

Тезисы представлены на Всероссийскую научную юбилейную конференцию, посвященную 35-летию Института психологии РАН и 80-летию со дня рождения Б.Ф. Ломова "Тенденции развития современной психологической науки" (31 января – 1 февраля 2007 г.)

Медленные потенциалы мозга: от типологии к непрерывному спектру вариаций потенциала универсальной конфигурации

И.О. Александров, Н.Е. Максимова, М.Ю. Шепилев

Институт психологии РАН, лаборатория
нейрофизиологических основ психики им. В.Б. Швыркова

Работа поддержана фондами: РФФИ (04-06-80226), РГНФ (05-06-06055), Президента РФ для поддержки ведущих научных школ России 2006 г. № НШ — 4455.2006.6, Госконтракт от 9.06.06 № 02.445.11.74.41.

Основные варианты описания медленных потенциалов мозга (МП), регистрируемых в поведении, построены на их связи с событиями, мозговыми структурами и психологическими функциями (см. обзор в (Александров, Максимова, 2001; Максимова, Александров, 1987)). На этих основаниях все многообразие потенциалов разделяют на классы, т.е. для описания потенциалов используют номинальные шкалы, чаще – слабо упорядоченные.

Анализ типологий потенциалов такого рода, связи характеристик потенциалов с этапами реализации и смены поведенческих актов, с активностью поведенчески специализированных нейронов, проведенный с позиций системно-эволюционного подхода, позволил сформулировать гипотезу о том, что поведенческому акту и процессам смены последовательных актов соответствует потенциал универсальной конфигурации. Такой потенциал включает комплекс быстрых негативно-позитивных колебаний, соответствующих инициации акта; за ним следует медленная негативная волна, которая может быть структурирована — разделена низкоамплитудными позитивностями на негативные субкомпоненты в связи с организацией двигательной активности, а переходу к следующему акту соответствует высокоамплитудное позитивное колебание, форма которого может быть усложнена субкомпонентами, комплекс которых завершается при инициации следующего акта. По предположению такая конфигурация инвариантна для поведенческих актов, различающихся по содержанию (Максимова, Александров, 1987; Aleksandrov, Maksimova, 1987).

Заметим, что потенциал имеет универсальную конфигурацию в том случае, если он описывается через конечное число параметров и значения этих параметров имеют непрерывный спектр, так что на множестве вариантов конфигурации потенциала нельзя выделить различающиеся классы эквивалентности. В таком случае это множество нельзя разбить на подмножества (т.е. классы или типы) в соответствии с какой-либо классификацией поведенческих актов.

В данной работе предпринята попытка фальсификации этих положений на основе сопоставления конфигурации медленных потенциалов, соответствующих двум дискретным типам поведенческих актов – «старым» (к данному моменту уже включенным в индивидуальный репертуар) и «новым» (впервые реализуемым индивидом). Если таким актам соответствуют потенциалы с различной конфигурацией, то потенциал не «универсален» (H_1). Напротив, если существует непрерывный спектр переходов между конфигурациями потенциала для «новых» и «старых» актов, то такой потенциал обладает универсальной конфигурацией (H_2).

Гипотеза H_1 может быть правдоподобной, поскольку «старые» и «новые» акты поведения представляют собой непересекающиеся классы эквивалентности. Правдоподобие гипотезы H_2 обосновывается (1) установленным соответствием между конфигурацией потенциала и динамикой актуализации наборов компонентов структуры индивидуального опыта/знания (СИЗ) на протяжении реализации акта, которые представлены группами поведенчески специализированных нейронов, а также (2) универсальным характером динамики актуалгенеза составляющих СИЗ на протяжении поведенческого акта – от инициации до достижения результата (Александров, 2006; Максимова, Александров, 1987; 2003; Aleksandrov, Maksimova, 1987).

Для создания условий, в которых в полной мере могли бы проявиться предположительные альтернативные свойства конфигурации потенциалов, т.е. условий, в которых у альтернативных гипотез существовали бы равные априорные возможности оказаться правдоподобными, анализировали конфигурацию МП не для двух типов актов («старого» и «нового»), а для всей ситуации порождения «нового» акта. Для этой ситуации показано, что новый компонент СИЗ, определяющий специфику «нового» акта, формируется на протяжении нескольких предшествующих «старых» актов, причем в этой последовательности актов происходит закономерное изменение состава актуализированной совокупности составляющих СИЗ (Александров, Максимова, 2003). Поэтому оценивали конфигурацию МП для всей последовательности «старых» актов, а также для первой реализации «нового» акта.

Таким образом, если конфигурации МП, соответствующих (1) «старым» актам, которые предшествуют реализации «нового» акта, и (2) собственно «новым» актам, будут представлять два различающихся класса, то гипотеза H_2 должна быть отвергнута. Если характеристики конфигурации МП, соответствующих актам всей этой последовательности, включая «новый» акт, описываются единой закономерностью изменения параметров, то отвергнуть следует гипотезу H_1 .

Методика

Участники исследования (256 человек) формировали компетенцию в стратегической игре двух партнеров с полной информацией (использована игра «крестики-нолики» на поле 15×15). Анализировали время выбора хода (ВВХ), организацию и динамику СИЗ на протяжении последовательности 5 актов игры, предшествующих первой реализации «нового» акта (783 последовательности). Акты этой последовательности обозначали: «-5, -4, ...-1, 0», где «0» обозначает «новый» акт, а «-1», «-2» и «-3» — предшествующие ему «старые» акты.

Интервал между двумя последовательными постановками знаков на поле оппонентом, включающий постановку знака игроком, рассматривали как акт игры игрока, что соответствует критериям выделения хода в играх этого класса (Александров, 2006).

У шести испытуемых из этой выборки регистрировали ЭЭГ в отведениях F3", F4", P3', P4' по системе 10–10 и ЭОГ в процессе игры, а также отметки касаний игрового поля при написании знаков. Анализировали конфигурацию МП в актах, соответствующих «новому» акту и трем «старым» актам, предшествующим ему. Такую укороченную последовательность обозначали: «-3, -2, -1, 0», где «0» — «новый» акт, а «-1», «-2» и «-3» — предшествующие ему «старые» акты. После первичного анализа и удаления артефактов ЭЭГ у четырех испытуемых было выделено 39 таких последовательностей из четырех актов.

Для отрезков ЭЭГ, соответствующих каждому акту последовательности, оценивали амплитуды и временные характеристики составляющих паттерна потенциала универсальной конфигурации (Максимова, Александров, 1987) на интервалах перед ходом оппонента, между ходами оппонента и игрока, после хода игрока.

При обработке данных использовали множественный регрессионный, факторный, дисперсионный анализ, непараметрические тесты. Распределения переменных приближали к нормальному виду при помощи процедуры нормализации Тьюки.

Результаты

Анализ ВВХ в 783 последовательностях актов показал, что, начиная с акта "-3" ВВХ увеличивается, достигая максимума при реализации «нового» акта, а в следующем акте снижается, достигая "фонового" значения.

На протяжении актов, в которых возрастает ВВХ, происходит снижение количества актуализированных стратегий, их длины (количества компонентов СИЗ, объединенных в стратегии), повышается доля «старых» стратегий, то есть образовавшихся на ранних этапах формирования компетенции, стратегии распределяются по альтернативным вариантам выбора более равномерно, так, что селективная ценность альтернатив выбора уравнивается. Ситуация, в которой все альтернативы обладают равной селективной ценностью, а количество альтернатив, зафиксированных в репертуаре игрока, снижено до минимума, трудно разрешима. Такую ситу-

ацию можно охарактеризовать как проблемную. Именно прогрессирующее усложнение выбора хода, развитие проблемной ситуации проявляется в градуальном увеличении ВВХ.

Статистические оценки показали, что эти закономерности изменения ВВХ и состава актуализированных совокупностей составляющих СИЗ сохраняются и для подвыборки из 39 последовательностей актов, для которых были зарегистрированы МП.

МП, соответствующие актам «-3, -2, -1, 0», имели сходную конфигурацию, они содержали все основные составляющие потенциала универсальной конфигурации, характерного как для акта игры, так и для поведенческих актов в других ситуациях (Максимова, Александров, 1987; Александров, Максимова, 2003). Поэтому к МП, соответствующему каждому акту, включенному в последовательность «-3, -2, -1, 0», могли быть применены одинаковые измерительные процедуры.

В ряду актов «-3, ... 0» изменения конфигурации потенциала начинаются с быстрых негативных колебаний, предшествующих развитию медленной негативности, распространяются на субкомпоненты медленного колебания, и высокоамплитудную позитивность, завершающую медленную негативность. На протяжении последовательности актов «-3, ... 0» (1) увеличивается длительность комплекса быстрых негативно-позитивных колебаний, предшествующих развитию медленного негативного отклонения, (2) снижается количество и амплитуда восходящих фронтов субкомпонентов негативного отклонения, (3) снижается абсолютное значение амплитуды потенциала, завершающего медленное негативное отклонение — аналога колебания P300.

Основные тенденции изменения конфигурации МП на протяжении последовательности актов «-3, -2, -1, 0», можно охарактеризовать, как: (1) «уплощение» колебаний потенциала, выражающееся в снижении амплитуды позитивного фронта, завершающего медленное негативное отклонение, амплитуд субкомпонентов этой негативности, амплитуд быстрых негативных колебаний, предшествующих развитию медленной негативности и (2) снижение количества субкомпонентов медленной негативной волны. Отмеченные изменения, таким образом, не позволяют отнести МП, соответствующие «новому» акту «0» и «старым» актам «-3, -2, -1» к разным классам по признаку «новизны». Поскольку характеристики конфигурации МП, соответствующих актам всей этой последовательности, включая «новый» акт, описываются единой закономерностью изменения параметров, то гипотезу H_1 , согласно которой «новым» и «старым» актам соответствуют МП, относящиеся к разным классам конфигурации, следует отвергнуть.

Полученные результаты показывают, что вариации конфигурации МП связаны с изменениями состава актуализированных составляющих СИЗ на протяжении развития и разрешения проблемной ситуации. Поскольку спектр вариаций состава актуализированных совокупностей составляющих СИЗ непрерывен, то и разнообразие конфигураций МП, соответствующих реализации и смене поведенческих актов, должно представлять собой непрерывный спектр вариаций потенциала универсальной конфигурации, т.е. соответствовать реализации и смене поведенческих актов независимо от их содержания.

Александров И.О. Формирование структуры индивидуального знания. М.: Институт психологии РАН, 2006.

Александров И.О., Максимова Н.Е. Связанные с событиями потенциалы мозга (ССП) в психофизиологическом исследовании // Психофизиология/ Под ред. Ю.И. Александрова. Спб.: Питер, 2001. С. 263 – 324.

Александров И.О., Максимова Н.Е. Закономерности формирования нового компонента структуры индивидуального знания// Психол. журн. 2003. Т. 24. № 6. С. 55 – 76.

Максимова Н.Е., Александров И.О. Типология медленных потенциалов, нейрональная активность и системная организация поведения // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях / Под ред. В.Б. Швыркова, В.М. Русалова, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. С. 44 – 72.

Aleksandrov I.O., Maksimova N.E. Slow brain potentials and their relation to the structure of behavior: data on cortical unit activity // Electroenc. and Clinical Neurophysiol. Supplement. Elsevier, North-Holland: 1987. V. 40. P. 3 – 7.