельности, в том числе и к тем, которые связаны с обучением работе на современной технике и ее профессиональным использованием. Накопленный в последние годы большой материал о роли межполушарных взаимодействий в реализации обучения [4, 5] указывает на то, что в этом процессе ведущая роль принадлежит левому полушарию. Следует отметить, что на основе ряда экспериментальных исследований [6, 7] сложилось представление о ведущей роли левого полушария в задачах, требующих последовательной, а правого – параллельной обработки информации. Исследованиями других авторов [8] были получены данные о том, что при отсутствии предварительной тренировки как в левом, так и в правом полушариях превалирует последовательная обработка информации, которая по мере тренировки сменяется в левом полушарии параллельной

обработкой. В результате был сделан вывод о ведущей роли левого полушария в процессах обучения [4]. Получены также данные о перестройке межполушарных отношений в зависимости от степени профессионализма оператора [9]. Если на первых этапах обучения каждый элемент действия контролируется на уровне сознания, то по мере приобретения навыка мозговое обеспечение данной деятельности происходит уже при слабом участии коры. Однако межполушарные взаимодействия, обеспечивающие реализацию такого распространенного в настоящее время операторского труда на компьютере, мало изучены. В настоящем исследовании нас интересовали особенности межполушарной асимметрии у лиц, обучающихся операторскому труду, и у лиц, уже имеющих навык операторской работы на компьютере, так как, согласно мнению ряда авторов, степень выраженности межполушарной асимметрии зависит от сложности предъявляемого задания для исполнителя [9–11] и может служить индикатором стереотипизации деятельности и тех энергетических затрат, с помощью которых индивид достигает конечного результата. Для этого была проведена сравнительная оценка изменений компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$  вызванной активности коры правого и левого полушарий в динамике 4-часовой работы на компьютере. Выбор этих компонентов для выявления роли каждого полушария в реализации операторской работы на компьютере обусловлен функциональной значимостью этих волн, связанных как с селективным вниманием и обработкой сенсорных признаков стимула ( $N_{200}$ ), так и с процессами принятия решения, ожидания, осознания и оценки значимости стимула ( $P_{300}$ ).

**Методика исследования.** Эксперименты проведены на 45 практически здоровых студентах в возрасте от 18 до 23 лет с выраженной праворукостью, из которых 25 студентов не имели опыта работы с компьютером, а 20 человек имели навык пользования компьютером и были условно обозначены как «профессионалы». Испытуемые по данной методике ранее не обследовались. Задание моделировало работу операторов в статуправлениях, длилось 4 часа и заключалось во введении в память компьютера цифрового материала, не несущего смысловой нагрузки. Нейрофизиологическая часть исследования состояла в регистрации вызванной активности фронтальной, теменной, центральной и затылочной областей коры головного мозга испытуемых на световые вспышки (интенсивность 0,4 Дж, частота 300 Гц, длительность экспозиции 50 мс). Проводилось 5 серий регистраций: до начала работы на компьютере ( $T_0$ ), после первого ( $T_1$ ), второго ( $T_2$ ), третьего ( $T_3$ ) и четвертого ( $T_4$ ) часов работы. Исследования проводились в затемненной, звукозаглушенной, экранированной камере. Испытуемый находился в специальном кресле с подголовником, обеспечивающим устойчивое положение головы и исключая боковые движения, в удобном полулежачем расслабленном положении с закрытыми глазами. Регистрацию вызванной электрической активности осуществляли на 8-канальном энцефалографе фирмы «Medikor» (Венгрия); постоянная времени равнялась 1 с, полоса пропускания 0,5–70 Гц. Регистрация проводилась дискретно, после каждого часа работы.

Генератором светового импульса служил фотостимулятор FTS-21, который запускался синхронно с блока Selector анализатора-интегратора ANIEG-81 фирмы «Medikor» (Венгрия). Вызванные потенциалы (ВП) коры

головного мозга усредняли по 32 индивидуальным реакциям. Для автоматической регистрации, суммации и анализа ВП использовали компьютерные программы EPREC и EPPROC. Для выявления межполушарных различий нами был проведен сравнительный анализ амплитудно-временных характеристик негативного компонента  $N_{200}$  с латентным периодом (ЛП) 170–210 мс и позитивного компонента  $P_{300}$  с ЛП 280–350 мс зрительных ВП, зарегистрированных в симметричных точках фронтальной, теменной, центральной и затылочной областей обоих полушарий в течение 4-часовой операторской деятельности на компьютере в 2-х группах испытуемых. Полученные данные подвергались статистической обработке по t-критерию Стьюдента.

**Результаты исследований.** Сравнительный анализ изменений ЛП компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$  ВП, зарегистрированных во фронтальной области правого и левого полушарий, у лиц, обучающихся операторскому труду на компьютере, показал, что ЛП компонента  $N_{200}$  были достоверно короче ( $p < 0,001$ ) в правом полушарии (рис. 1, А). В то же время, ЛП волны  $P_{300}$  достоверно ( $p < 0,001$ ) короче в левом полушарии во все часы эксперимента.

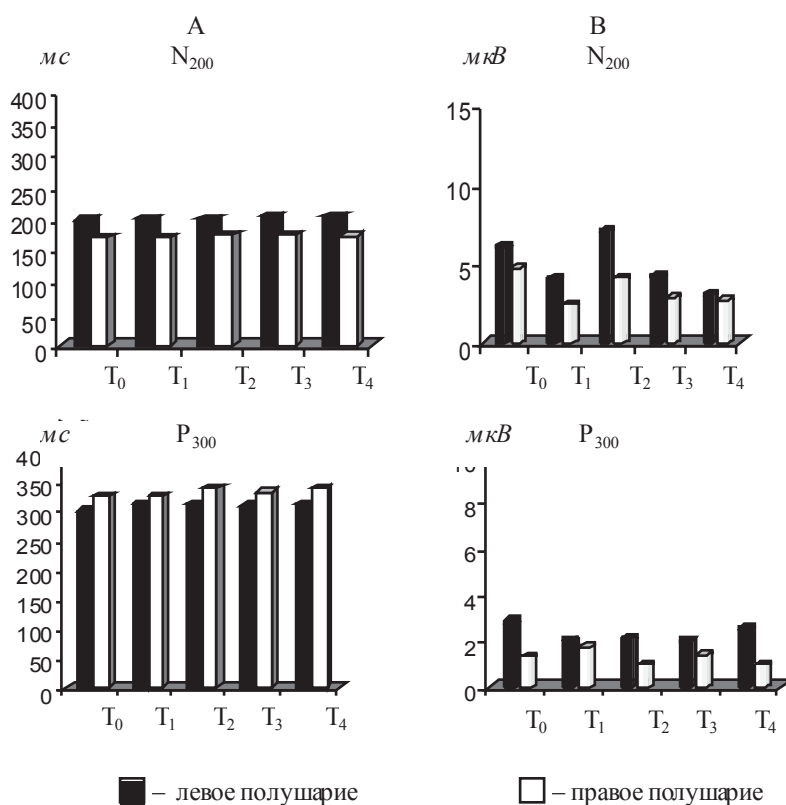


Рис. 1. Межполушарная разница величин ЛП (А) и амплитуды (Б) компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$  зрительных ВП, зарегистрированных в симметричных точках фронтальных областей левого и правого полушарий в течение 4-часового обучения работе на компьютере.

Оценка амплитудных величин исследуемых компонентов показала доминирование левого полушария по компоненту  $N_{200}$  в  $T_0, T_1, T_2$  и  $T_3$ , а для поздней положительной волны  $P_{300}$  – во все часы эксперимента (рис. 1, Б).

Сравнительный анализ ЛП исследуемых компонентов ВП, зарегистрированных в симметричных точках центральных областей обоих полушарий, показал что здесь наблюдается идентичная картина: ЛП компонента  $N_{200}$  достоверно короче в правом полушарии, а компонента  $P_{300}$  короче в левом. По величине амплитуды обоих компонентов доминировало левое полушарие.

В теменной области наблюдается несколько иная картина: ЛП как компонента  $N_{200}$ , так и компонента  $P_{300}$  короче в правом полушарии во все часы эксперимента. По величине амплитуды обоих компонентов обнаружена межполушарная разница: в левом полушарии амплитуда исследуемых компонентов достоверно больше.

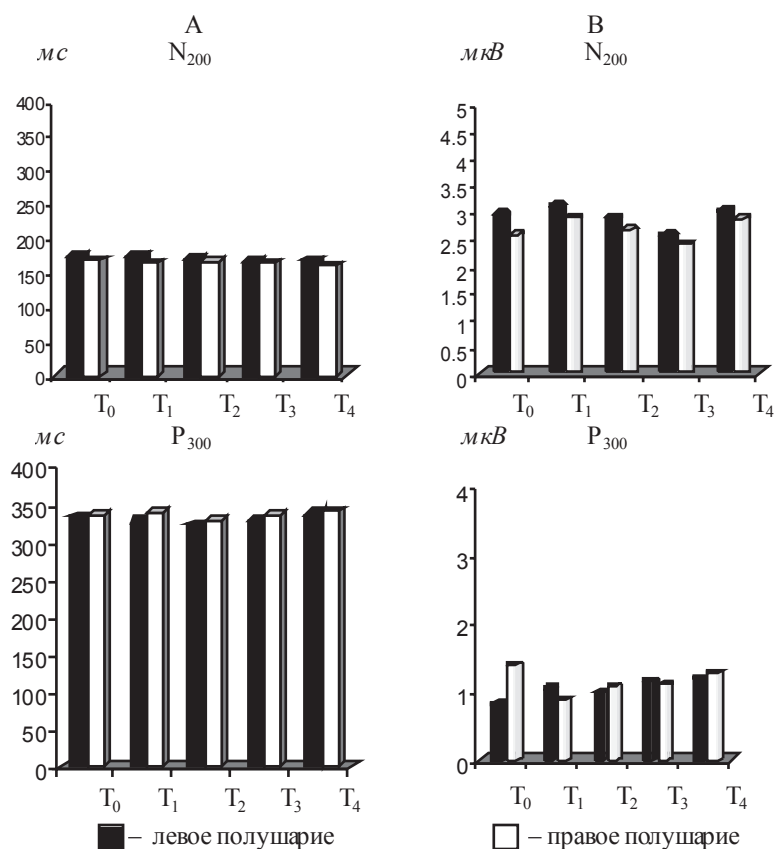


Рис. 2. Межполушарная разница величин ЛП (А) и амплитуды (Б) компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$  зрительных ВП, зарегистрированных в симметричных точках фронтальных областей левого и правого полушарий в течение 4-часового обучения работе «профессионалов».

Межполушарный анализ исследуемых компонентов ВП, зарегистрированных в симметричных точках затылочных областей обоих полушарий показал, что ЛП компонента  $N_{200}$  короче в правом полушарии, в то время как по волне  $P_{300}$  наблюдается обратная картина: ЛП компонента  $P_{300}$  короче в левом

полушарии. Величины амплитуд обоих исследуемых компонентов больше в левом полушарии.

Аналогичные исследования были проведены при 4-часовой работе на компьютере «профессионалов». Анализ компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$  зрительных ВП, зарегистрированных во фронтальных областях обоих полушарий, показал незначительную межполушарную разницу по ЛП компонента  $N_{200}$  в  $T_3$  и  $T_4$ : более короткие ЛП регистрируются в правом полушарии (рис. 2, А). В величине ЛП поздней волны  $P_{300}$  также наблюдаются определенные различия между полушариями, но на уровне тенденции: к концу эксперимента в левом полушарии ЛП короче.

Показано, что величина амплитуды волны  $N_{200}$  недостоверно больше в левом полушарии, а по волне  $P_{300}$  в начале эксперимента наблюдается доминирование ( $p < 0,01$ ) правого полушария, но уже в  $T_2$  и  $T_4$  межполушарная разница носит характер тенденции (рис. 2, Б). Анализ ВП, зарегистрированных в симметричных точках центральных областей левого и правого полушарий, не обнаружил межполушарной разницы как по ЛП компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$ , так и по величине их амплитуды.

При сравнении активности теменных областей обоих полушарий также не обнаружено межполушарных различий.

Сравнительный анализ активности затылочных областей выявил следующую картину: ЛП волны  $N_{200}$  короче в правом полушарии, причем достоверно ( $p < 0,01$ ) в  $T_1$ , после чего межполушарная разница стирается. При сравнении величин ЛП волны  $P_{300}$  достоверных различий между полушариями не обнаружено. По амплитуде волны  $N_{200}$  выявлено доминирование правого полушария в  $T_0$  и  $T_3$ . По амплитуде волны  $P_{300}$  в  $T_0$  и  $T_4$  также доминирует правое полушарие. В остальные часы эксперимента значимых различий между полушариями не наблюдается.

**Обсуждение результатов.** Сравнительный анализ амплитудно-временных характеристик компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$  выявил достоверную межполушарную разницу вызванной активности в процессе обучения операторской деятельности на компьютере: более короткие ЛП волны  $N_{200}$  регистрируются в правом полушарии. Это можно считать доказательством доминирования правого полушария по скорости обработки информации на первоначальном этапе восприятия стимула. На более позднем этапе переработки информации, отражением которого является положительная волна  $P_{300}$ , уже доминирует левое полушарие. Таким образом, можно говорить о смене доминирования полушарий с правого на левое, т.е. об этапности обработки сигнала полушариями. Наблюдаемое в наших экспериментах поэтапное доминирование полушарий во временном аспекте подтверждается данными ряда авторов, указывающих на относительную специализацию функций каждого полушария. Так, Г. Коэн и М. Брайден [12, 13] считают, что полушарная специализация существует для отдельных стадий единого целостного процесса, начиная от анализа физических свойств стимула до корковой организации реакций на него. В свою очередь, Э.А. Костандов [4], получив в экспериментах по выработке временной связи факт укорочения ЛП  $P_{300}$  в левом полушарии при смене неосознаваемых слов осознаваемыми, пришел к выводу о том, что оба полушария, работая

согласованно, в то же время имеют выраженную специализацию по способам обработки информации. Таким образом, наблюдаемая в наших исследованиях межполушарная разница во времени обработки сигнала согласуется с общепринятым мнением о том, что правое полушарие быстрее обрабатывает поступающую информацию и именно в нем осуществляется первичный зрительно-пространственный анализ стимулов, после чего результаты анализа передаются в левое полушарие, где уже происходит окончательный высший семантический анализ и осознание значимости раздражителя. Подобная асимметрия во времени обработки сенсорной информации, когда этапы приема и обработки осуществляет правое полушарие, а поздние когнитивные процессы – левое, говорит о хронологическом механизме «сотрудничества» полушарий при обучении операторскому труду на компьютере. Анализируя данные по сравнительной оценке показателей амплитуды ВП, можно однозначно утверждать, что ведущую роль в мозговом обеспечении обучения исследуемой деятельности играет левое полушарие.

Сравнительный анализ амплитудно-временных параметров компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$ , проведенный в группе «профессионалов», показал слабую выраженность межполушарной асимметрии. Ряд авторов [14, 15] считает, что асимметрия зависит от степени перцептивной сложности зрительной информации: чем проще воспринимаемый материал, тем менее выражена межполушарная асимметрия. Мы полагаем, что слабо выраженная межполушарная асимметрия у «профессионалов» в наших экспериментах является доказательством того, что предложенное задание не представляло для них особой сложности и поэтому выполнялось на уровне навыка. Так, в работах ряда авторов [9, 12] показано, что большую роль в выраженности межполушарной асимметрии играет степень стереотипизации деятельности. Переход от обучения к навыку представляет собой, как известно, изменение соотношений уровней регуляции. С упрочением навыка все большая часть поступающей извне информации не доходит до сознания, а обрабатывается на более низких уровнях ЦНС. Полученные нами данные доказывают, что для получения требуемого результата при обучении человеку необходимо приложить определенные усилия, которые повышают «биологическую цену» исследуемой деятельности в процессе приобретения профессионального навыка. Это, несомненно, отражается на межполушарном взаимодействии, когда каждое полушарие, функционируя согласно своей специализации, вносит свой вклад в процесс обучения, что приводит к усилению межполушарной асимметрии. У человека, владеющего навыком, мышление направлено уже не на координацию движений, а на решение других задач. Выполнение задания приобретает стереотипный характер и, надо полагать, реализуется на подкорковом уровне, что приводит к нивелированию межполушарной разницы у профессиональных пользователей.

#### **Выводы.**

1. Изучение межполушарной разницы по временно-амплитудным параметрам компонентов  $N_{200}$  и  $P_{300}$  ВП, отведенных из симметричных точек фронтальной, центральной, теменной и затылочной областей, позволяет предположить поэтапное доминирование полушарий по скорости обработки

сигнала в процессе 4-часового обучения операторской деятельности: правое полушарие осуществляет первоначальный прием и обработку сигнала, левое является ведущим в конечном когнитивном этапе восприятия.

2. Выявленная межполушарная разница по амплитудным параметрам компонентов ВП позволяет говорить о доминировании левого полушария по уровню активации.

3. Показано, что выраженная в условиях обучения межполушарная асимметрия амплитудно-временных характеристик ВП нивелируется при наличии профессионального навыка, что свидетельствует о слабом участии коры в мозговом обеспечении заданной деятельности у «профессионалов».

*Кафедра физиологии человека и животных*

*Поступила 11.04.2006*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Wersted M., Westgaard R.H. – Ergonomics, 1996, v. 39, № 4, p. 661–676.
2. Stemberg B., Ericson N., Mild K.H. et al. – Int. J. Epidemiol., 1995, v. 24, № 4, p. 796–803.
3. Mareus M., Gerr F.A. – J. Ind. Med., 1996, v. 29, № 2, p. 161–170.
4. Костандов Э.А. Функциональная асимметрия полушарий мозга и неосознаваемого восприятия. М.: Наука, 1983, p. 170.
5. Rusalova M.N., Kostyunina M.B. – Int. J. of Psychophysiology, Abstr. of the 9th World Congress of the Int. Org. of Psychophys. (IOP), Taormina, Sicily, Italy, 14–19 September, 1998, v. 30, № 1–2, p. 104.
6. Dobronravova I.S. – Ibidem p. 95.
7. Дадюнова Н.А., Залыцман А.Г., Меерсон Я.А. – Физиология человека, 1984, т. 10, № 6, с. 959–963.
8. Залыцман А.Г., Меерсон Я.А. – Физиология человека, 1990, т. 16, № 5, с. 29.
9. Овчинников Н.Д. – Физиология человека, 1998, т. 24, № 2, с. 74–79.
10. Леушина В.П., Николаева Е.И. Психофизиологические механизмы адаптации и функциональной асимметрии мозга. Новосибирск: Наука, 1988, с. 193.
11. Добронравова И.С. – Журнал ВНД, 1989, т. 39, № 5, с. 819.
12. Bryden M.P. – Cortex, 1973, v. 9, № 4, p. 419.
13. Cohen G. – Attention and Performance, 1975, v. 18, p. 20–32.
14. Залыцман А.Г., Меерсон Я.А. – Физиология человека, 1990, т. 16, № 5, с. 29.
15. Hellige J.B. Hemispheric asymmetry. Cambridge, MA, 1993, 147 p.

Հ. Ռ. ԱՂԱԲԱԲՅԱՆ, Վ. Հ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա. ՅՈՒՍԵԲՄԱՆՅԱՆ, Լ. Ս. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ

ՀՐԱՀՐՎԱԾ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՄԻՋԿԻՍԱԳՆԴԱՅԻՆ  
ՏԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՕՊԵՐԱՏՈՐԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ  
ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ԸՆԹԱՅԵՈՒՄ ԵՎ ՓՈՐՁԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊԵՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Գրանցվել են համակարգչային օպերատորական աշխատանքը ուսուցանող և նախապես համակարգչային աշխատանքի փորձ ունեցող անձանց

տեսողական հրահրված պոտենցիալներ (ՀՊ) գլխուղեղի կեղևի աջ և ձախ կիսագնդերի ճակատային, գագաթային, քունքային և ծոծրակային շրջանների սիմետրիկ կետերից: Վերլուծվել են ՀՊ-ների  $N_{200}$  և  $P_{300}$  կոմպոնենտների ժամանակաամպլիտուդային ցուցանիշները: Հայտնաբերվել են ազդակների մշակման արագության և ամպլիտուդի մեծության միջկիսագնդային տարբերություններ օպերատորական աշխատանքի ուսուցման ընթացքում, ինչը վկայում է մտածողական փուլում ձախ կիսագնդի առաջատար դերի մասին: Յույց է տրվել, որ համակարգչային աշխատանքի փորձ ունեցող փորձարկվողների գլխուղեղի միջկիսագնդային տարբերությունը թույլ է արտահայտված, ինչը խոսում է օպերատորական աշխատանքում ուղեղի կեղևի թույլ մասնակցության մասին:

H. R. AGHABABIAN, V. H. GRIGORIAN, A. Yu. STEPANYAN, L. S. STEPANYAN

INTERHEMISPHERIC DIFFERENCES OF THE EVOKED ACTIVITY  
DURING TRAINING OF PC OPERATOR ACTIVITY AND IN THE  
PRESENCE OF SKILL

Summary

It was registered visual evoked potentials in symmetric points of frontal, parietal, temporal and occipital areas of the right and left hemispheres of brain cortex at the persons trained work on a computer, and at the persons having skill of work on a computer. It were analyzed amplitude-time characteristics of EP components  $N_{200}$  and  $P_{300}$ . Found interhemispheric differences in speed of processing signals and on value of amplitude in conditions of training of PC operator activity are testifying about the leading part of the left hemisphere in cognitive stage of perception. Feebly marked interhemispheric differences at examinees – professional PC users is testifying about weak participation of brain cortex maintenance of PC operator work.