

КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

ПАРАМЕТРЫ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ,
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ,
УСПЕВАЕМОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА

© 2000 г. И. И. Коробейникова

*Канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории биоадаптации
НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина, РАМН*

По разнице во времени латентных периодов простой и сложной сенсомоторных реакций, условно названной “временем выбора” (ВВ), выделены две группы обследованных — с высоким и низким ВВ. Лица с низким ВВ отличались лучшей памятью на числа, успешнее выполняли математические операции, имели высокий балл общей успеваемости и более высокий *IQ* по Айзенку. Наряду с этим у них наблюдались более высокий бета-1-индекс лобного и затылочного отведений, а также более высокая частота альфа-ритма в левом лобном отведении фоновой ЭЭГ. По результатам обследования делается предположение о большей активированности передних отделов коры левого полушария у лиц с низким ВВ.

Ключевые слова: сенсомоторная реакция, “время выбора”, успеваемость, коэффициент интеллекта, электроэнцефалограмма.

В современных психофизиологических обследованиях человека одной из наиболее часто используемых методик является определение латентного времени простой двигательной реакции (ВПДР) на свет и сложной двигательной реакции (ВСДР) с различением значимых световых сигналов.

Вопрос о связи ВПДР с эффективностью различных видов операторской деятельности человека и особенностями его энцефалограммы изучен достаточно подробно [4, 5, 8, 12, 17]. Имеются данные о связи латентных периодов простой зрительно-моторной реакции с развитием нервно-психического утомления и успеваемостью [15].

О латентном периоде ВСДР с выбором световых или других сигналов чаще всего упоминается в связи с анализом ВПДР [5, 12]. В норме латентный период последнего всегда меньше латентного периода ВСДР. Различия во времени латентных периодов ВПДР и ВСДР объясняется просто. Латентное время реакции с выбором значимых сигналов затрачивается не только на преобразование сигналов в рецепторах, эффекторах, их перемещение по нервным проводникам, но и на анализ приходящих извне сигналов, на принятие решения о необходимости моторных (если перед испытуемым стояла такая задача) действий.

Анализ многочисленных результатов исследований нашей лаборатории, где определялось ВПДР и ВСДР, показал, что продолжительность этих периодов у разных испытуемых разная, но в то же время характеризуется относительным по-

стоянством для каждого индивида. Эти индивидуальные различия не зависят от особенностей аппаратуры, на которой проводилось тестирование. Разницу во времени латентных периодов простой и сложной сенсомоторных реакций мы условно назвали “временем выбора” (ВВ).

По определению П.К.Анохина (1976), “принятие решения представляет собой критический пункт, в котором происходит организация комплекса афферентных возбуждений, способного дать вполне определенные действия. Принятие решения переводит один системный процесс — афферентный синтез — в другой системный процесс — программу действий. После принятия решения все комбинации возбуждений приобретают исполнительный характер” [2].

Нами было сделано предположение о том, что ВВ является одной из индивидуально-типологических характеристик человека, а его величина у разных испытуемых может быть связана с особенностями биопотенциалов коры головного мозга.

Цель настоящего исследования — выявление взаимосвязи времени выбора с некоторыми психофизиологическими особенностями, эффективностью мнестических видов деятельности и характеристиками ЭЭГ человека.

МЕТОДИКА

В обследовании приняли участие 49 человек в возрасте 16–18 лет (24 юноши и 25 девушек). По разнице во времени латентных периодов простой и сложной двигательных реак-

ций все обследуемые были разделены на две группы. В 1-ю вошли испытуемые, ВВ которых было меньше средней величины по всей группе (21 человек – 11 юношей и 10 девушек); во 2-ю группу вошли испытуемые, ВВ которых было больше средней величины (28 человек – 13 юношей, 15 девушек). Психофизиологическое обследование проводилось с помощью комплексов "Тонус" и ПФК-01.

У всех обследуемых определяли: 1) латентное время простой двигательной реакции на свет; 2) латентное время сложной двигательной реакции на свет с выбором сигнала; 3) скорость и правильность простых арифметических вычислений (испытуемые должны были в течение трех минут произвести как можно больше математических операций с простыми числами); 4) проводилось тестирование краткосрочной зрительной памяти на числа (испытуемому предлагалось запомнить и воспроизвести шесть двузначных чисел, в течение экспозиции за 1 минуту, результат деятельности — время ответа и количество неверных ответов). Результатами деятельности являлись общее количество арифметических вычислений и количество допущенных ошибок; определяли коэффициент интеллекта (КИ) в баллах по тесту Айзенка [1]; у школьников вычисляли общий балл успеваемости по всем дисциплинам, а также средний балл успеваемости по информатике и математике.

У 24 испытуемых мужского пола регистрировали ЭЭГ в состоянии относительного покоя (сидя, глаза открыты) с помощью электроэнцефалографа ЭЭГ 16 S (Венгрия). Регистрация проводилась монополярно по схеме "10–20". Референтные электроды располагались на мочках ушей, отведения О1, О2, F3, F4, постоянная времени 0,3 с, фильтры высоких частот 70 Hz.

При обработке ЭЭГ проводили спектральный анализ по методу быстрого преобразования Фурье. Вычислялись спектры мощности. Спектрограммы усреднялись по четырем последовательным 5-секундным эпохам анализа. Частота опроса при отцифровке ЭЭГ составляла 256 Гц. Отношение мощности основных частотных диапазонов альфа и бета-1-ритмов к суммарной мощности спектра расценивали как индекс соответствующего ритма. Определялась максимальная частота (по максимальному количеству пиков в 1 с) альфа и бета-1-ритмов в соответствующих диапазонах.

Достоверность различий психологических и физиологических показателей у испытуемых разных групп определяли с помощью критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты психологического тестирования и педагогических показателей представлены в таблице.

ВВ у испытуемых 1-й группы составило 85.9 ± 11.7 мс, у 2-й – 126.6 ± 18.0 мс. Различия между 1-й и 2-й группами были статистически достоверны ($p < 0.01$). Но достоверных различий по величине ВПДР и ВСДР между испытуемыми этих групп не обнаружено.

Анализ результатов психофизиологических тестов показал, что у испытуемых 1-й группы наблюдалось достоверно ($p < 0.05$) меньшее время воспроизведения запомненного материала в тесте "память на числа".

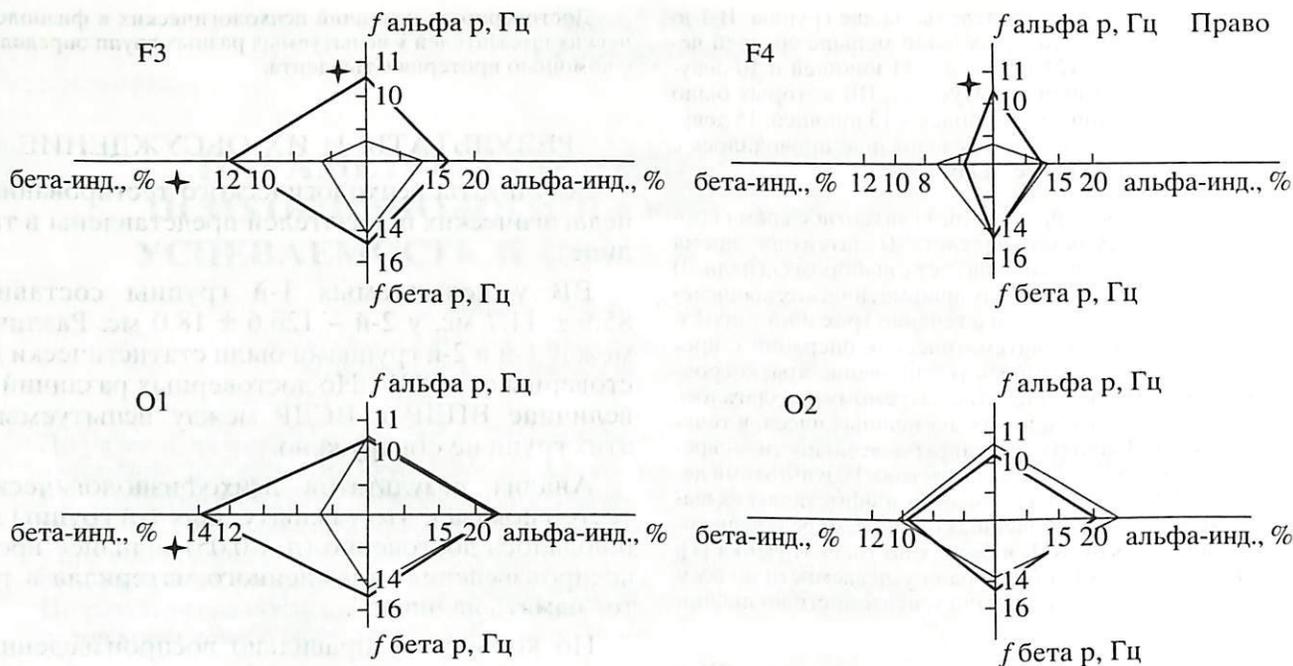
По количеству правильно воспроизведенных чисел и допущенных ошибок различий между группами не обнаружено. Испытуемые 1-й группы выполняли достоверно ($p < 0.01$) большее количество арифметических вычислений за 3 минуты, при этом количество допущенных ошибок в 1-й и 2-й группе было одинаковым.

В 1-й группе испытуемых оказался достоверно ($p < 0.01$) выше общий балл успеваемости, а также более высокий балл успеваемости по информатике и математике. Коэффициент интеллекта по Айзенку был достоверно ($p < 0.001$) выше также в 1-й группе обследуемых.

Проведенный спектральный анализ ЭЭГ, зарегистрированной в состоянии относительного

Значение психологических показателей и успеваемость по школьным дисциплинам у обследуемых с низким (I группа) и высоким (II группа) временем выбора

№	Показатели	I группа	II группа	$p <$
1	Время простой двигательной реакции, мс	272.0 ± 26.8	263.0 ± 14.9	–
2	Время сложной двигательной реакции, мс	358.0 ± 19.2	389.6 ± 17.8	–
3	Время выбора, мс	85.9 ± 11.7	126.6 ± 18.0	0.01
4	Память на числа:			
	– Количество воспроизведенных чисел	5.7 ± 0.3	6.2 ± 0.8	–
	– Количество ошибок	2.0 ± 0.5	2.2 ± 0.4	–
	– Время ответа, с	32.5 ± 2.3	45.5 ± 4.5	0.05
5	Арифметические вычисления			
	– Количество действий	107.9 ± 2.7	87.5 ± 4.9	0.01
	– Количество ошибок	4.9 ± 0.5	4.9 ± 0.9	–
6	Общая успеваемость, балл	123.5 ± 1.9	89.6 ± 4.5	0.01
7	Успеваемость по математике, балл	3.80 ± 0.4	3.20 ± 0.2	0.05
8	Успеваемость по информатике, балл	4.05 ± 0.3	3.64 ± 0.3	–
9	IQ , балл	33.3 ± 2.5	89.4 ± 9.0	0.001



Величина альфа- и бета-1-индексов и частота альфа- и бета-1-ритмов левого и правого лобных (F3 и F4) и затылочных (O1 и O2) отведений фоновой ЭЭГ у групп лиц с низким (толстая линия) и высоким (тонкая линия) временем выбора. Достоверность различий между группами отмечена \star ($p < 0.05$).

покоя с открытыми глазами, выявил ряд отличительных особенностей между выделенными группами испытуемых (рисунок).

Было показано, что испытуемые юноши с низким ВВ отличаются от испытуемых с высоким ВВ достоверно ($p < 0.05$) большим бета-1-индексом левых лобного ($11.6 \pm 1.6\%$ в 1-й и $6.4 \pm 1.2\%$ во 2-й группах) и затылочного ($13.9 \pm 1.4\%$ в 1-й и $6.7 \pm 0.8\%$ во 2-й группах) отведений; достоверно ($p < 0.05$) большей частотой альфа-ритма в левом (10.60 ± 0.4 Hz в 1-й и 8.60 ± 0.3 Hz во 2-й группах) и правом (10.30 ± 0.5 Hz в 1-й и 8.55 ± 0.1 Hz во 2-й группах) лобных отведениях.

По величине альфа-индекса и частоте бета-1-ритма достоверных различий между группами в исследованных отведениях не выявлено. В правом затылочном отведении различий между выделенными группами по всем исследованным параметрам не обнаружено.

Сопоставление значений психофизиологических показателей в группах испытуемых с низким и высоким ВВ показало, что группа испытуемых с низким ВВ отличалась лучшей памятью на числа, успешнее выполняла математические операции с простыми арифметическими числами, имела высокий балл как общей успеваемости, так и успеваемости по информатике и математике, а также более высокий коэффициент интеллекта по Айзенку. Наряду с этим анализ фоновой ЭЭГ у испытуемых выделенных подгрупп показал, что те из них, у которых было низкое ВВ отличались

от испытуемых с высоким ВВ достоверно более высоким бета-1-индексом левого лобного и затылочного отведений, а также более высокой частотой альфа-ритма в левом и правом лобных отведениях ЭЭГ.

Таким образом, наибольшие различия в фоновой ЭЭГ испытуемых двух выделенных групп были выявлены в лобных отделах коры левого полушария. Полученные в настоящем исследовании данные позволили предположить, что у испытуемых с низким ВВ по сравнению с испытуемыми с высоким ВВ имеет место большая активированность лобных отделов коры левого полушария.

Считается доказанным, что левое полушарие, вследствие большей дифференцированности его структур, лучше приспособлено для формирования специфических функциональных систем мозга, обеспечивающих избирательную обработку значимого сигнала [9].

В настоящее время участие лобных отделов коры головного мозга в процессах принятия решения не вызывает сомнений. В школе П.К. Анохина на основе исследований на животных кора префронтальных отделов рассматривается как субстрат таких форм принятия решения, которые включены в сознательную произвольно регулирующую деятельность [18]. В работах ряда авторов поражение лобных долей связывается с нарушением программирования произвольных движений, заменой их стереотипными актами [6], а участие в деятельности передней коры — с выбо-

ром альтернатив поведения [13]. При предъявлении испытуемым инструкции, предполагавшей необходимость принятия решения, значимые изменения наблюдались только в лобной области коры [19].

Как было показано в нашем исследовании, у испытуемых с меньшим ВВ имела место высокая частота альфа-ритма в левом и правом лобных отведениях фоновой ЭЭГ. С этим фактом согласуются данные о высоких показателях суммарной энергии альфа-ритма в левом полушарии у испытуемых с высоким уровнем функциональной подвижности нервных процессов (показателями такой подвижности служило время выполнения задания по дифференцированию положительных и тормозных раздражителей, предъявляемых в случайной последовательности) [7]. Высокосинхронизированный альфа-ритм наблюдали на этапах сличения сигналов и принятия решения [16].

Выявленный в настоящем исследовании факт, что в группе испытуемых с низким ВВ наблюдается больший бета-индекс в лобных и затылочных отведениях левого полушария, также подтверждение в работах ряда авторов. Обнаружена положительная связь величины бета-индекса в лобных отделах коры с показателями умственной активности [11, 14]; усиление бета-активности в лобных отделах может отражать увеличение психомоторной активности [10].

Таким образом, полученные в исследовании данные о том, что испытуемые с низким и высоким временем выбора отличаются разным уровнем активированности передних отделов коры головного мозга, не противоречат литературным данным, дополняя их наличием указанных различий в фоновой ЭЭГ.

Сопоставление литературных и собственных данных показало, что в настоящих исследованиях мы действительно имеем дело с одной из индивидуально-типологических характеристик человека, а временной параметр, условно названный "временем выбора" и вычисляемый по разнице времени латентных периодов простой и сложной сенсомоторных реакций, имеет право рассматриваться в качестве самостоятельного психофизиологического показателя. Подтверждением этому являются различия в параметрах ЭЭГ покоя испытуемых с низким и высоким временем выбора и их разная результативность в некоторых видах деятельности, для успешного выполнения которых необходим высокий интеллектуальный потенциал.

ВЫВОДЫ

1. Был предложен новый психофизиологический показатель условно названный "временем выбора", который численно равен разнице во

времени латентных периодов простой и сложной (с выбором значимого сигнала) сенсомоторных реакций.

2. Испытуемые с низким временем выбора отличались от испытуемых с высоким временем выбора меньшим временем воспроизведения и большим числом запомненных двузначных чисел; большим количеством арифметических действий с простыми числами, выполненных в единицу времени; более высоким баллом успеваемости по информатике, математике и общей успеваемости, более высоким коэффициентом интеллекта по Айзенку.

3. Сравнительный анализ фоновой ЭЭГ испытуемых с низким и высоким временем выбора показал, что первые отличались более высоким бета-1-индексом левых лобного и затылочного отведений, а также высокой частотой альфа-ритма левого и правого лобных отведений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенк Г.Дж. Узнай свой собственный коэффициент интеллекта. Н.Новгород, 1994.
2. Анохин П.К. Проблема принятия решения в психологии и физиологии // Проблема принятия решения. М.: Наука, 1976. С. 7-16.
3. Бодров В.А., Малкин В.Б., Покровский Б.Л., Шпаченко Д.И. Психологический отбор летчиков и космонавтов // Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1984. С. 264.
4. Коробейникова И.И., Нацвина Н.В., Туманов М.Ю., Щербина А.П. Индивидуально-типологические особенности профессиональной пригодности человека к прецезионной работе // Экспериментальная и прикладная физиология. Социальная физиология: оценка состояния человека. М., 1994. Т.4. С. 49-57.
5. Лебедев А.Н., Ламзина Н.А., Коткова Г.В., Москаленко И.В., Ельчанинов В.П. Проверка уравнений динамической памяти в психологических опытах // Психол. журн. 1982. Т.3. № 1. С. 60-69.
6. Лурия А.Р., Хомская Е.Д. О некоторых теоретических вопросах проблемы "принятия решения" в свете нейропсихологии // Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976. С. 146-156.
7. Макаренко Н.В., Вороновская В.И., Ковтун Т.В., Панченко В.М. ЭЭГ-корреляты временных характеристик сенсомоторных реакций у людей с различным уровнем функциональной подвижности нервных процессов // Физиология человека. 1992. Т. 18. № 3. С. 33-41.
8. Мальцева И.В. Роль альфа-ритма в механизмах простых сенсомоторных реакций // Нейрофизиологические детерминанты процессов переработки информации человека. М.: Ин-т психологии АН СССР, 1987. С. 81-91.
9. Мачинская Р.И., Мачинский Н.О., Дерюгина Е.И. Функциональная организация правого и левого полушарий мозга человека при направленном внимании // Физиология человека. 1992. Т.18. № 6. С. 77-85.

10. *Медведев С.В., Лысков Е.Б., Алесянн З.А., Иосмяки В.* Динамика биоэлектрической активности мозга и времени реакции после экспозиции переменного магнитного поля // Физиология человека. 1992. Т.18. N 5. С. 41–47.
11. *Небылицин В.Д., Мозговой В.Д.* Электрофизиологические корреляты умственной активности // Журн. высш. нервной деят. 1972. Т. 22. № 5. С. 899–906.
12. *Пасынкова А.В., Шпаченко Ю.А., Артеменко О.И.* Нейрофизиологические предпосылки ограничения количественных характеристик ряда психических процессов // Психофизиологические закономерности восприятия и памяти. М.: Наука, 1985. С. 106–119.
13. *Прибрам К.* Центральные процессы формирования образов обработки информации и эпизодических “озарений” // Нейрофизиологические механизмы поведения. М.: Наука, 1982. С. 348.
14. *Русалов В.М., Бодунов М.В.* О факторной структуре интегральных электрофизиологических параметров человека // Психофизиологические исследования интеллектуальной саморегуляции и активности. М.: Наука, 1980. С. 94–113.
15. *Салей А.П.* Варианты анализа латентных периодов простой зрительно-моторной реакции // Физиология и психология мотиваций. Межрегиональный сборник научных работ, посвященных 80-летию Воронежского гос. университета. Воронеж, 1998. С. 92–95.
16. *Симонов П.В.* Тета-ритм и механизм квантования извлекаемых из памяти энграмм // Память и следовые процессы. Пущино, 1979. С. 77–79.
17. *Степаненкова Н.П., Рыжов А.Я., Аргентов П.В.* Физиологическая оценка сенсомоторной работоспособности человека при компьютерном моделировании нервно-напряженного труда // Физиология и психология мотиваций. Межрегиональный сборник научных работ, посвященный 80-летию со дня рождения А.И. Лакомкина. Воронеж, 1997. С. 66–68.
18. *Урываев Ю.В., Бартельс В.И.* Временная характеристика процесса принятия решения у собак в ситуации инструментального выбора различных подкреплений // Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976. С. 178–186.
19. *Федотчев А.И., Бондарь А.Т.* Межполушарная асимметрия альфа-ритма и эффективность мнестической деятельности // Физиология человека. 1989. Т. 15. № 6. С. 3–7.

THE CORRELATION OF REACTION TIME'S PROPERTIES WITH PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS, ACADEMIC ACHIEVEMENT AND EEG INDICES IN HUMANS

I. I. Korobejnikova

*Ph.D., senior scientist, laboratory of system mechanisms of human adaptation,
Anokhin Institute of Normal Physiology, RAMN, Moscow*

Two groups of subjects were distinguished in accordance with difference between choice and simple RTs conventionally assigned as “RT diff”. The Ss with long RT diff have better memory on numbers, they fulfil math operations better, they have high index of academic achievement and more high Eyschck's intelligence quotient. It was noted that they have more high beta-1-index of the left frontal and the occipital derivations and more high alpha-1-rhythm' frequency of background EEG in left frontal derivation. On the results of the research a proposition is made about more high level of activity of frontal area of the left hemisphere in Ss with short RT diff.

Key words: simple RT, choice RT, academic achievement, intelligence quotient, electroencephalogram.