

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.128>АНАЛИЗ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ СТУДЕНТОВ-ОПЕРАТОРОВ НА «GO/NOGO»
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ

Научная статья

Гуляева С.И.¹, Сулин В.Ю.^{2,*}, Лавриненко И.А.³, Вашанов Г.А.⁴¹ ORCID : 0000-0002-0361-584X;² ORCID : 0000-0001-9668-6702;³ ORCID : 0000-0002-2570-7331;⁴ ORCID : 0000-0001-9201-2057;^{1, 2, 3, 4} Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (sulinvu[at]mail.ru)

Аннотация

С помощью авторского цифрового теста «go/nogo» изучено целенаправленное поведение студентов-добровольцев. Задача оператора заключалась в нажатии клавиши «стрелка вниз» при появлении «значимой» геометрической фигуры («go» условие). На появление иных фигур оператор не должен был реагировать («nogo» условие). Регистрировали время зрительно-моторной реакции и результативность операторской деятельности. Установлено, что на основе предварительной инструкции только 3 оператора из 16 запомнили свойства «значимых» геометрических фигур и не совершали ошибочных зрительно-моторных реакций. Среднее время зрительно-моторной реакции зависело от формы и цвета геометрического go-стимула. Высокая скорость принятия решений в тесте «go/nogo» сочеталась с высоким уровнем ошибочных реакций.

Ключевые слова: зрительно-моторная реакция, геометрические фигуры, go/nogo тест, функциональная система операторской деятельности, студенты.

AN ANALYSIS OF THE HAND-EYE REACTION OF STUDENT OPERATORS TO "GO/NOGO" GEOMETRIC
STIMULI

Research article

Gulyaeva S.I.¹, Sulin V.Y.^{2,*}, Lavrinenko I.A.³, Vashanov G.A.⁴¹ ORCID : 0000-0002-0361-584X;² ORCID : 0000-0001-9668-6702;³ ORCID : 0000-0002-2570-7331;⁴ ORCID : 0000-0001-9201-2057;^{1, 2, 3, 4} Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (sulinvu[at]mail.ru)

Abstract

Purposeful behaviour of student volunteers was studied using the author's digital "go/nogo" test. The operator's task was to press the "down" key when a "significant" geometric figure appeared ("go" condition). The operator was not to react to the appearance of other figures ("nogo" condition). Hand-eye reaction time and operator performance were recorded. It was found that, based on a prior instruction, only 3 out of 16 operators memorized the properties of "significant" geometric figures, and did not make any erroneous hand-eye responses. The average hand-eye response time depended on the shape and colour of the geometric go-stimulus. High decision-making speed in the go/nogo test was combined with a high rate of erroneous reactions.

Keywords: hand-eye response, geometric shapes, go/nogo test, functional operator system, students.

Введение

Психофизиологические особенности человека, его мотивационно-эмоциональное состояние могут иметь решающее значение в критических ситуациях, когда в условиях дефицита времени необходимо принимать адекватные решения. Во многих профессиях работа человека-оператора сопряжена с высоким психоэмоциональным напряжением и имеет индивидуальную «физиологическую стоимость» [2].

В физиологии и психофизиологии при исследовании поведения человека широко используется представление о когнитивном контроле как совокупности функций, позволяющих осуществлять целенаправленный поведенческий акт. В качестве удобной модели для этого часто используют экспериментальную парадигму «go/nogo», в которой обследуемый должен реагировать на релевантные («go») стимулы и не отвечать двигательной реакцией на иные («nogo») раздражители [3], [7], [8], [11]. При этом цель современных исследований заключается в изучении электрофизиологических коррелят когнитивного контроля по параметрам основных ЭЭГ-ритмов [4] и (или) вызванных потенциалов [5], [10].

Существует иной методологический подход, основанный на принципах теории функциональных систем, который предполагает, что целенаправленное поведение человека определяется полезными приспособительными результатами этой деятельности и реализуется соответствующей функциональной системой [1], [2].

Исходя из вышесказанного, целью нашей работы было исследование сложного сенсомоторного поведения человека-оператора с помощью компьютерной модели теста «go/nogo».

Методы и принципы исследования

Исследование проведено на базе лаборатории электрофизиологии и функциональной диагностики им. проф. А.И. Лакомкина кафедры физиологии человека и животных медико-биологического факультета Воронежского государственного университета (МБФ ВГУ).

В исследовании приняли участие 16 студентов-добровольцев (девушки 2 и 3 курса МБФ ВГУ), возраст обследуемых 19-21 лет.

В качестве модели операторской деятельности использовали компьютерный вариант зрительно-моторного теста «go/nogo», разработанный на кафедре физиологии человека и животных ВГУ [6]. Исследование проводили на компьютере Intel Pentium IV (CPU 3.2 Гц, видеокарта NVIDIA GeForce 7300 GS) с ЖК дисплеем Samsung SyncMaster 940N (1280x1024, с частотой обновления экрана 72 Гц). Монитор располагался на расстоянии 70 см от обследуемого.

Задача оператора заключалась в нажатии клавиши «стрелка вниз» при появлении «значимой» геометрической фигуры как можно быстрее («go» условие). На появление иных фигур оператор реагировать не должен («nogo» условие). Время предъявления стимульной фигуры составляло 2000 мс, межстимульное рандомизированное время – от 1 до 3 секунд.

В качестве «значимых» зрительных стимулов использовали 4 геометрических фигуры: зеленый квадрат, красный круг, синий ромб и желтый треугольник. «Значимые» фигуры и информация об условиях выполнения теста демонстрировали перед тестированием на экране дисплея в течение 1 минуты. Другие геометрические фигуры: квадрат (красный, желтый и синий), треугольник (красный, зеленый и синий), ромб (красный, желтый и зеленый) и круг (желтый, синий и зеленый), обозначенные нами как «незначимые», оператору при чтении инструкции не демонстрировали. Каждому оператору предъявляли 48 стимульных геометрических фигур как «значимых», так и «незначимых». Последовательность предъявления фигур задавалась автоматически методом генерации случайных чисел.

Статистический анализ поведенческих результатов включал: расчет среднего времени зрительно-моторной реакции (ЗМР), среднеквадратичного отклонения (SD, standard deviation) и ошибки средней величины (SE, standard error). Для сравнения времени ЗМР на «значимые» фигуры использовали результаты однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA).

Основные результаты

На основе анализа полученных результатов установлено, что среднее время ЗМР операторов на предъявление «значимых» фигур в 1,5 и более раз короче времени реакции на «незначимые» фигуры независимо от их цвета и формы. Минимальное время зрительно-моторной реакции зарегистрировано при предъявлении зеленого квадрата (800,1±40,34 мс). Максимальное время при зрительном опознании красного круга (965,6±36,48 мс) (табл. 1).

Таблица 1 - Параметры зрительно-моторной реакции («go») девушек на предъявление «значимых» фигур

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.128.1>

«значимые» фигуры	зеленый квадрат	красный круг	синий ромб	желтый треугольник
Среднее время ЗМР (мс)	800,1	965,6	911,4	826,5
SE ЗМР (мс)	40,34	36,48	46,58	38,17
SD ЗМР (мс)	248,7	230,7	255,1	241,4

По результатам однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA) параметров ЗМР на предъявление «значимых» фигур F-критерий Фишера, который отражает отношение межгрупповой дисперсии к внутригрупповой, оказался больше критического значения: $F=3,80 > F_{крит.}=2,67$ при $df=(3;144)$, $p=0,012$. Следовательно, время зрительно-моторной реакции на релевантные стимулы зависело от формы и цвета геометрического «go»-стимула.

Только трое студентов-операторов безошибочно реагировали на предъявление «go/nogo»-стимулов. Большинство девушек допускали ошибочные реакции, как на «значимые», так и на «незначимые» фигуры. Поэтому, с учетом скорости зрительно-моторной реакции и количества совершенных ошибочных определений, были выделены три группы операторов, среднее время которых достоверно отличалось ($F=6,82 > F_{крит.}=3,05$ при $df=(2;155)$, $p=0,0014$, табл. 2).

Таблица 2 - Типологические особенности зрительно-моторной реакции девушек в тесте «go/nogo»

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.128.2>

Группы	1	2	3
Среднее время ЗМР (мс)	782,0	928,4	1036,0
SE ЗМР (мс)	36,03	34,51	54,05
SD ЗМР (мс)	213,14	308,85	366,61
Ошибочные реакции	20,3	14,8	3,1

на «значимые» фигуры (%)			
Ошибочные реакции на «незначимые» фигуры (%)	12,5	10,4	0,5
Число участников (n)	4	8	4

Операторы первой группы (4 девушки, 25%) отличались минимальным средним временем ЗМР ($782,0 \pm 36,03$ мс) при предъявлении релевантных стимулов и максимальным количеством ошибочных реакций как на «значимые» (20,3%), так и на «незначимые» (12,5%) фигуры (табл. 2).

Среднее время зрительно-моторной реакции девушек второй группы (8 студентов, 50%) почти в 1.2 раза больше ($928,4 \pm 34,51$ мс), а количество совершенных ошибочных реакций в 1,2 раза меньше по сравнению с операторами первой группы (табл. 2).

Операторская деятельность девушек третьей группы характеризовалась наибольшим средним временем ЗМР ($1036,0 \pm 54,05$ мс) и минимальным количеством ошибочных реакций на геометрические стимульные фигуры (табл. 2).

Обсуждение

При оценке результатов данного компьютерного сложного сенсомоторного теста мы исходили из положений теории функциональных систем П.К. Анохина и К.В. Судакова о том, что анализируемые нами реакции человека-оператора на «go/pogo»-стимулы являются целостными поведенческими актами, осуществляемыми в соответствии с предварительной инструкцией и направленными на достижение полезных приспособительных результатов [1], [2].

Полученные нами результаты позволяют сделать заключение, что только трое студентов из 16 обследованных (18,75%) смогли на основе предварительной инструкции сформировать результативную (безошибочную) функциональную систему операторской деятельности. Абсолютному большинству студентов (13 человек, 81,25%) потребовалось обучение в процессе тестирования.

На наш взгляд, в тесте «go/pogo», как и в тесте «реакция на движущийся объект», зрительно-моторные реакции операторов отражают двигательный компонент функциональной системы целенаправленной поведенческой деятельности, которая формируется, с одной стороны, на основе предварительной инструкции, а с другой стороны – непосредственно в процессе тестирования по результатам зрительной и моторной интеграции [9].

Особенность данного теста заключалась в том, что информацию о свойствах «go»-стимулов оператор получал при чтении инструкции, в то время как форму и цвет «pogo»-стимулов необходимо было анализировать и запоминать в процессе тестирования. Также в предварительной инструкции была дана установка на скорость реагирования на «go»-стимулы, отсутствие реакции на «незначимые» фигуры и ничего не оговаривалось насчет ошибочных реакций. По этой причине участвовавшие в обследовании девушки-операторы самостоятельно выбирали «полезные приспособительные результаты» своей деятельности.

Очевидно, что в первой группе девушек сформировалась предпусковая интеграция с доминирующей установкой на высокую скорость зрительно-моторной реакции. Напротив, в «полезных приспособительных результатах» операторов третьей группы большое значение имела безошибочность зрительно-моторного реагирования, что требовало дополнительного времени на анализ стимульного объекта.

Заключение

Созданная модель сложного сенсомоторного поведения оператора с набором «значимых» и «незначимых» стимульных геометрических фигур позволяет количественно оценить индивидуальные и типологические психофизиологические особенности целенаправленного поведения человека-оператора, связанные со зрительной памятью и принятием решения.

На основе анализа полученных результатов были сделаны следующие выводы:

1. На основе предварительной инструкции из 16 обследованных студентов только 3 оператора (18,75%) запомнили свойства «значимых» геометрических фигур и не совершали ошибочных зрительно-моторных реакций.
2. Среднее время зрительно-моторной реакции зависело от формы и цвета геометрического go-стимула.
3. Высокая скорость принятия решений в тесте «go/pogo» сочеталась с высоким уровнем ошибочных реакций.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса / П.К. Анохин — М.: Медицина, 1968. — 548 с.
2. Боксер О.Я. Системный анализ двигательной реакции человека в разных режимах работы целенаправленного поведенческого акта / О.Я. Боксер, К.В. Судаков // Успехи физиологических наук. — 1981. — Т. 12., №1. — с. 3-31.

3. Маракшина Ю.А. Роль латеральной асимметрии в задаче подавления ответа по компонентам вызванных потенциалов / Ю.А. Маракшина, А.В. Варганов, Б.И. Беспалов // Психология. Журнал Высшей школы экономики. — 2017. — Т. 14, №4. — с. 679-697. — DOI: 10.17323/1813-8918-2017-4-679-697
4. Пономарев В.А. Динамика спектральной плотности электроэнцефалограммы в тета-, альфа- и бета-диапазонах в зрительном go/nogo тесте / В.А. Пономарев, М.В. Пронина, Ю.Д. Кропотов // Физиология человека. — 2017. — Т. 43, №4. — с. 13-24. — DOI: 10.7868/S0131164617040130
5. Пономарев В.А. Скрытые компоненты связанных с событиями потенциалов в зрительном Go/NoGo тесте с предупреждающим стимулом. / В.А. Пономарев, М.В. Пронина, Ю.Д. Кропотов // Физиология человека. — 2019. — № 5. — с. 20-29. — DOI: 10.1134/S013116461905014X
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665066 Российская Федерация. Компьютерная модель исследования целенаправленного поведения человека по параметрам зрительно-моторной реакции go/nogo на стимульные геометрические фигуры: № 2021663793; заявл. 03.09.2021; опубл. 17.09.2021 / В. Ю. Сулин, С. И. Гуляева; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет».
7. Славуцкая М.В. Позитивные компоненты вызванного ответа на зрительные стимулы в саккадической парадигме «Go/NoGo» у человека / М.В. Славуцкая, С.А. Карелин, А.В. Котенев и др. // Физиология человека. — 2019. — Т. 45, №2. — с. 5-15. — DOI: 10.1134/S0131164619010144
8. Славуцкая М.В. Негативные компоненты зрительных вызванных ответов в саккадической парадигме «GO/NOGO» у «быстрых» и «медленных» испытуемых / М.В. Славуцкая, С.А. Карелин, А.В. Котенев // Физиология человека. — 2022. — Т. 48, № 1. — с. 69-78. — DOI: 10.31857/S0131164622010143
9. Сулин В.Ю. Системный анализ сенсомоторного компонента операторской деятельности студентов при выполнении теста «реакция на движущийся объект». / В.Ю. Сулин, А.В. Сулин, Г.А. Вашанов и др. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. — 2018. — № 3. — с. 179-185.
10. Jia H. The Relationship between ERP Components and EEG Spatial Complexity in a Visual Go/Nogo Task. / H. Jia, H. Li, D. Yu // J. Neurophysiology. — 2017. — № 117. — p. 275–283. — DOI: 10.1152/jn.00363.2016
11. Pérez-Fernández C. Go/NoGo Training Improves Executive Functions in an 8-Year-Old Child Born Preterm. / C. Pérez-Fernández, R. Cánovas, M. Moreno et al. // Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes. — 2017. — Vol. 4, № 3. — p. 60-66.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Anoxin P.K. Biologiya i neirofiziologiya uslovnogo refleksa [Biology and Neurophysiology of the Conditioned Reflex] / P.K. Anoxin — М.: Medicina, 1968. — 548 p. [in Russian]
2. Bokser O.Ya. Sistemniy analiz dvigatelnoi reaktsii cheloveka v raznikh rezhimakh raboti tselenapravlennoogo povedencheskogo akta [A System Analysis of Human Motor Reaction in Different Modes of Operation of a Purposeful Behavioural Act] / O.Ya. Bokser, K.V. Sudakov // Uspekhi fiziologicheskikh nauk [Advances in Physiological Sciences]. — 1981. — Vol. 12., №1. — p. 3-31. [in Russian]
3. Marakshina Yu.A. Rol lateralnoi asimmetrii v zadache podavleniya otveta po komponentam vizvannikh potentsialov [The Role of Lateral Asymmetry in the Task of Response Suppression by Components of Evoked Potentials] / Yu.A. Marakshina, A.V. Vartanov, B.I. Bepalov // Psikhologiya. Zhurnal Visshei shkoli ekonomiki [Psychology. Journal of the Higher School of Economics]. — 2017. — Vol. 14, №4. — p. 679-697. — DOI: 10.17323/1813-8918-2017-4-679-697 [in Russian]
4. Ponomarev V.A. Dinamika spektralnoi plotnosti elektroentsefalogrammi v teta-, alfa- i beta-diapazonakh v zritel'nom go/nogo teste [Electroencephalogram Spectral Density Dynamics in the Theta, Alpha and Beta Bands in the Visual Go/Nogo Test] / V.A. Ponomarev, M.V. Pronina, Yu.D. Kropotov // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. — 2017. — Vol. 43, №4. — p. 13-24. — DOI: 10.7868/S0131164617040130 [in Russian]
5. Ponomarev V.A. Skryty'e komponenty' svyazanny'x s soby'tiyami potencialov v zritel'nom Go/NoGo teste c preduprezhdayushhim stimulom [Hidden Components of Event-Related Potentials in the Visual Go/NoGo Test with a Warning Stimulus]. / V.A. Ponomarev, M.V. Pronina, Yu.D. Kropotov // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. — 2019. — № 5. — p. 20-29. — DOI: 10.1134/S013116461905014X [in Russian]
6. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2021665066 Rossijskaya Federaciya. Komp'yuternaya model' issledovaniya celenapravlennoogo povedeniya cheloveka po parametram zritel'no-motornoj reakcii go/nogo na stimul'nye geometricheskie figury [State Registration Certificate for Computer Programme No 2021665066, Russian Federation. Computer model for research of purposeful human behaviour based on the parameters of visual-motor go/nogo reaction to stimulus geometrical figures]: № 2021663793; appl. 03.09.2021; publ. 17.09.2021 / V. Yu. Sulin, S. I. Gulyaeva; Applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University" [in Russian]
7. Slavutskaya M.V. Pozitivnie komponenti vizvannogo otveta na zritel'nie stimuli v sakkadicheskoj paradigme «Go/NoGo» u cheloveka [Positive Components of the Evoked Response to Visual Stimuli in the Go/NoGo Saccadic Paradigm in Man] / M.V. Slavutskaya, S.A. Karelin, A.V. Kotenev et al. // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. — 2019. — Vol. 45, №2. — p. 5-15. — DOI: 10.1134/S0131164619010144 [in Russian]
8. Slavutskaya M.V. Negativnie komponenti zritel'nykh vizvannikh otvetov v sakkadicheskoj paradigme "GO/NOGO" u "bistrikh" i "medlennikh" ispituemikh [Negative Components of Visual Evoked Responses in the "GO/NOGO" Saccadic Paradigm in "Fast" and "Slow" Subjects] / M.V. Slavutskaya, S.A. Karelin, A.V. Kotenev // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. — 2022. — Vol. 48, № 1. — p. 69-78. — DOI: 10.31857/S0131164622010143 [in Russian]

9. Sulin V.Yu. Sistemny'j analiz sensomotornogo komponenta operatorskoj deyatel'nosti studentov pri vy'polnenii testa «reakciya na dvizhushhijsya ob"ekt» [A Systematic Analysis of the Sensomotor Component of Student Operational Performance in the "Reaction to a Moving Object" Test]. / V.Yu. Sulin, A.V. Sulin, G.A. Vashanov et al. // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ximiya. Biologiya. Farmaciya [Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy.]. — 2018. — № 3. — p. 179-185. [in Russian]
10. Jia H. The Relationship between ERP Components and EEG Spatial Complexity in a Visual Go/Nogo Task. / H. Jia, H. Li, D. Yu // J. Neurophysiology. — 2017. — № 117. — p. 275–283. — DOI: 10.1152/jn.00363.2016
11. Pérez-Fernández C. Go/NoGo Training Improves Executive Functions in an 8-Year-Old Child Born Preterm. / C. Pérez-Fernández, R. Cánovas, M. Moreno et al. // Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes. — 2017. — Vol. 4, № 3. — p. 60-66.