

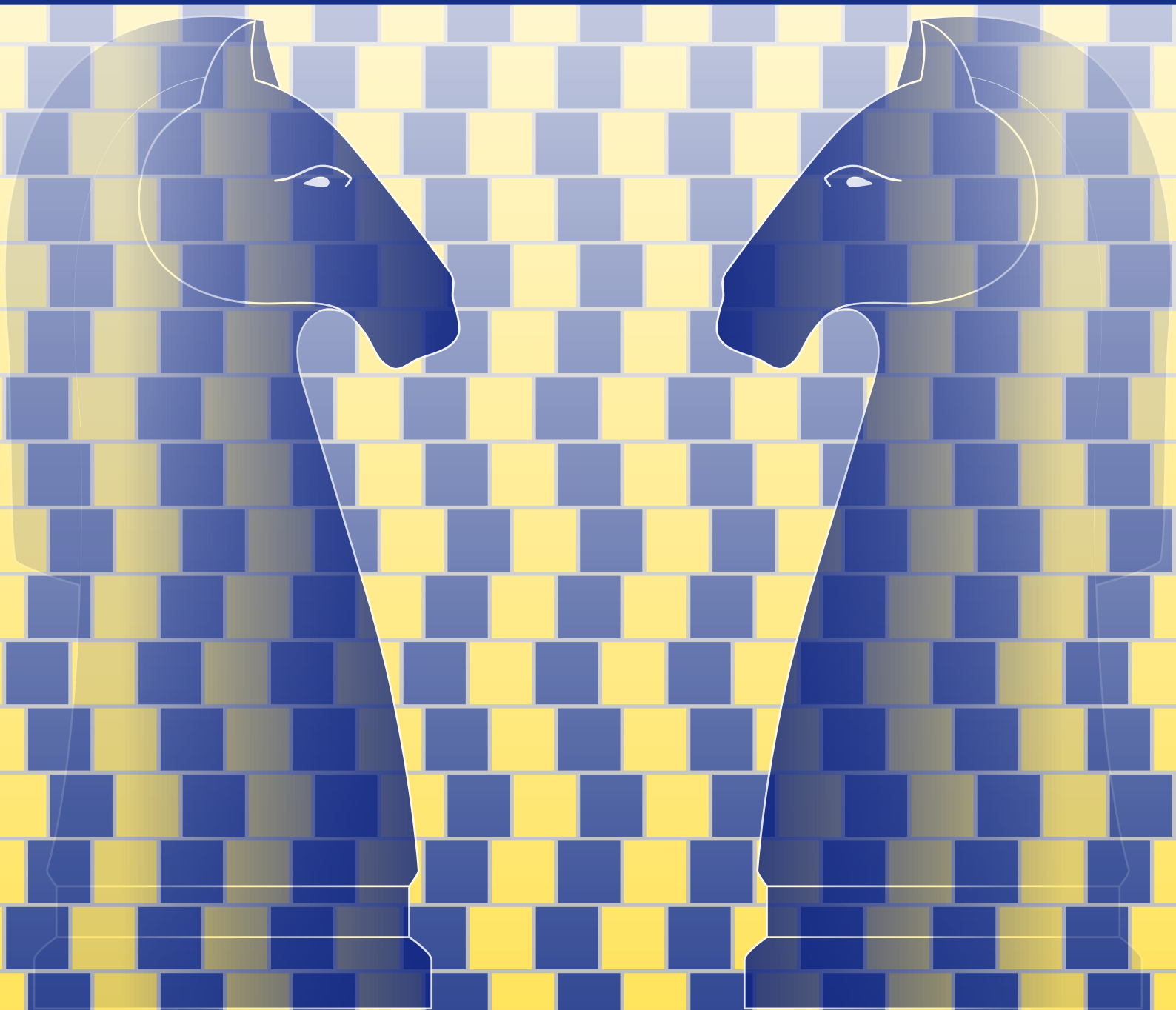
# Российский журнал Когнитивной науки

Том 2  
№ 2-3  
Сентябрь 2015

[WWW.COGJOURNAL.RU](http://WWW.COGJOURNAL.RU)

Специальный выпуск

ISSN 2313-4518



Special Issue

[WWW.COGJOURNAL.ORG](http://WWW.COGJOURNAL.ORG)

Vol. 2  
No. 2-3

September 2015

The Russian Journal of  
COGNITIVE SCIENCE

# The Russian Journal of Cognitive Science

<http://www.cogjournal.org/>

ISSN 2313-4518

Russian mass media certificate:

СМИ ЭЛ ФС 77 – 57220

Registered publisher: Ekaterina V. Pechenkova

Editorial office address: Yaroslavskaya ulitsa

13, office 229, 129366 Moscow, Russia

e-mail: [info@cogjournal.org](mailto:info@cogjournal.org)

Articles are distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Editor-in-Chief: Ekaterina V. Pechenkova

## Editorial Board:

Tatiana V. Akhutina,  
Mira B. Bergelson,  
Olga V. Dragoy,  
Varvara E. Dyakonova,  
Maria V. Falikman,  
Olga V. Fedorova,  
Andrej A. Kibrik,  
Andrei V. Kurgansky,  
Dmitry V. Lyusin,  
Regina I. Machinskaya,  
Boris G. Meshcheryakov,  
Vladimir F. Spiridonov,  
Igor S. Utochkin,  
Anna Yu. Shvarts,  
Sergei L. Shishkin,  
Nataliya A. Varako,  
Roza M. Vlasova

Special Issue on 2015  
“Cognitive Science in Moscow” Conference

English copy editor: Kelly Callahan  
Russian proofreader: P.G. Lebedeva  
Layout designer: S.M. Zlochevsky  
Cover design: E.D. Akopian, A.A. Akopian

# Российский журнал КОГНИТИВНОЙ НАУКИ

<http://www.cogjournal.ru/>

ISSN 2313-4518

Свидетельство о государственной  
регистрации СМИ ЭЛ № ФС 77 – 57220

Учредитель: Е.В. Печенкова

Адрес редакции: 129366 Москва,

ул. Ярославская, д. 13, офис 229

e-mail: [info@cogjournal.org](mailto:info@cogjournal.org)

Статьи доступны по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](#), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этих статей на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Главный редактор Е. В. Печенкова

## Редакционный совет:

Т. В. Ахутина,  
М. Б. Бергельсон,  
Н. А. Варако,  
Р. М. Власова,  
О. В. Драгой,  
В. Е. Дьяконова,  
А. А. Кибрик,  
А. В. Курганский,  
Д. В. Люсин,  
Р. И. Мачинская,  
Б. Г. Мещеряков,  
В. Ф. Спиридонов,  
И. С. Уточкин,  
М. В. Фаликман,  
О. В. Федорова,  
А. Ю. Шварц,  
С. Л. Шишкин

Специальная тема выпуска:  
итоги Третьей конференции  
«Когнитивная наука в Москве» (2015)

Литературный редактор английских  
текстов: Келли Кэллахэн  
Корректор русских текстов: П. Г. Лебедева  
Компьютерная вёрстка: С. М. Злочевский  
Дизайн обложки: Е. Д. Акопян, А. А. Акопян.

# Contents

## Editorial

Special Issue: 2015 “Cognitive Science in Moscow” conference .....	4
Russian version of the editorial .....	6

## Special Issue: 2015 “Cognitive Science in Moscow” Conference

Alexandra S. Litvinova, Patricia O. Ratmanova, Dmitry A. Napalkov.	
<b>Top-down and Bottom-up Attention during Oculomotor Task Performance: Effects of Aging</b> .....	8
Abstract in Russian .....	12
Olga Soloukhina, Maria Ivanova, Yulia Akinina, Tatiana Akhutina, Olga Dragoy.	
<b>Development and Standardization of a Test for the Comprehension of Nouns and Verbs in Russian: Data from Individuals with and without Aphasia</b> .....	14
Abstract in Russian .....	20
Elena Pronina, Alexei Korneev, Tatiana Akhutina.	
<b>Brain State Regulation and RAN/RAS Performance in Primary School Children</b> .....	22
Abstract in Russian .....	27
Olga V. Perepelkina, Irina G. Lilp, Aleksandra Yu. Tarasova, Vasilisa A. Golibrodo, Inga I. Poletaeva.	
<b>Changes in Cognitive Abilities of Laboratory Mice as a Result of Artificial Selection</b> .....	29
Abstract in Russian .....	34

## Research Papers

Alexey A. Kotov, Tatyana N. Kotova, Elizaveta F. Vlasova.	
<b>Preschoolers’ Inductive Selectivity as a Function of Implicit and Conceptual Learning</b> .....	36
Russian version of the paper .....	44
Ekaterina Valueva, Ekaterina Lapteva.	
<b>Using a Cue in Problem Solving: Modal Specificity or Universal Ability? (In Russian)</b> .....	53
Abstract in English .....	64

## Research Note

Dmitry Lyusin.	
<b>The ANT in a Russian Sample: Testing the Independence of Attention Networks</b> .....	66
Abstract in Russian .....	69

## Discussion

Varvara Dyakonova. <b>On the Cost of Cognitive Functions.</b> Comments on A.L. Krushinsky’s “The cost of problem solving: Biophysical background and probable evolutionary consequences” (in Russian) .....	70
Abstract in English .....	76

# Оглавление

## От редакции

Специальная тема выпуска: <b>итоги Третьей конференции «Когнитивная наука в Москве» (2015)</b>	
На английском языке.....	4
На русском языке.....	6

## Специальная тема выпуска: итоги Третьей конференции «Когнитивная наука в Москве» (2015)

Александра Сергеевна Литвинова, Патриция Олеговна Ратманова, Дмитрий Анатольевич Напалков. <b>Произвольное и непроизвольное внимание в глазодвигательных задачах: возрастные аспекты</b> (на английском языке) .....	8
Аннотация статьи на русском языке .....	12
Ольга Андреевна Солоухина, Мария Васильевна Иванова, Юлия Сергеевна Акинина, Татьяна Васильевна Ахутина, Ольга Викторовна Драгой. <b>Разработка и апробация теста на понимание существительных и глаголов на русском языке: данные нормы и пациентов с афазией</b> (на английском языке) .....	14
Аннотация статьи на русском языке .....	20
Елена Александровна Пронина, Алексей Андреевич Корнеев, Татьяна Васильевна Ахутина. <b>Регуляция активации мозга и выполнение методики RAN/ RAS младшими школьниками</b> (на английском языке) .....	22
Аннотация статьи на русском языке .....	27
Ольга Викторовна Перепелкина, Ирина Германовна Лильп, Александра Юрьевна Тарасова, Василиса Антонова Голибродо, Инга Игоревна Полетаева. <b>Изменение когнитивных способностей лабораторных мышей в результате искусственного отбора</b> (на английском языке).....	29
Аннотация статьи на русском языке .....	34

## Экспериментальные сообщения

Алексей Александрович Котов, Татьяна Николаевна Котова, Елизавета Федоровна Власова. <b>Индуктивная селективность в дошкольном возрасте как функция ассоциативного и понятийного научения</b> (на английском языке).....	36
Текст статьи на русском языке .....	44
Екатерина Валуева, Екатерина Лаптева. <b>Использование подсказок при решении задач: модальная специфичность или универсальная способность?</b> .....	53
Аннотация статьи на английском языке .....	64

## Краткие сообщения

Дмитрий Владимирович Люсин. <b>Опыт применения методики ANT на русской выборке: проверка независимости систем внимания</b> (на английском языке).....	66
Аннотация статьи на русском языке .....	69

## Дискуссия

Варвара Дьяконова. <b>Сколько стоят когнитивные способности?</b> Комментарий к статье А.Л. Крушинского «Плата за решение задачи: биофизические предпосылки и возможные эволюционные последствия» ....	70
Аннотация статьи на английском языке .....	76

## editorial

# Special Issue: 2015 “Cognitive Science in Moscow” Conference

This special issue of the Russian Journal of Cognitive Science is focused on the research presented at the third “Cognitive Science in Moscow: New Research” conference, a one-day event which is held biennially. On June 16th, 2015 it was held for the third time. According to the preference of the conference organizers, the only form of research presentation is posters. Although they are not yet popular in the Russian research community, poster sessions provide presenters with extra opportunities for more informative and insightful discussions, helping to create a more democratic atmosphere than that of traditional Russian scientific meetings. This year, the poster sessions were complemented by workshops on research methods and techniques.

The 2015 program featured more than ninety posters and workshops in both Russian and English. Despite its name, “Cognitive Science in Moscow” attracted a substantial number of presenters and attendees from other cities, namely Saint Petersburg, Yaroslavl, Nizhny Novgorod, Samara, Saratov, Kaluga and even Bogota (Columbia).

This year’s presentations reflected the entire spectrum of cognitive studies in Russia, from more traditional fields (experimental psychology of perception, attention and reasoning, neuropsychology, psycholinguistics and animal cognition research) to new directions such as neurolinguistic studies of embodied cognition (“Why Right Words are Better Than Left Words: How Learning Experience is Embodied in the Mechanisms of a Word’s Semantic Processing” by Alena Zhukova et al.) and computational modeling (“Implementation and Analysis of the

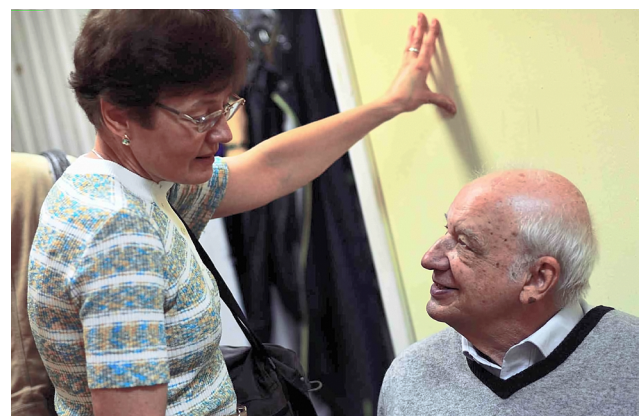
COVIS Computational Model” by Arseny Moskvichev and Anatoly Karpov). There was even a set of studies presented on neurochemistry, which calls for a new way of scientifically describing the brain through the mapping of all chemical interactions between neurons (“The Neuronal Basis of Brain Functions: Connectome vs. Transcriptome” by Dmitry Sakharov). The results of another experimental study enabling the prediction of the level of an invertebrate animal’s locomotor activity on the basis of the level of neurotransmitters in the maternal reproductive system during embryonic stages (“Can Neurotransmitters Program “Psycho-Type” at the Oocyte Developmental Stage? Evidence from a Simple Neural Model” by M. Yu. Khabarova et al.) provided an impressive illustration of the new neurochemical approach.

Research methods and techniques from various fields of cognitive studies also drew substantial attention from conference participants. Virtual reality, eye-tracking, EEG-based brain-computer interfaces and biofeedback, MEG, fMRI and even behavioral techniques in animal research were presented both as posters and in workshops. The audience choice award was won by the presentation on scopes and limitations of potential applications of resting state fMRI (“Application of Resting State fMRI in the Localization of Broca’s and Wernicke’s Areas” by Liudmila Kuznetsova et al.).

Authors of the work that received the highest ratings from the members of the conference program committee during the reviewing of the papers were invited to submit



Liudmila Kuznetsova presents “Application of Resting State fMRI in the Localization of Broca’s and Wernicke’s Areas”.  
Photo by Olga Fedorova.



Dmitry Sakharov presents “The Neuronal Basis of Brain Functions: Connectome vs. Transcriptome”.  
Photo by Olga Fedorova.





The audience at the Third conference “Cognitive Science in Moscow” on June 16th, 2015. Photo by Levon Akopyan.



The organizers of the conference “Cognitive Science in Moscow” on June 16th, 2015. Photo by Levon Akopyan.

their work for this special issue. The recent data presented in Russian at the conference is now being published in English as a set of short research papers.

The special issue incorporates articles which only partially represent the wide variety of research topics and approaches discussed at the conference. These different directions of research are traditional for Russian studies of cognition and include the study of visual attention by means of eye-tracking, a topic in “Top-Down and Bottom-Up Attention During Oculomotor Task Performance: Effects of Aging” by Alexandra Litvinova et al.; discovering the inner structure of higher mental functions within neuropsychological and neurolinguistic approaches, with respective examples being “Brain State Regulation and RAN/RAS Performance in Primary School Children” by Elena Pronina et al. and “Development and Standardization of a Test for the Comprehension of Nouns

and Verbs in Russian: Data from Individuals With and Without Aphasia” by Olga Soloukhina et al.; and animal behavior and cognition research in “Changes in Cognitive Abilities of Laboratory Mice as Result of Artificial Selection” by Olga Perepelkina et al. Interested readers can find more examples of the Russian cognitive science research presented at the third “Cognitive Science in Moscow” conference, although almost entirely in Russian, in the volume of conference proceedings that was published in June 2015<sup>1</sup>.

*Ekaterina Pechenkova*  
*Editor-in-Chief*

<sup>1</sup> Pechenkova E.V., & Falikman, M.V. (Eds). [*Cognitive Science in Moscow: New Research*] (In Russian). Moscow: BukiVedi, IPPiP, 2015.

## от редакции

# Специальная тема выпуска: итоги Третьей конференции «Когнитивная наука в Москве» (2015)

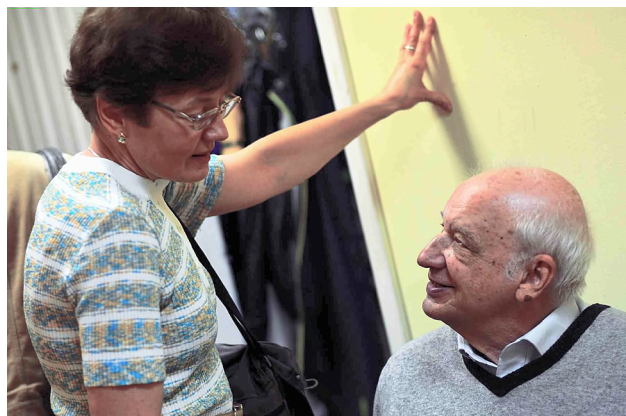
Специальная тема нового номера «Российского журнала когнитивной науки» — итоги Третьей конференции «Когнитивная наука в Москве: новые исследования». Однодневная конференция «Когнитивная наука в Москве» проводится раз в два года, и 16 июня этого года она состоялась уже в третий раз. По замыслу организаторов, единственная форма докладов на конференции — стендовая, что делает атмосферу обсуждения более демократичной, чем на российских конференциях традиционного формата. Пока еще не слишком популярные в России, постерные сессии дают авторам исследований много дополнительных возможностей сделать обсуждение более содержательным. В этом году впервые кроме постерных докладов была организована еще одна форма научного общения: мастер-классы по методам исследования.

На конференции 2015-го года слушателей ожидали более девяноста докладов и мастер-классов на русском и английском языках. Несмотря на название «Когнитивная наука в Москве», подразумевающее участие преимущественно московских ученых, значительное количество авторов докладов и слушателей на конференции представляли Санкт-Петербург, Ярославль, Нижний Новгород, Самару, Саратов, Калугу и даже Бототу (Колумбия).

Представленные доклады отражали практически весь спектр существующих в России направлений когнитивных исследований, начиная от более традиционных областей экспериментальной психологии восприятия, внимания и мышления, нейропсихологии, психолингвистики и изучения когнитивных способностей животных, и заканчивая нейролингвистическими исследованиями телесно-воплощенного познания (А. А. Жукова и др. «Чем правые слова лучше левых — история обучения смыслу слова воплощена в механизмах обработки его семантики») и работами в области компьютерного моделирования психических процессов (А. К. Москвичев, А. Д. Карпов «Реализация и анализ вычислительной модели COVIS»). Была представлена даже серия работ по биохимии мозга, предвосхищающих появление нового способа описания мозга как совокупности множественных химических механизмов взаимодействий между нейронами (Д. А. Сахаров «Нейронная основа мозговых функций: коннектом *versus* транскриптом»), а на эмпирическом уровне позволяющих, например, предсказать уровень двигательной активности беспозвоночных животных на основе содержания нейромедиаторов в организме их матери во время формирования зародышей (М. Ю. Хабарова и др. «Нейромедиаторное программирование “психотипа” на стадии яйцеклетки? Простые нервные модели свидетельствуют»).



Доклад Людмилы Кузнецовой «Использование фМРТ покоя для определения локализации зон Брока и Вернике». Фото Ольги Федоровой



Дмитрий Антонович Сахаров с докладом «Нейронная основа мозговых функций: коннектом *versus* транскриптом». Фото Ольги Федоровой



Слушатели во время стендовых докладов на Третьей конференции «Когнитивная наука в Москве» 16 июня 2015 г. Фото Левона Акопяна

Большой интерес участников конференции вызвали также методы исследования, используемые в различных областях и представленные в докладах и на мастер-классах, такие как виртуальная реальность, регистрация движений глаз, интерфейс «мозг-компьютер» и методики биологической обратной связи на основе ЭЭГ, магнитоэнцефалография (МЭГ), фМРТ и даже поведенческие эксперименты на лабораторных животных. Приз слушательских симпатий по результатам голосования всех участников был отдан докладу, посвященному методике фМРТ покоя (Л.А. Кузнецова и др. «Использование фМРТ покоя для определения локализации зон Брока и Вернике»).

К участию в спецвыпуске в журнале были приглашены авторы работ, получивших наивысшие средние оценки в процессе рецензирования докладов Программным комитетом конференции. Результаты их исследований, представленные на конференции на русском языке, публикуются в специальном выпуске в виде кратких сообщений на английском языке.

В специальный выпуск журнала вошли статьи, отражающие лишь часть того многообразия тем и подходов, которые были раскрыты на конференции. Они относятся к нескольким традиционным для российских исследований познания направлениям. Это изучение процессов внимания с помощью регистрации движений глаз, которому посвящено сообщение А. С. Литвиновой с коллегами «Произвольное и произвольное внимание в глазодвигательных задачах: возрастные аспекты» (*Top-down and bottom-up attention during oculomotor task performance: Effects of aging*); анализ выс-



Организаторы Третьей конференции «Когнитивная наука в Москве» 16 июня 2015 г. Фото Левона Акопяна

ших психических функций в рамках нейропсихологии и нейролингвистики, который осуществляется в сообщениях Е.А. Прониной с коллегами «Регуляция активации мозга и выполнение методики RAN/RAS младшими школьниками» (*Brain state regulation and RAN/RAS performance in primary school children*) и О. А. Солоухиной с коллегами «Разработка и апробация теста на понимание существительных и глаголов на русском языке: данные нормы и пациентов с афазией» (*Development and standardization of a test for the comprehension of nouns and verbs in Russian: Data from individuals with and without aphasia*); а также исследования поведения и познавательных способностей животных, которые представлены сообщением О.В. Перепелкиной с коллегами «Изменение когнитивных способностей лабораторных мышей в результате искусственного отбора» (*Changes in cognitive abilities of laboratory mice as result of artificial selection*). Заинтересованный читатель сможет познакомиться и с другими российскими исследованиями познания, представленными на Третьей конференции «Когнитивная наука в Москве», однако уже не на страницах журнала, а непосредственно в сборнике материалов конференции, который вышел в свет в июне 2015 года<sup>1</sup>.

Екатерина Печенкова, главный редактор  
«Российского журнала когнитивной науки»

<sup>1</sup> Когнитивная наука в Москве. Материалы конференции / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. М.: БукиВеди, ИПШП, 2015.



# Top-down and Bottom-up Attention during Oculomotor Task Performance: Effects of Aging

**Alexandra S. Litvinova**

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Patricia O. Ratmanova**

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Dmitry A. Napalkov**

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Abstract.** The aim of the study was to reveal how aging affects eye movements in visual tasks of varying complexity. Young healthy volunteers (17–30 years) and older healthy volunteers (50–75 years) took part in the study. The volunteers were asked to perform visually-guided and self-paced eye movements. According to our data, aging affects eye movements in simple visual tasks, which mainly involves bottom-up attention. On the contrary, we found no significant difference between the two age groups in more complicated tasks involving predominantly top-down control. We suggest that older individuals engage a more distributed neocortical network during complex tasks to maintain the same level of saccadic performance as in younger persons.

**Correspondence:** Alexandra S. Litvinova, [litvinova@neurobiology.ru](mailto:litvinova@neurobiology.ru), Lomonosov Moscow State University, Department of Biology, Vorob'evy Gory, 1, corp. 12, GSP-1, 119234 Moscow, Russia; Patricia O. Ratmanova, [patricia@neurobiology.ru](mailto:patricia@neurobiology.ru); Dmitry A. Napalkov, [napalkov@neurobiology.ru](mailto:napalkov@neurobiology.ru)

**Keywords:** aging, attention, visually-guided saccades, self-paced saccades

**Copyright** © 2015. Alexandra S. Litvinova, Patricia O. Ratmanova, Dmitry A. Napalkov. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

**Acknowledgments.** The authors would like to thank Alexander V. Latanov for the opportunity to use eye-tracking equipment.

Received 10 August 2015, accepted 25 September 2015.

## Introduction

Are young and old people equally efficient in oculomotor task performance? This question remains open. The most common age-related changes in eye movement characteristics are the following: an increase in saccadic latencies, velocity alteration, saccadic hypometria, and an increase in the number of errors (Irving, Steinbach, Lillakas, Babu, & Hutchings, 2006; Litvinova et al., 2011). On the other hand, the effects of aging are not so definite in natural scenes eye-tracking (Dowiasch, Marx, Einhäuser, & Brem-

mer, 2015). The aim of our study was to reveal how aging affects eye movements in visual tasks of varying complexity. We suppose that oculomotor performance in different tasks depends upon the prevailing attention system (bottom-up or top-down). To verify this assumption, we used several tasks with different conditions of visual stimulation and various degrees of movement volition. The most reflexive saccadic eye movements take place in the classic 'Gap' visual stimulation paradigm. 'Overlap' conditions complicate saccadic preparation and execution and actively involve visual attention (Mayfrank, Mobashery, Kimmig,

& Fischer, 1986). Furthermore, we introduced a self-paced saccade task to increase movements' voluntariness (Abel & Douglas, 2007). Eye movement characteristics allow the estimation of various levels and structures of oculomotor system contributions to saccadic performance (Munoz, Broughton, Goldring, & Armstrong, 1998; Litvinova et al., 2011). Moreover, the tasks were supposed to engage bottom-up and/or top-down processes to a different extent.

## Method

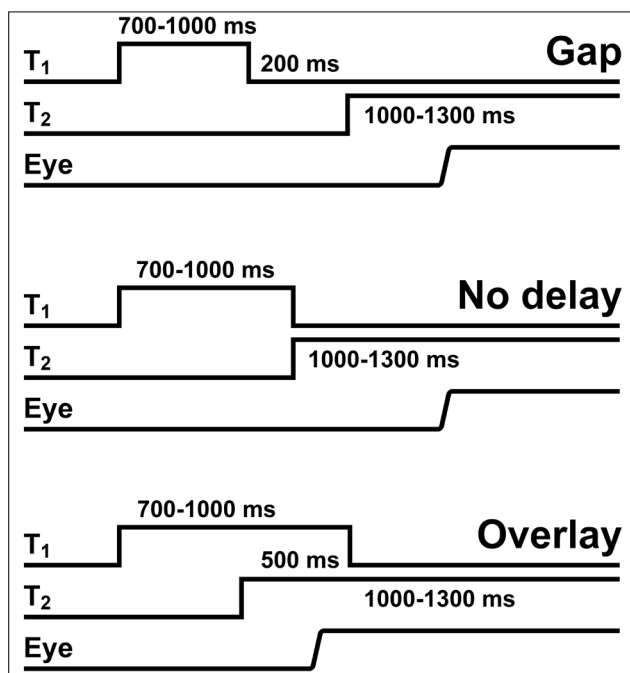
### Participants

Two groups of healthy volunteers took part in the study: a younger group (17–30 years, mean age  $22 \pm 3$  (SD) years,  $n=21$ ) and an older group (50–75 years, mean age  $63 \pm 6$  (SD) years,  $n=20$ ). The study conformed to the principles of the Declaration of Helsinki and was approved by the Bioethics Committee of M.V. Lomonosov Moscow State University. Every participant provided written informed consent before taking part in the study.

### Procedure

Participants took part in two separate experimental sessions. In the first session, participants performed visually-guided saccades looking at red light-emitting diodes (LEDs). The target lights were located at  $6.7^\circ$  to the right and left, up and down from the central LED ( $0^\circ$ ). Participants were instructed to fix their gaze on the central LED and to look to an eccentric target as soon as it appeared. Duration of the central LED exposure varied from 700 ms to 1000 ms, while the duration of the eccentric LEDs exposure varied from 1000 ms to 1300 ms. Three visual stimulation paradigms were used (see Fig. 1):

- 'Gap': the eccentric LED appeared 200 ms after the central LED was switched off;



**Figure 1.** The paradigms used in the visually-guided saccades session. T<sub>1</sub> = central stimulus appearance; T<sub>2</sub> = eccentric target appearance.

- 'No delay': the eccentric LED appeared immediately after the central LED was switched off; and
- 'Overlap': the eccentric LED appeared 500 ms before the central LED was switched off.

There were 180–216 trials of each condition. Target location and stimulation paradigms were pseudorandomly interleaved throughout the session. Visually-guided saccades were recorded by electrooculography. The signal was filtered (0.1–60 Hz) and digitized at a rate of 512 Hz.

In the second session, participants performed self-paced saccades. The following sets of black dots (diameter  $0.6^\circ$ ) were presented on the computer screen:

- 3 dots located on the horizontal axis;
- 3 dots located on the vertical axis;
- 3 dots located in the vertices of an imaginary triangle;
- 4 dots located in the vertices of an imaginary square; and
- 6 dots located in the vertices of an imaginary hexagon.

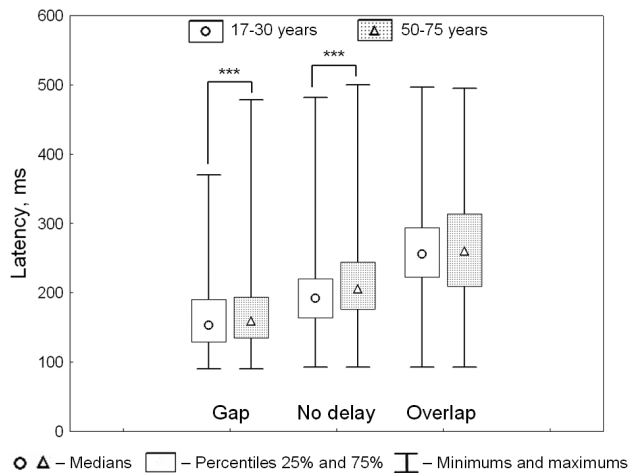
Each set was presented for 20 seconds. The distance between neighbor dots was  $6.7^\circ$ . Participants were instructed to shift their gaze from dot to dot as frequently as possible. The procedure was similar to that used by Litvinova and Bogdanov (in press). Fast digital camera (FastVideo 250V, 'NPO Astek', Russia) was used for eye movement tracking. Eye position was digitized at a rate of 250 Hz. Further details of the equipment can be found in the references (Ermachenko, Ermachenko & Latanov, 2011; Anisimov, Fedorova & Latanov, 2014).

**Data analysis.** We analyzed the latencies of visually-guided saccades and the number of dots scanned in the self-paced saccade task. Statistical analysis was performed with Statistica 6.0 software. We used a nonparametric Mann–Whitney U–test, ANOVA Kruskal–Wallis analysis and Spearman's rank correlation. The statistical significance threshold was set at  $p < .05$ . Nonparametric statistics were chosen due to deviations from normal distribution of the visually-guided saccadic latencies and the small sample size in the self-paced saccade task.

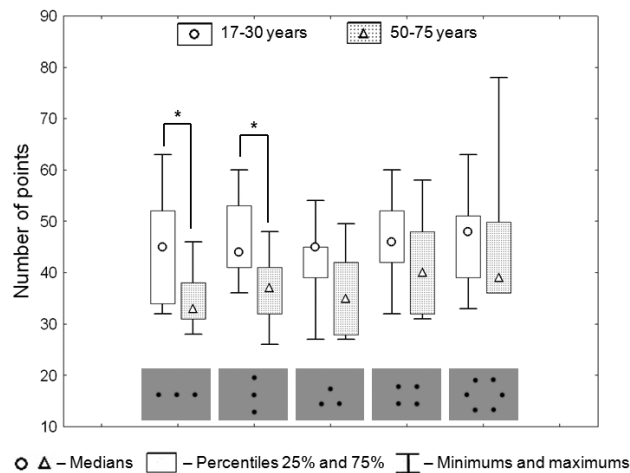
## Results

The latencies of visually-guided saccades depended on age and the visual stimulation paradigm. Saccadic latencies (see Figure 1 and Table 1) in the 'Gap' and 'No delay' paradigms were longer in the older group in comparison with younger persons ( $Z=4.99$ ,  $p < .001$  and  $Z=11.94$ ,  $p < .001$  respectively, U–test). Meanwhile, there was no significant difference between the age groups in the more complicated 'Overlap' paradigm ( $Z=0.54$ ,  $p = .590$ , U–test). Age affected eye movement latencies in 'Gap' ( $H(1, N=4494)=25.0$ ,  $p < .001$ , ANOVA Kruskal–Wallis;  $R=0.074$ ,  $p < .001$ , Spearman's rank correlation) and 'No delay' ( $H(1, N=4854)=142.5$ ,  $p < .001$ , ANOVA Kruskal–Wallis;  $R=0.171$ ,  $p < .001$ , Spearman's rank correlation) paradigms, but not in the 'Overlap' paradigm ( $H(1, N=4356)=0.3$ ,  $p = .590$ , ANOVA Kruskal–Wallis;  $R=0.008$ ,  $p = .590$ , Spearman's rank correlation).

Self-paced saccade performance varied through the images presented (see Figure 2 and Table 2). Older persons scanned fewer dots in the tasks with three dots on the horizontal or vertical axis ( $Z=2.30$ ,  $p = .022$ , U–test;  $R=0.558$ ,  $p = .016$ , Spearman's rank correlation) and  $Z=2.12$ ,  $p = .034$ ,



**Figure 2.** Latencies of visually-guided saccades in ‘Gap’, ‘No delay’ and ‘Overlap’ visual stimulation paradigms in the two age groups. \*\*\* –  $p < .001$ , U-test.



**Figure 3.** The number of dots scanned by participants within 20 seconds in different conditions of visual stimulation. \* –  $p < .05$ , U-test.

**Table 1.** Saccadic latencies (ms) in visually-guided saccade task: descriptive statistics

Age group	Paradigm	Median	Minimum	Maximum	Percentile 25%	Percentile 75%
17–30 years	Gap	154	90	370	129	190
	No delay	192	93	482	164	220
	Overlap	256	93	497	223	294
50–75 years	Gap	159	90	478	135	194
	No delay	205	93	500	176	244
	Overlap	260	93	495	209	314

**Table 2.** The number of dots scanned within 20 seconds in self-paced saccade task: descriptive statistics

Age group	Paradigm	Median	Minimum	Maximum	Percentile 25%	Percentile 75%
17–30 years	1	45	32	63	34	52
	2	44	36	60	41	53
	3	45	27	54	39	45
	4	46	32	60	42	52
	5	48	33	63	39	51
50–75 years	1	33	28	46	31	38
	2	37	26	48	32	41
	3	35	27	50	28	42
	4	40	31	58	32	48
	5	39	36	78	36	50

U-test;  $R=0.516$ ,  $p=.028$ , Spearman’s rank correlation respectively). There was no significant difference between younger and older participants when they scanned the dots located in the vertices of the imaginary geometric figures.

## Discussion

We manipulated the degree of voluntary control of eye movements, varying the number of stimuli and the way of their presentation. We assumed that bottom-up attention was more active in the ‘simple’ task with less voluntary movements, although we could not absolutely exclude the involvement of top-down processes. According to our

data, oculomotor performance decreased in the older group in the simple tasks only. Saccadic latencies increased in the ‘Gap’ and ‘No delay’ paradigms, when the participants could see only one stimulus at a time. In this case, saccades were generated reflexively to a target, which appeared suddenly. We suppose that bottom-up attention was engaged to a greater extent in these tasks. We obtained similar results in the self-paced saccades task. Pronounced age-related changes were observed in the tasks with fewer stimuli.

The ‘Overlap’ paradigm requires activation of selective visual attention and involves the parietal and frontal cortices in saccade preparation (Mayfrank et al., 1986). In the ‘Overlap’ conditions, there was no difference in saccadic

latencies between younger and older persons. Moreover, the older participants were as efficient as younger ones when they scanned more complicated sets of dots perceived as geometric figures. We suppose that the parietal cortex was more involved in this kind of complex task.

Bottom-up and top-down processes depend on age (Açık, Sarwary, Schultze-Kraft, Onat, & König, 2010). Presumably, top-down attention becomes more important with age, while bottom-up attention weakens during the lifespan. Apparently, functional reorganization in brain activity is associated with these changes. Previous fMRI studies of saccadic performance showed that older participants had increased cortical activation in parietal and frontal eye fields compared to younger ones (Nelles, de Greiff, Pscherer, & Esser, 2009). An age-related shift in activity from posterior to frontal brain regions was demonstrated in another study (Raemaekers, Vink, van den Heuvel, Kahn, & Ramsey, 2006). The observed increased activation pattern of older participants suggests a different strategy in advanced age for maintaining the same performance during the saccade task. There may be an additional recruitment within the frontoparietal network to support neuronal processing and maintain task performance despite degeneration of gray and white matter components (Nelles et al., 2009).

## Conclusions

Our study showed that the effects of aging on oculomotor performance are revealed in simple visual tasks presumably engaging bottom-up attention. More complicated experimental conditions involve mostly top-down attention which could be accompanied by enhanced activity of the frontal and parietal cortices. We suggest that older individuals engage a more distributed neocortical network during complex tasks to maintain the same level of saccadic performance as in younger persons.

## References

- Abel, L.A., & Douglas, J. (2007). Effects of age on latency and error generation in internally mediated saccades. *Neurobiology of Aging*, 28(4), 627–637. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2006.02.003
- Açık, A., Sarwary, A., Schultze-Kraft, R., Onat, S., & König, P. (2010). Developmental changes in natural viewing behavior: bottom-up and top-down differences between children, young adults and older adults. *Frontiers in Psychology*, 1, 207. doi:10.3389/fpsyg.2010.00207
- Anisimov, V.A., Fedorova, O.V., & Latanov, A.V. (2014). Eye movement parameters in reading the sentences with syntactic ambiguity in Russian language. *Human Physiology*, 40(5), 521–531. doi:10.7868/S013116461404003
- Dowiasch, S., Marx, S., Einhäuser, W., & Bremmer, F. (2015). Effects of aging on eye movements in the real world. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 46. doi:10.3389/fnhum.2015.00046
- Ermachenko, N.S., Ermachenko, A.A., & Latanov, A.V. (2011). [Integration of videooculography and encephalography for investigation of visual selective attention in humans]. *Zhurnal Vyshei Nervnoi Deiatelnosti Imeni I. P. Pavlova*, 61(5), 631–640. (In Russian).
- Irving, E.L., Steinbach, M.J., Lillakas, L., Babu, R.J., & Hutchings, N. (2006). Horizontal saccade dynamics across the human life span. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 47(6), 2478–2484. doi:10.1167/iovs.05-1311
- Litvinova, A.S., & Bogdanov, R.R. (in press). [Letter cancellation test performance in healthy subjects and patients with Parkinson's disease during aging]. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*. (In Russian).
- Litvinova, A.S., Ratmanova, P.O., Evina, E.I., Bogdanov, R.R., Kunitsyna, A.N., & Napalkov, D.A. (2011). Age-related changes in saccadic eye movements in healthy subjects and patients with Parkinson's disease. *Human Physiology*, 37(2), 161–167. doi:10.1134/S0362119711010117
- Mayfrank, L., Mobashery, M., Kimmig, H., & Fischer, B. (1986). The role of fixation and visual attention in the occurrence of express saccades in man. *European Archives of Psychiatry and Neurological Sciences*, 235(5), 269–275. doi:10.1007/BF00515913
- Munoz, D.P., Broughton, J.R., Goldring, J.E., & Armstrong, I.T. (1998). Age-related performance of human subjects on saccadic eye movement tasks. *Experimental Brain Research*, 121(4), 391–400. doi:10.1007/s002210050473
- Nelles, G., de Greiff, A., Pscherer, A., & Esser, J. (2009). Age-related differences of saccade induced cortical activation. *Neuroscience Letters*, 458(1), 15–18. doi:10.1016/j.neulet.2009.04.026
- Raemaekers, M., Vink, M., van den Heuvel, M.P., Kahn, R.S., & Ramsey, N.F. (2006). Effects of aging on BOLD fMRI during prosaccades and antisaccades. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(4), 594–603. doi:10.1162/jocn.2006.18.4.594



**■ спецвыпуск**

# Произвольное и непроизвольное внимание в глазодвигательных задачах: возрастные аспекты

**Александра Сергеевна Литвинова**

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Патриция Олеговна Ратманова**

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Дмитрий Анатольевич Напалков**

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Аннотация.** Исследование посвящено возрастным изменениям параметров зрительно-вызванных и произвольных движений глаз в зависимости от сложности зрительной среды. Показано, что возрастные изменения параметров движений глаз в большей степени выражены в более простых условиях зрительной стимуляции, связанных с большим вовлечением процессов непроизвольного внимания. Напротив, с увеличением количества стимулов, одновременно присутствующих в зрительном поле, то есть в ситуации, требующей подключения произвольного внимания, различия в успешности выполнения задания между молодыми добровольцами и участниками старшего возраста нивелировались. Обсуждается активация системы произвольного внимания в старшем возрасте, сопровождающаяся более активным вовлечением корковых глазодвигательных полей в процесс подготовки и выполнения саккад, что, предположительно, позволяет компенсировать негативные возрастные изменения при выполнении сложных глазодвигательных задач.

**Контактная информация:** Александра Сергеевна Литвинова, [litvinova@neurobiology.ru](mailto:litvinova@neurobiology.ru), 119234 Россия, Москва, Ленинские горы 1-12; Патриция Олеговна Ратманова, [patricia@neurobiology.ru](mailto:patricia@neurobiology.ru); Дмитрий Анатольевич Напалков, [napalkov@neurobiology.ru](mailto:napalkov@neurobiology.ru)

**Ключевые слова:** внимание, зрительно-вызванные саккады, произвольные саккады, возрастные изменения

© 2015 Александра Сергеевна Литвинова, Патриция Олеговна Ратманова, Дмитрий Анатольевич Напалков. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

**Благодарности.** Авторы выражают признательность профессору А.В. Латанову за возможность работать с оборудованием для видеорегистрации движений глаз.

Статья поступила в редакцию 10 августа 2015 г. Принята в печать 25 сентября 2015 г.

## Литература

Ермаченко Н.С., Ермаченко А.А., Латанов А.В. Интеграция видеоокулографии и электроэнцефалографии для исследования зрительного селективного внимания у человека // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2011. Т. 61. № 5. С. 631–640.

Литвинова А.С., Богданов Р.Р. Возрастные особенности выполнения теста «Корректирующая проба» в норме и при болезни Паркинсона // Психология. Журнал Высшей школы экономики. В печати.

Abel L.A., Douglas J. Effects of age on latency and error generation in internally mediated saccades // *Neurobiology of Aging*. 2007. Vol. 28. No.4. P. 627–637. [doi:10.1016/j.neurobiolaging.2006.02.003](https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2006.02.003)

Açik A., Sarwary A., Schultze-Kraft R., Onat S., König P. Developmental changes in natural viewing behavior: bottom-up and top-down differences between children, young adults and older adults // *Frontiers in Psychology*. 2010. Vol. 1. P. 207. [doi:10.3389/fpsyg.2010.00207](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2010.00207)

Anisimov V.A., Fedorova O.V., Latanov A.V. Eye movement parameters in reading the sentences with syntactic ambiguity in Russian language // *Hunam Physiology*. 2014. Vol. 40. No. 5. P. 521–531. [doi:10.7868/S013116461404003](https://doi.org/10.7868/S013116461404003)

Dowiasch S., Marx S., Einhäuser W., Bremmer F. Effects of aging on eye movements in the real world // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2015. Vol. 9. P. 46. [doi:10.3389/fnhum.2015.00046](https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00046)

Irving E.L., Steinbach M.J., Lillakas L., Babu R.J., Hutchings N. Horizontal saccade dynamics across the human life span // *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2006. Vol. 47. No. 6. P. 2478–2484. [doi:10.1167/iovs.05-1311](https://doi.org/10.1167/iovs.05-1311)

Litvinova A.S., Ratmanova P.O., Evina E.I., Bogdanov R.R., Kunitsyna A.N., Napalkov D.A. Age-related changes in saccadic eye movements in healthy subjects and patients with Parkinson's disease // *Human Physiology*. 2011. Vol. 37. No. 2. P. 161–167. [doi:10.1134/S0362119711010117](https://doi.org/10.1134/S0362119711010117)

Mayfrank L., Mobashery M., Kimmig H., Fischer B. The role of fixation and visual attention in the occurrence of express saccades in man // *European Archives of Psychiatry and Neurological Sciences*. 1986. Vol. 235. No. 5. P. 269–275. [doi:10.1007/BF00515913](https://doi.org/10.1007/BF00515913)

Munoz D.P., Broughton J.R., Goldring J.E., Armstrong I.T. Age-related performance of human subjects on saccadic eye movement tasks // *Experimental Brain Research*. 1998. Vol. 121. No. 4. P. 391–400. [doi:10.1007/s002210050473](https://doi.org/10.1007/s002210050473)

Nelles G., de Greiff A., Pscherer A., Esser J. Age-related differences of saccade induced cortical activation // *Neuroscience Letters*. 2009. Vol. 458. No. 1. P. 15–18. [doi:10.1016/j.neulet.2009.04.026](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.04.026)

Raemaekers M., Vink M., van den Heuvel M.P., Kahn R.S., Ramsey N.F. Effects of aging on BOLD fMRI during prosaccades and antisaccades // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2006. Vol. 18. No. 4. P. 594–603. [doi:10.1162/jocn.2006.18.4.594](https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.4.594)

## — cognitive science in moscow —

# Development and Standardization of a Test for the Comprehension of Nouns and Verbs in Russian: Data from Individuals with and without Aphasia

**Olga Soloukhina**

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

**Maria Ivanova**

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

**Yulia Akinina**

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

**Tatiana Akhutina**

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Olga Dragoy**

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

**Abstract.** There is currently a great need for modern, standardized neuropsychological tests for language assessment in Russian speakers with aphasia. Our group is working on the development of the Russian Aphasia Test (RAT). Within the scope of this work, two subtests for single-word comprehension of nouns and verbs were developed considering contemporary models of language processing and principles of psychometrics. The task for both subtests was spoken word-to-picture matching. The subtests were normed on individuals with aphasia ( $n = 45$ ) and a control group ( $n = 30$ ). This resulted in the final set of 30 diagnostic trials for nouns and verbs matched on relevant psychometric properties which are sensitive to language impairments for both fluent and non-fluent types of aphasia. This set of trials will be included in the final version of the RAT.

**Correspondence:** Olga Soloukhina, [osoloukhina@hse.ru](mailto:osoloukhina@hse.ru), 21/4 Staraya Basmannaya, 105066 Moscow, Russia; Maria Ivanova, [mivanova@hse.ru](mailto:mivanova@hse.ru); Yulia Akinina, [jakinina@hse.ru](mailto:jakinina@hse.ru); Tatiana Akhutina, [akhutina@mail.ru](mailto:akhutina@mail.ru); Olga Dragoy, [odragoy@hse.ru](mailto:odragoy@hse.ru)

**Keywords:** aphasia, lexical-semantic comprehension, noun comprehension, verb comprehension, standardized assessment, Russian Aphasia Test, RAT

**Copyright** © 2015. Olga Soloukhina, Maria Ivanova, Yulia Akinina, Tatiana Akhutina, Olga Dragoy. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

**Acknowledgments.** We extend gratitude to Prof. Viktor Markovich Shklovsky and the staff at the Center for Speech Pathology and Neurorehabilitation, in particular Ekaterina Iskra, Svetlana Kuptsova and Elena Kozintseva, for assistance with participant recruitment and data collection. The research is supported by the Russian Scientific Foundation for Humanities (Grant № 14-04-00596).

Received 10 August 2015, accepted 28 September 2015.

## Introduction

Aphasia is an acquired neurogenic language disorder that follows focal brain damage most often due to stroke or traumatic brain injury. There are two types of classifications of aphasia: the Russian classification, which is based on the ideas of Luria, and a western one. In the former, aphasia types are divided into anterior and posterior according to the localization of brain damage. Posterior aphasia types are characterized by disturbed speech comprehension and intact fluency of speech. On the contrary, the main disorder in anterior aphasias is usually impaired speech production (Luria, 1969). In the western classification of aphasia, there are fluent and non-fluent types. Individuals with fluent aphasia most frequently have impaired comprehension and fairly intact production of speech, while non-fluent aphasia usually implies poor speech production compared to relatively spared comprehension. Patients are classified into fluent and non-fluent categories in the Western Aphasia Battery — Revised (WAB-R, Kertesz, 1982) and the Boston Diagnostic Aphasia Examination (BDAE, Goodglass, & Kaplan, 1972). The two classifications do not line up identically, but it is usually considered that non-fluent aphasia corresponds to the anterior type in the Russian classification system, and fluent aphasia is similar to posterior aphasia. However, despite widely acknowledged differences between aphasia subtypes, certain symptoms are present in all types of aphasia, varying by level of severity between different aphasia types. Individuals with aphasia often have difficulties in language production and comprehension, including comprehension of single words at the lexical-semantic level (identifying the meaning of a single unit in the lexicon). For a correct diagnosis and effective treatment, it is important to assess each patient's language impairment correctly and to identify mechanisms of impairment.

There is a plethora of standardized language assessment tests in English, but some shortcomings are inherent in most of them. Many involve a small normative sample and/or a lack of data on standardization in the clinical group (Howard, Swinburn, & Porter, 2010), with only a few tests, such as the Comprehensive Aphasia Test (Swinburn, Porter, & Howard, 2004) overcoming these limitations. In general, a lack of psychometric data on the validity and reliability of the tasks casts doubt on the quality of the stimulus material used and the evaluation criteria themselves, which complicates the interpretation of test results.

The most commonly used test for assessment of language disorders in Russian is the Assessment of Speech in Aphasia (Tsvetkova, Akhutina, & Pylaeva, 1981). Despite its numerous advantages, it also has some drawbacks. In general, apart from word length, articulatory complexity and rank frequency of use (which serves as a proxy measure of frequency), no other significant psycholinguistic variables are considered. Furthermore, some of the visual stimuli have become outdated and are often not recognized by the younger population. Such variables as image and name agreement, frequency, age of acquisition, imageability, familiarity and word length were not controlled, as opposed to the current work. Initially, the test was also normed on a limited sample of individuals with

aphasia and no healthy controls. With regards to the single word comprehension subtest, its main limitation is the fact that the difficulties of phonologic and semantic processing are tested separately, not simultaneously, making it difficult to determine the patient's prevailing deficit. Single word comprehension is also assessed together with short-term memory as increasing strings of words (up to three) are presented. This, according to authors of the test, should lead to a more sensitive evaluation of the comprehension deficits. However, there is an opposite view that it may obscure the locus of the linguistic deficit. Additionally, it makes it hard to compare obtained results with other standardized test batteries that assess comprehension with single words. Another language assessment test in Russian (Bilingual Aphasia Test, Russian version; Paradis & Zeiber, 1987) is not normed at all and contains unbalanced linguistic stimuli (Ivanova & Hallowell, 2009). Thus, there is a need for modern and standardized neuropsychological tests for language assessment in aphasia in Russian, particularly for the single word comprehension subtest.

Our research group is currently working on the development of the Russian Aphasia Test (RAT). This test considers contemporary models of language processing (Coltheart, Curtis, Atkins, & Haler, 1993) and principles of psychometrics (Blanken, Dittmann, Grimm, Marshall, & de Gruyter, 1993; Fishman & Galguera 2003; Ivanova & Hallowell 2013; Kertesz, 1994), and contains tasks for both production and comprehension language assessment. It permits such assessment at different linguistic levels — phonetic, lexical, semantic, syntactic, and discourse — and the determination of which aspect of language processing is impaired. The part for comprehension assessment includes tasks for auditory discrimination of phonemes, lexical decision making, single word comprehension, comprehension of syntactic constructions and comprehension of oral discourse. For the evaluation of speech production, tasks for repetition, picture confrontation naming, spontaneous discourse elicitation and sentence construction and completion were developed.

At the moment, the most widely used batteries which include single word comprehension tasks are the WAB-R, BDAE, Comprehensive Aphasia Test (CAT, Swinburn et al., 2004) and Psycholinguistic Assessments of Language Processing in Aphasia (PALPA, Kay, Lesser, & Coltheart, 1992). In most of those batteries, the task for single word comprehension assessment is a word-picture matching task. The majority of the tests only assess noun comprehension, and yet comprehension of nouns is not a sufficient condition for intact word-level comprehension in general. It is important to assess both nouns and verbs, as processing of these two grammatical classes may differ (Crepaldi, Berlingeri, Paulesu, & Luzzatti, 2010), and previous case studies have shown that noun and verb comprehension can dissociate in aphasia (Miceli, Silveri, Nocentini, & Caramazza, 1988).

The aims of this study were the development of principles for subtests on single word comprehension, selection of stimuli for these subtests, norming them on healthy individuals and individuals with aphasia, and selection of the best trials for the final battery.



## Method

### Participants

The materials were normed on a control group of healthy participants without cognitive or neurological disorders (30 individuals) and individuals with different types of aphasia (30 individuals for noun comprehension: 20 non-fluent, 10 fluent; 45 for verb comprehension: 29 non-fluent, 16 fluent). In all participants with aphasia, their language impairments were caused by stroke. All participants gave informed consent before taking part in the study. The mean age of the group of healthy individuals was 44.2, and the group included 13 males. Among the individuals with aphasia, there were 27 men; the mean age was 45.4 and the average time post-onset was 28 months. There were no significant differences in age between participants with and without aphasia. All participating individuals were right-handed native speakers of Russian.

### Task

Participants were required to match a spoken word to one of four images in a visual array for the single word comprehension subtests. This task is considered the most appropriate for single word comprehension assessment. There are several reasons for this: it helps to avoid excessive variability of responses, which makes the subtest more standardized; it also specifically evaluates comprehension of a single word (i.e. lexical-semantic comprehension) and not the understanding of the word in a sentential context (as in the case of matching words to their definitions). In addition, the presence of carefully manipulated foil images (distractors) allows for the differentiation of phonemic and semantic difficulties.

### Stimulus material

Verbal and visual stimuli were taken from two databases: "Verb and action: stimuli database" (Akinina et al., 2015) and "Noun and object: stimuli database" (Akinina et al., 2014). These databases contain verbal and visual materials along with corresponding psychometric properties that were established based on responses from 100 Russian speakers for each item. One hundred ninety-seven verbs with name agreement (the extent to which different people agree on a name for a picture) higher than 70% and image agreement (the extent to which a subjective image of an object or an action is consistent with a particular picture for different people) higher than 3.5 (out of 5) were selected for the verb comprehension subtest. For the noun comprehension subtest, nouns with name agreement higher than 80% and image agreement higher than 4 were selected. Significant psycholinguistic variables such as frequency, imageability and visual complexity were also considered in the process of selection. For each word, three distractors were selected. First, phonological distractors were chosen. They differed in one or two phonemes from the target word. The hierarchy of selection for the distractors was the following: substitution of one sound for another (the type with the highest priority), such as *razdevatsya* ('to undress') — *razvevatsya* ('to flutter') and *robot* ('robot') — *hobot* ('trunk'); adding phonemes without removal, as in *otryvat* ('to tear away') — *otkryvat* ('to open') and *shar* ('ball') — *sharf* ('scarf'); substi-

tution of two phonemes for two in one place, such as *gretsya* ('to warm oneself') — *gnatsya* ('to pursue') and *jula* ('whirligig') — *igla* ('needle'); and substitution of one phoneme for two in one place, such as *dut* ('to blow') — *gnut* ('to bend') and *jubka* ('skirt') — *trubka* ('pipe'). Next, semantic distractors were selected. They had to belong either to the same semantic field of the target word, as in *vybivat* ('to beat' /a carpet/) — *pylesosit* ('to vacuum'); or *banan* ('banana') — *ananas* ('pineapple') or to occur frequently together with the target, as in *goret* ('to burn') — *tushit* ('to extinguish') or *kost* ('bone') — *budka* ('doghouse'). These two types of semantic distractors were approximately equal in number. In addition, phonological distractors were verified to be not concurrently semantic ones and vice versa. Finally, irrelevant distractors were selected which were unrelated phonologically or semantically to the target word and acted as semantic distractors to the phonological ones; for example, *kovat* ('to forge') — *zevat* ('to yawn') — *chikhat* ('to sneeze'); *skrepka* ('clip') — *skripka* ('violin') — *fleita* ('flute'). This prevented the use of strategic responses by participants. Trials in which a stimulus picture could be named by both the target word and the distractor were excluded. Then, the difference between frequencies of the target word and each of the distractors was calculated. If it was more than 100 and one of the words had a frequency lower than 100, the whole trial was excluded.

Following the described procedure, we conducted 67 trials for the noun comprehension subtest and 66 trials for the verb comprehension subtest.

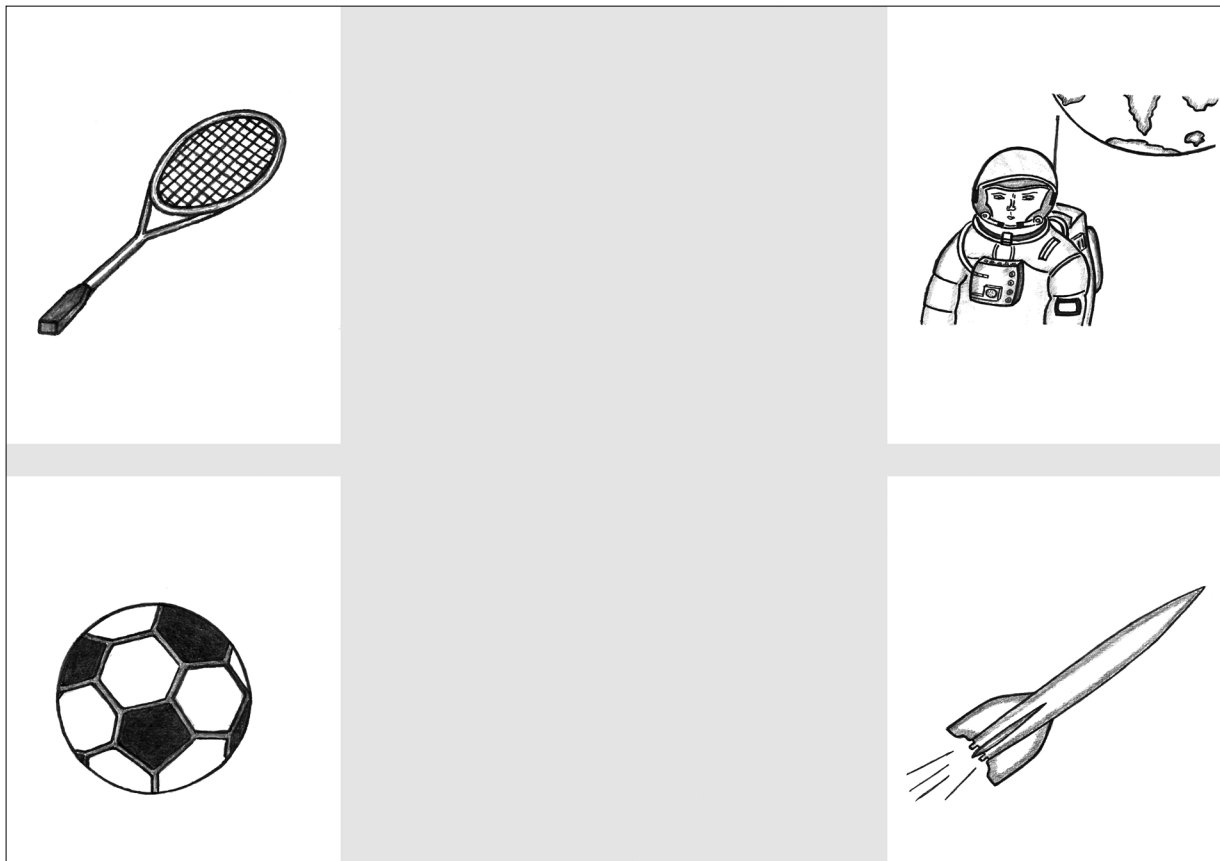
Visual stimuli were presented in a Power Point presentation, where four drawings were located in the corners of the screen in a quasi-randomized order (Figure 1, 2). The examiner read the target word aloud with the simultaneous presentation of slides, and recorded the selected image on the scoring sheet.

## Results

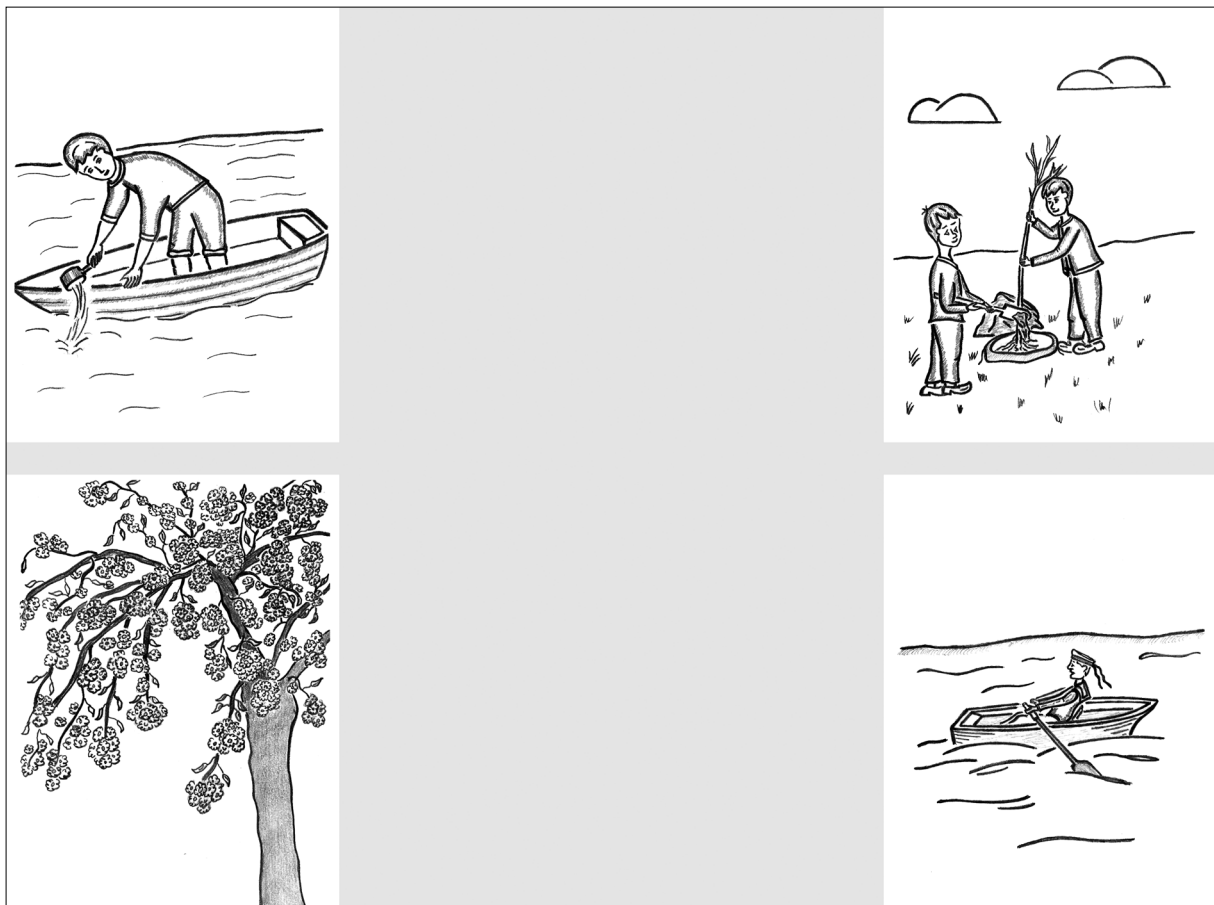
The results of both groups' performance on noun and verb comprehension subtests are presented in Table 1.

The group of individuals without aphasia showed significantly better performance than individuals with aphasia (noun comprehension subtest:  $t = -3.48$ ,  $p = .001$ , effect size (using Cohen's  $d$ ) = 0.9; verb comprehension subtest:  $t = -5.86$ ,  $p < .001$ ,  $d = 1.39$ ). The verb comprehension subtest appeared to be more difficult for both groups (individuals with aphasia:  $t = -2.3$ ,  $p = .024$ ,  $d = 0.55$ ; healthy participants:  $t = -13.6$ ,  $p < .001$ ,  $d = 3.54$ ). Individuals with fluent aphasia performed on average better than individuals with non-fluent aphasia in both tasks (noun comprehension subtest: 94.6% for fluent, 90.4% for non-fluent; verb comprehension subtest: 89.8% for fluent, 84.6% for non-fluent). However, these differences were not statistically significant (noun subtest:  $t = 0.84$ ,  $p = .411$ ,  $d = 0.32$ ; verb subtest:  $t = 1.39$ ,  $p = .171$ ,  $d = 0.43$ ).

In addition, a correlation was calculated for the correct answers on each subtest and the scores on the subtests for receptive language in the Assessment of Speech in Aphasia. For the verb subtest, there was a significant positive correlation ( $r = .339$ ,  $p = .025$ ).



**Figure 1.** The screen with the visual stimuli as it was seen by participants in the noun comprehension subtest. *Raketa* ('rocket') — *raketka* ('racket') — *kosmonavt* ('cosmonaut') — *myach* ('ball'). Individual object images are retrieved from Akinina et al. (2014) database.



**Figure 2.** The screen with the visual stimuli as it was seen by participants in the verb comprehension subtest. *Tsvesti* ('to bloom') — *gresti* ('to row') — *sazhat'* ('to plant') — *vycherpyvat'* ('to bail out'). Individual action depictions are retrieved from Akinina et al. (2015) database.

**Table 1.** Mean and Standard Deviation (in %) for Correct Answers and Errors in Single Word Comprehension Subtests

Type of answer	Nouns		Verbs	
	Healthy individuals <i>M (SD)</i>	Individuals with aphasia <i>M (SD)</i>	Healthy individuals <i>M (SD)</i>	Individuals with aphasia <i>M (SD)</i>
Correct answers (%)	100 (0)	92 (13)	99 (0.9)	86 (12)
Phonological errors (%)	0 (0)	2.5 (4)	0.1 (0.4)	2.5 (4)
Semantic errors (%)	0 (0)	5 (7)	0.4 (0.8)	9 (7)
Irrelevant errors (%)	0 (0)	0.75 (3)	0.05 (0.27)	1.8 (3)

Trials in which more than two healthy individuals made an error and those which were answered correctly by all individuals with aphasia were excluded from the further shortened final versions of subtests. The corrected item-total correlation was then calculated; this parameter shows to what extent each trial measures the same concept as the whole subtest. First, trials with values of this parameter less than .1 were excluded, then the analysis was repeated and trials with a corrected item-total correlation less than .2 were left out. As a result, 39 out of 67 trials remained in the noun comprehension subtest and 48 out of 66 trials were kept in the verb comprehension subtest. Next, stimuli were balanced on the following psycholinguistic variables, so that there were no significant differences between target nouns and verbs: name agreement (nouns: 94.43; verbs: 88.85), subjective (nouns: 2.69; verbs: 2.49) and objective complexity (nouns: 336.3; verbs: 228.13), familiarity (nouns: 3.96; verbs: 3.78), age of acquisition (nouns: 1.77; verbs: 1.66), imageability (nouns: 1.12; verbs: 1.17), image agreement (nouns: 4.26; verbs: 4.21), frequency (nouns: 27.38; verbs: 38.81) and length (nouns: 2.07; verbs: 2.53). Thus, a final set of 30 trials in each subtest balanced on all relevant psychometric parameters was created. Interestingly, when the results of performance on these 30 balanced trials were analyzed, the differences in noun and verb comprehension remained for individuals with aphasia ( $t = 11.48$ ,  $p < .001$ ,  $d = 2.96$ ).

## Discussion

Significant differences in performance between healthy individuals and participants with aphasia indicate that the subtests reflect single word comprehension difficulties and that they can be used for the assessment of language deficits in individuals with aphasia. This can be reliably stated because stimuli sets were selected from normed databases; that is, all parameters which could influence participants' answers were controlled in advance. This means that errors are made due to language impairment and not to any confounding variables. The fact that healthy participants without cognitive or neurological disorders performed better than the group with aphasia provides evidence of the construct validity of the subtests.

The trials in which individuals with aphasia made errors are sensitive to impairment in noun and verb comprehension and help to reveal semantic and phonological processing difficulties according to the type of errors made. The trials in which healthy individuals made errors, on the contrary, cannot be used for assessment of language disorders. They provoke errors even in healthy participants,

and thus additional errors in individuals with aphasia may emerge due to some extraneous factor (such as unfamiliarity with the concept tested) or some aberration in the stimuli material (such as a mismatch between target and foil images) and not to the impairment itself. In most of the cases in this study, errors in the control group occurred because the target image was too close in meaning to the semantic distractor image. Thus, such stimuli were excluded after norming.

The subtest for verb comprehension was more difficult than noun comprehension for both groups. Moreover, this difference remained for participants with aphasia when 30 balanced trials were analyzed. Probably, it can be explained by the fact that a verb is a more complex linguistic unit than a noun. It provides the frame for the whole sentence (Druks, 2002) and it implies more complex structural information, such as the properties and the number of arguments which should be reflected in the syntactic structure of a sentence (Cappa & Perani, 2003). Ours is the first group study in which difficulties in noun and verb comprehension has been directly compared in participants with aphasia. All known previous studies which showed differences in comprehension of nouns and verbs were case studies that demonstrated dissociations in both directions (Miceli et al., 1988).

Thus, two comparable, psycholinguistically balanced subtests for the assessment of noun and verb comprehension were created and normed on participants with and without aphasia. Pilot norming allowed us to reduce the set of trials and exclude invalid trials that cannot be used for diagnostic purposes. In the reduced versions of subtests, standard psycholinguistic parameters of stimuli such as frequency, imageability and length were considered. This is usually the case in widely used standardized batteries such as the BDAE and WAB, which nonetheless ignore other important variables (complexity, familiarity, age of acquisition, image and naming agreement) that were taken into account in our subtests. The subtests were also normed on a group of individuals with aphasia, as opposed to the PALPA. The final set of trials was programmed onto a tablet PC, which makes the test procedure more standardized and facilitates the distribution of the test in the future. It will be further normed and standardized on a larger group of participants (100 individuals with and without aphasia).

## References

- Akinina, Y.S., Iskra, E.V., Ivanova, M.V., Grabovskaya, M.A., Isaev, D.Y., Korkina, I., Malyutina S.A., & Sergeeva, N. (2014). Biblioteka stimulov "Suschestvitel'noe I object": normirovanie psikholingvistikheskikh parametrov. [Stimuli database "Noun and object": norming of psycholinguistic variables]. In B. Velichkovskiy, V. Rubtsov, & D. Ushakov (Eds.), *Shestaya mezhdunarodnaya konferentsiya po kognitivnoy nauke: Tezisy dokladov. [Sixth International Conference on Cognitive Science: Abstracts]* (pp. 112–114). Kaliningrad. (In Russian).
- Akinina, Y., Malyutina, S., Ivanova, M., Iskra, E., Mannova, E., & Dragoy, O. (2015). Russian normative data for 375 action pictures and verbs. *Behavior Research Methods*, 47(3), 691–707. doi:10.3758/s13428-014-0492-9
- Blanken, G., Dittmann, J., Grimm, H., Marshall, J.C., & Wallesch, C.-W. (1993). *Linguistic disorders and pathologies: an international handbook*, Vol. 8. Berlin, New York: Walter de Gruyter. Retrieved from <http://www.degruyter.com/view/product/11260?format=KOM>. doi:10.1515/9783110113242
- Cappa, S.F., & Perani, D. (2003). The neural correlates of noun and verb processing. *Journal of Neurolinguistics*, 16(2), 183–189. doi:10.1016/S0911-6044(02)00013-1
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, 100(4), 589–608. doi:10.1037/0033-295X.100.4.589
- Crepaldi, D., Berlingeri, M., Paulesu, E., & Luzzatti, C. (2010). A place for nouns and a place for verbs? A critical review of neurocognitive data on grammatical-class effects. *Brain and Language*, 116(1), 33–49.
- Druks, J. (2002). Verbs and nouns — a review of the literature. *Journal of Neurolinguistics*, 15(3), 289–315. doi:10.1016/S0911-6044(01)00029-X
- Fishman, J.A., & Galguera, T. (2003). *Introduction to test construction in the social and behavioral sciences: A practical guide*. Oxford: Rowman & Littlefield Publishers.
- Howard, D., Swinburn, K., & Porter, G. (2010). Putting the CAT out: What the Comprehensive Aphasia Test has to offer. *Aphasiology*, 24(1), 56–74. doi:10.1080/02687030802453202
- Ivanova, M.V., & Hallowell, B. (2009). Short form of the Bilingual Aphasia Test in Russian: Psychometric data of persons with aphasia. *Aphasiology*, 23(5), 544–556. doi:10.1080/02687030701800784
- Ivanova, M.V., & Hallowell, B. (2013). A tutorial on aphasia test development in any language: Key substantive and psychometric considerations. *Aphasiology*, 27(8), 891–920. doi:10.1080/02687038.2013.805728
- Kaplan, E., & Goodglass, H. (1972). *The assessment of aphasia and related disorders*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Kay, J., Lesser, R., & Coltheart, M. (1996). Psycholinguistic assessments of language processing in aphasia (PALPA): An introduction. *Aphasiology*, 10(2), 159–180. doi:10.1080/02687039608248403
- Kertesz, A. (1982). *Western aphasia battery test manual*. New York: Grune & Stratton.
- Kertesz, A. (1994). Neuropsychological evaluation of language. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 11(2), 205–215. doi:10.1097/00004691-199403000-00005
- Luria, A.R. (1969). *Vischiye korkovoye funktsii cheloveka i ikh narusheniye pri lokalnikh porazheniyakh mozga, 2-e Izd. [Higher cortical functions in man and their disturbances in local brain damage]*. Moscow: Moscow State University. (In Russian).
- Miceli, G., Silveri, M.C., Nocentini, U., & Caramazza, A. (1988). Patterns of dissociation in comprehension and production of nouns and verbs. *Aphasiology*, 2(3-4), 351–358. doi:10.1080/02687038808248937
- Paradis, M., & Zeiber, T. (1987). *Bilingual aphasia test (Russian version)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Swinburn, K., Porter, G., & Howard, D. (2004). *CAT: comprehensive aphasia test*. N.Y.: Psychology Press.
- Tsvetkova, L.S., Akhutina T. V., & Pylaeva, N.M. (1981). *Metodika Ocenki Reči pri Afazii [The Method of Assessing Speech in Aphasia]*. Moscow: Moscow State University. (In Russian).



# Разработка и апробация теста на понимание существительных и глаголов на русском языке: данные нормы и пациентов с афазией

**Ольга Андреевна Солоухина**

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Москва, Россия

**Мария Васильевна Иванова**

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Москва, Россия

**Юлия Сергеевна Акинина**

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Москва, Россия

**Татьяна Васильевна Ахутина**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Ольга Викторовна Драгой**

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Москва, Россия

**Аннотация.** В настоящий момент существует большая потребность в современном русскоязычном стандартизированном тесте для оценки речевой деятельности при афазии. Нашей группой ведется работа по созданию Русского афазиологического теста (РАТ). В рамках данной работы с учетом современных моделей языковой обработки и принципов психометрики разрабатывались субтесты на понимание отдельных слов: существительных и глаголов. В задании испытуемым необходимо было сопоставить услышанное слово с одним из четырех рисунков. Субтесты были нормированы в группе пациентов с афазией ( $n = 45$ ) и в контрольной группе ( $n = 30$ ), что позволило отобрать по 30 итоговых диагностических проб. В результате работы были созданы психолингвистически обоснованные и нормированные субтесты для оценки понимания существительных и глаголов, которые сопоставимы по психометрическим параметрам и чувствительны к речевым нарушениям при беглой и небеглой формах афазии.

**Контактная информация:** Ольга Андреевна Солоухина, [osoloukhina@hse.ru](mailto:osoloukhina@hse.ru), ул. Старая Басманная, д. 21/4, 105066 Москва, Россия; Мария Васильевна Иванова, [mivanova@hse.ru](mailto:mivanova@hse.ru); Юлия Сергеевна Акинина, [jakinina@hse.ru](mailto:jakinina@hse.ru); Татьяна Васильевна Ахутина, [akhutina@mail.ru](mailto:akhutina@mail.ru); Ольга Викторовна Драгой, [odragoy@hse.ru](mailto:odragoy@hse.ru)

**Ключевые слова:** афазия, понимание речи на лексико-семантическом уровне, понимание существительных, понимание глаголов, стандартизированный тест, Русский афазиологический тест, РАТ.

© 2015 Ольга Андреевна Солоухина, Мария Васильевна Иванова, Юлия Сергеевна Акинина, Татьяна Васильевна Ахутина, Ольга Викторовна Драгой. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

**Благодарности.** Выражаем благодарность профессору Виктору Марковичу Шкловскому и сотрудникам Центра патологии речи и нейрореабилитации, в особенности Екатерине Вячеславовне Искре, Светлане Вячеславовне Купцовой и Елене Георгиевне Козинцевой, за помощь в подборе пациентов и сборе данных. Исследование осуществлено при финансовой поддержке РГНФ, грант № 14-04-00596.

Статья поступила в редакцию 10 августа 2015 г. Принята в печать 28 сентября 2015 г.

## Литература

Акинина Ю.С., Искра Е.В., Иванова М.В., Грабовская М.А., Исаев Д.Ю., Коркина И., Малютин С.А., Сергеева Н. Библиотека стимулов «Существительное и объект»: нормирование психолингвистических параметров // Шестая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов / Под ред. Б. Величковского, В. Рубцова, Д. Ушакова. Калининград: 2014. С. 112–114.

Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушение при локальных поражениях мозга, 2-е изд. Москва: Изд-во МГУ, 1969.

Цветкова Л.С., Ахутина Т.В., Пылаева Н.М. Методика оценки речи при афазии. М.: Изд-во МГУ, 1981.

Akinina Y., Maluyutina S., Ivanova M., Iskra E., Mannova E., Dragoj O. Russian normative data for 375 action pictures and verbs // Behavior Research Methods. 2015. Vol. 47. No. 3. P. 691–707. doi:10.3758/s13428-014-0492-9

Blanken G., Dittmann J., Grimm H., Marshall J.C., Wallesch C.-W. Linguistic disorders and pathologies: an international handbook. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1993. URL: <http://www.degruyter.com/view/product/11260?format=KOM>. hdoi:10.1515/9783110113242

Cappa S.F., Perani D. The neural correlates of noun and verb processing // Journal of Neurolinguistics. 2003. Vol. 16. No. 2. P. 183–189. doi:10.1016/S0911-6044(02)00013-1

Coltheart M., Curtis B., Atkins P., Haller M. Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches // Psychological Review. 1993. Vol. 100. No. 4. P. 589–608. doi:10.1037/0033-295X.100.4.589

Crepaldi D., Berlinger M., Paulesu E., Luzzatti C. A place for nouns and a place for verbs? A critical review of neurocognitive data on grammatical-class effects // Brain and Language. 2010. Vol. 116. No. 1. P. 33–49.

Druks J. Verbs and nouns — a review of the literature // Journal of Neurolinguistics. 2002. Vol. 15. No. 3. P. 289–315. doi:10.1016/S0911-6044(01)00029-X

Fishman J.A., Galguera T. Introduction to test construction in the social and behavioral sciences: A practical guide. Oxford: Rowman & Littlefield Publishers, 2003.

Howard D., Swinburn K., Porter G. Putting the CAT out: What the Comprehensive Aphasia Test has to offer // Aphasiology. 2010. Vol. 24. No. 1. P. 56–74. doi:10.1080/02687030802453202

Ivanova M.V., Hollowell B. Short form of the Bilingual Aphasia Test in Russian: Psychometric data of persons with aphasia // Aphasiology. 2009. Vol. 23. No. 5. P. 544–556. doi:10.1080/02687030701800784

Ivanova M.V., Hollowell B. A tutorial on aphasia test development in any language: Key substantive and psychometric considerations // Aphasiology. 2013. Vol. 27. No. 8. P. 891–920. doi:10.1080/02687038.2013.805728

Kaplan E., Goodglass H. The assessment of aphasia and related disorders. Philadelphia: Lea & Febiger, 1972.

Kay J., Lesser R., Coltheart M. Psycholinguistic assessments of language processing in aphasia (PALPA): An introduction // Aphasiology. 1996. Vol. 10. No. 2. P. 159–180. doi:10.1080/02687039608248403

Kertesz A. Western aphasia battery test manual. New York: Grune & Stratton, 1982.

Kertesz A. Neuropsychological evaluation of language // Journal of Clinical Neurophysiology. 1994. Vol. 11. No. 2. P. 205–215. doi:10.1097/00004691-199403000-00005

Miceli G., Silveri M.C., Nocentini U., Caramazza A. Patterns of dissociation in comprehension and production of nouns and verbs // Aphasiology. 1988. Vol. 2. No. 3-4. P. 351–358. doi:10.1080/02687038808248937

Paradis M., Zeiber T. Bilingual aphasia test (Russian version). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987.

Swinburn K., Porter G., Howard D. CAT: comprehensive aphasia test. N.Y.: Psychology Press, 2004.

# Brain State Regulation and RAN/RAS Performance in Primary School Children

**Elena Pronina**

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Alexei Korneev**

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Tatiana Akhutina**

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Abstract.** The topic of this paper is an analysis of the influence of brain state regulation (specifically, the functions of the first energetic unit of the brain, according to Luria) on performing a RAN/RAS technique. Three groups of primary school children participated in the study: children with good brain state regulation ( $n = 101$ ) and children with poor brain state regulation, who were divided in two groups: those with slow processing speed and rapid fatigue ( $n = 29$ ) and those with hyperactivity and impulsivity ( $n = 20$ ). Each child passed a full Lurian neuropsychological battery of tests for children between the ages of 5 and 9 years old (Akhutina et al., 2013), followed by the RAN/RAS technique. The present study revealed a complex and varied picture of the combined influence of brain state regulation and executive functions on performing the RAN/RAS technique in children with poor brain state regulation. More clearly, the results showed that weakness of the first brain unit influences children with slow cognitive tempo: data were obtained about the impact of slowness on the execution time of the first “Objects” subtest and RAS subtests. Children with hyperactivity showed large fluctuations of success and execution time with the subtest. According to the literature, that is typical of children with ADHD who have severe symptoms of hyperactivity-impulsivity and executive function weakness.

**Correspondence:** Elena Pronina, [proninus1@gmail.com](mailto:proninus1@gmail.com), 11 Mokhovaya str., corp. 9, 125009 Moscow, Russia; Alexei Korneev, [korneeff@gmail.com](mailto:korneeff@gmail.com); Tatiana Akhutina, [akhutina@mail.ru](mailto:akhutina@mail.ru)

**Keywords:** Lurian neuropsychology, child neuropsychology, brain state regulation, cognitive energetic, hyperactivity, impulsivity, cognitive tempo, fatigue, RAN/RAS

**Copyright** © 2015. Elena Pronina, Alexei Korneev, Tatiana Akhutina. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Received 10 August 2015, accepted 27 September 2015.

## Introduction

The Rapid Automatized Naming and Rapid Alternating Stimulus (RAN/RAS) technique is successfully used by many psychologists to predict the risk of dyslexia, because it has a clear linguistic component and requires visual-verbal connections (Denckla & Rudel, 1976). Meanwhile, recent research has shown slow naming speed to be an effective indicator of vulnerability to neurocognitive problems in learning and information processing in general; that is, naming speed is sensitive to various learning dis-

abilities (LD), not only to reading disabilities (Waber, Wolff, Forbes & Weiler, 2000; Waber, 2011). There are two propositions explaining this effect. Slow naming speed may be caused by a deficit of executive functions (Denckla & Cutting, 1999) or by problems with automatization; in other words, there is a problem transitioning from an energy-consuming controlled task to less energy-intensive automatic actions (Waber, 2011). The second proposition related to sufficiency of energy resources is in line with the concept of brain state regulation as a function of the first (energetic) unit of the brain (Luria, 1973). According

to Alexander Luria's seminal conceptualization of functional organization of the brain, there are three principal functional units in the brain. The *first unit* includes the brain stem and primitive cortex. This unit provides an optimal level of activation of other brain structures through a double reciprocal relationship with the cortex, influencing its tone and experiencing its regulatory influence itself. The *second unit* occupies the posterior regions of the cortex; its function is reception, analysis and the storage of information. The *third unit* includes the frontal lobes. This unit is involved in the programming, regulating and verification of human actions (executive functions). The concerted participation of all three units is necessary for any mental activity (Luria, 1970 and 1973).

The role of deficits in brain state regulation in the mechanism of ADHD and learning disabilities is increasingly discussed in the literature (Sergeant, 2005; Van der Meere, 2005; Sonuga-Barke, Wiersema, van der Meere, & Roeyers, 2010), and it has been shown that there are two variants of poor activation control: hyperactivity-impulsivity and slowness-fatigue (Agris, Akhutina, & Korneev, 2014; Akhutina, Korneev, Matveeva, & Agris, 2015). The first variant is close to the combined type of ADHD, and the second variant is close to ADD without hyperactivity or the syndrome of sluggish cognitive tempo (Brown, 2005; Sergeant, 2005; van der Meere, 2005; Nigg, 2005; McBurnet, Pfiffner, & Frick, 2001; Becker & Langberg, 2014; Barkley, 2014). However, the role of weak energetic functions in poor RAN/RAS performance has not been discussed in the literature. The aim of our study is to show that poor brain state regulation can influence RAN/RAS performance, and to analyze the differentiated influence of the variants of the first brain unit weakness on performing the RAN/RAS technique.

## Method

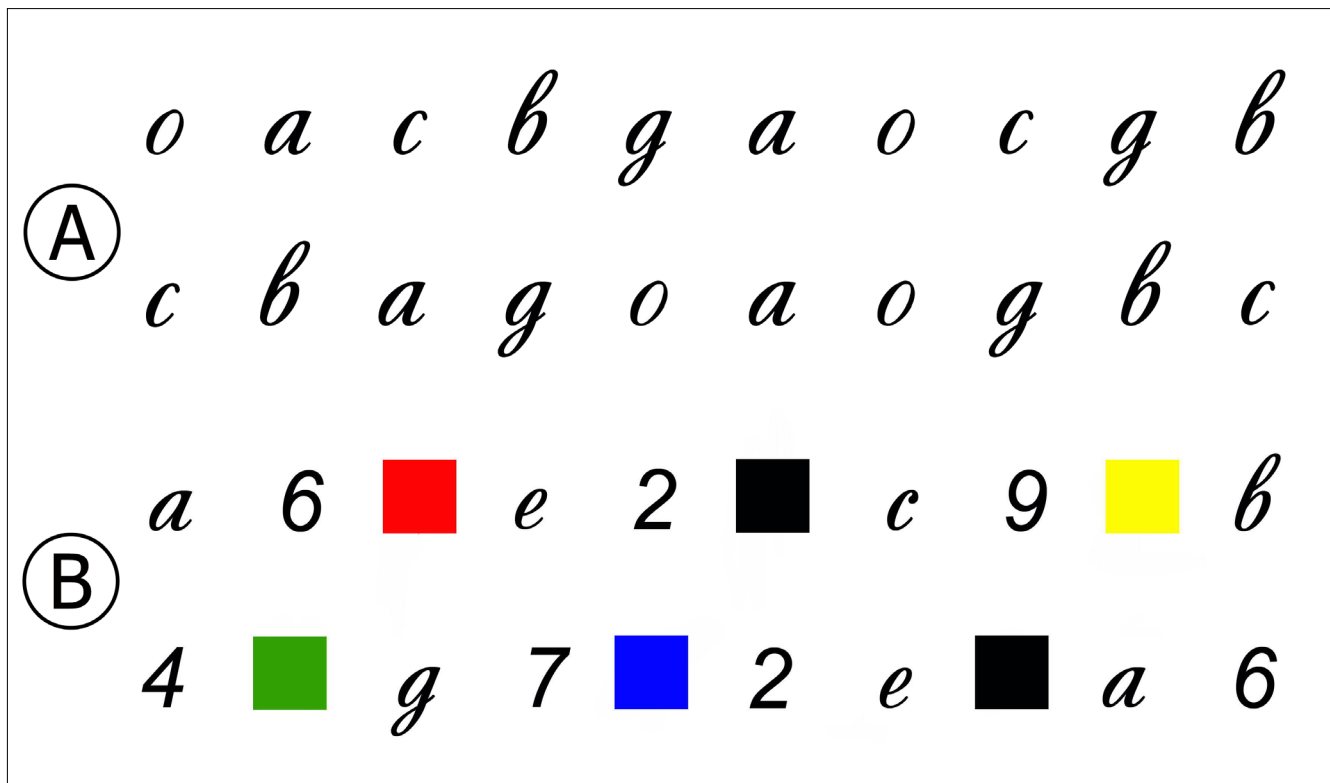
### Participants

Ninety-nine primary school children from Moscow schools participated in the study. Fifty-six children were examined twice while studying in the first and second grades. Twenty-five children were only examined in first grade and eighteen were examined only in second grade.

### Procedure

Each participant passed a full Lurian neuropsychological battery of tests for children aged between 5 and 9 years old (Akhutina et al., 2013) and was examined using the RAN/RAS technique. The full RAN/RAS technique consists of six subtests, each presented on a separate sheet. Each subtest has five different stimuli of randomly alternated objects, for a total of 50 stimuli per sheet (see Fig. 1). The RAN stimuli include objects, colors; digits; letters; the RAS stimuli include alternating letters and digits; and alternating letters, digits and colors. Before each subtest, the child performed training tasks by naming five elements of a series (shown randomly). Once the examiner was confident in the child's correct naming, he asked the child to name all of the stimuli one by one as quickly as possible and without errors. The time of execution and number of mistakes are registered.

During the assessment and traditional analysis of performance tests, behavior patterns reflecting brain state regulation levels were recorded. Behavioral symptoms included slow tempo, fatigue, hyperactivity, impulsivity and perseverative behavior (see details in Akhutina et al., 2015). Factor analysis of the five listed measures allowed us to extract two factors explaining 78% of the variance.



**Figure 1.** Sample stimuli from a Rapid Automatized Naming (RAN) subtest with Cyrillic letters (A) and Rapid Alternating Stimulus (RAS) subtest with alternating letters, digits and colors (B).



**Table 1.** Results of neuropsychological assessment of the first and third unit functions

Group	Index of hyperactivity average (std. dev.)		Index of slow tempo average (std. dev.)		Programming and control index average (std. dev.)		Serial organization index average (std. dev.)	
	1 grade	2 grade	1 grade	2 grade	1 grade	2 grade	1 grade	2 grade
N	-0.62 (0.88)	-0.57 (0.94)	-1.05 (1.70)	-1.16 (1.63)	-1.12 (2.96)	-1.03 (2.88)	-0.34 (2.39)	-0.39 (2.43)
H	3.35 (1.05)	3.57 (1.22)	0.03 (1.70)	0.44 (1.94)	3.95 (5.40)	3.38 (5.46)	1.42 (3.22)	1.14 (3.62)
S	0.01 (1.67)	0.14 (1.64)	3.84 (1.03)	3.87 (1.06)	1.80 (3.52)	1.72 (3.64)	0.32 (3.80)	0.49 (3.88)

**Table 2.** Execution time (in seconds) and number of mistakes in three groups of children

Subtest	Group	Execution time average (std. dev.)		Number of mistakes average (std. dev.)	
		1 grade	2 grade	1 grade	2 grade
Objects	N	52.7 (7.4)	47.5 (8.2)	2.9 (1.7)	2.5 (1.6)
	H	57.4 (10.4)	51.1 (14.8)	3.9 (2.4)	2.6 (1.3)
	S	59.7 (11.8)	55.2 (8.2)	3.6 (3.9)	3.5 (3.8)
Colors	N	52.0 (10.3)	45.9 (10.4)	2.4 (1.7)	2.8 (2.1)
	H	61.6 (21.9)	48.7 (11.0)	2.8 (1.6)	2.4 (1.8)
	S	55.8 (15.5)	51.9 (13.2)	2.1 (1.5)	2.3 (1.6)
Digits	N	35.1 (8.3)	28.6 (6.4)	1.4 (1.4)	1.1 (0.9)
	H	36.2 (8.7)	28.4 (9.9)	1.3 (1.0)	1.5 (1.1)
	S	34.7 (7.3)	27.9 (6.2)	0.8 (1.0)	1.2 (1.7)
Letters	N	32.4 (9.6)	26.7 (5.0)	2.4 (3.3)	2.0 (1.9)
	H	33.5 (7.5)	27.0 (4.9)	2.9 (4.0)	3.0 (2.0)
	S	32.3 (6.3)	30.3 (6.5)	1.5 (1.4)	2.3 (2.3)
Letters and digits	N	41.0 (11.8)	31.4 (6.6)	2.9 (2.4)	2.5 (2.0)
	H	42.0 (10.9)	27.1 (4.5)	2.7 (1.5)	1.8 (1.0)
	S	38.9 (7.5)	34.0 (3.3)	2.2 (2.2)	2.2 (1.6)
Letters, digits and colors	N	44.5 (12.8)	34.6 (6.7)	3.0 (2.3)	2.5 (2.2)
	H	49.8 (15.9)	31.3 (5.1)	4.2 (3.2)	2.1 (1.5)
	S	44.3 (8.9)	35.7 (5.0)	2.8 (2.6)	2.5 (2.1)

**The higher the index, the worse the state of higher mental functions.**

The first factor has high factor loadings on slowness, fatigue and perseveration, while the second factor has high loadings on hyperactivity and impulsivity. Based on the results, we calculated two indices: (1) index of slow tempo, which includes parameters of slowness, fatigue and perseveration, and (2) index of hyperactivity, which includes parameters of hyperactivity and impulsivity. On the basis of these indices we identified three groups of children: (a) Group N included children with good regulation of activation, and neither index exceeded the sample average by more than 0.5 of the standard deviation; (b) Group H children showed severe symptoms of hyperactivity; (c) Group S children had slow cognitive tempo. In both the H and S groups, indexes of hyperactivity or slow tempo exceeded the average in the whole sample by more than 0.5 of the standard deviation and were higher than the other index. Group N included 49 children in first grade (mean age  $7.8 \pm 0.41$  y.o.) and 52 children in second grade ( $8.8 \pm 0.4$  y.o.); Group H included 12 first graders ( $7.4 \pm 0.43$ ) and 8 second graders ( $8.9 \pm 0.4$ ); Group S included 15 first graders ( $7.7 \pm 0.27$ ) and 14 second graders ( $8.7 \pm 0.35$ ).

The results of the neuropsychological assessment also allowed us to evaluate the third brain unit state: programming and control index (executive function index) and serial organization index.

## Results

The results of the neuropsychological assessment showed that the first and second grades' H and S groups were similar in severity of the first unit symptoms. Executive function was worst in the H group, while the S group was between the H and N groups. The same hierarchy of severity was found in serial organization functions in the three groups, but the symptoms of weakness of serial organization functions were not very severe (see Table 1).

The results of RAN/RAS tests are presented in Table 2.

A repeated measures ANOVA was performed with within-group factor SUBTEST and between-group factor GROUP. A significant effect of factor SUBTEST was found on the **time parameter** in first grade children ( $F(5, 330) = 109.3, p < .001, \eta^2 = .623$ ). This implies that changes in execution time from subtest to subtest were

significant. The longest execution times were required for the first two subtests, “Objects” and “Colors”, followed by the subtests “Letters, digits and colors” and “Letters and digits”, and the shortest times of execution were observed in subtests “Digits” and “Letters”. The influence of interaction GROUP  $\times$  SUBTEST was significant, but small ( $F(10, 330) = 2.1, p = .021, \eta^2 = .061$ ). The differences between the groups in the different subtests varied: they were minimal in the subtests “Digits”, “Letters” and “Letters and digits”; in the first two subtests “Objects” and “Colors”, the two groups with the first brain unit weakness were slower, and in the last subtest “Letters, digits and colors” the H group was slow. In second graders, the factor SUBTEST ( $F(5, 310) = 149.0, p < .001, \eta^2 = .706$ ) significantly affected the time of execution. The longest times of execution were found in the first two subtests, “Objects” and “Colors”, with the minimum time of execution observed in subtests “Digits” and “Letters”. Slightly more time was required for naming in subtests “Letters and digits” and “Letters, digits and colors”. Also, the influence of interaction GROUP  $\times$  SUBTEST was significant ( $F(10, 310) = 2.8, p = .002, \eta^2 = .083$ ). The differences between groups changed from subtest to subtest: they were minimal in subtests “Digits” and “Letters and digits”. In the first two subtests both groups with weak first unit function were slower, while in the last two subtests children with low tempo were slower, but children with hyperactivity were faster. Post hoc analysis showed significant differences in time between groups N and S in subtest “Objects” in first ( $p = .035$ ) and second ( $p = .022$ ) grades. Groups S and H significantly differed only in second grade in the subtest “Digits and letters” ( $p = .047$ ).

In the first grade, the influence of factor SUBTEST on the **number of mistakes** was significant ( $F(5, 330) = 9.8, p < .001, \eta^2 = .129$ ), so the number of mistakes changed from subtest to subtest. The maximum number of mistakes was observed in the first subtest “Objects” and in the last subtest “Letters, digits and colors”. The lowest number of mistakes was observed in the third subtest, “Digits”. In second grade children, the influence of factor SUBTEST was also significant ( $F(5, 310) = 4.3, p = .001, \eta^2 = .064$ ): the lowest number of mistakes was observed in the third subtest “Digits”, and in other subtests the average number of mistake was similar. The factor GROUP and the interaction between GROUP and SUBTEST factors were not significant, indicating that children from different groups made similar numbers of mistakes.

Analysis of **correlations** showed the presence of significant correlations between the time of execution and neuropsychological indices of the first and third brain units. In the first grade, the following significant correlations were observed: between time of execution and index of slow tempo in the subtest “Objects” ( $r = .361, p = .008$ , hereinafter Bonferroni correction for multiple correlation was used); between time of execution and programming and control index in subtests “Objects” ( $r = .319, p = .028$ ), “Letters and digits” ( $r = .290, p = .064$ ), “Letters, digits and colors” ( $r = .268, p = .068$ ); between time of execution and serial organization index in subtests “Digits” ( $r = .331, p = .024$ ), “Letters, digits and colors” ( $r = .323, p = .028$ ). In the second grade, there was a significant correlation between time of execution and index of slow tempo in the subtest

“Objects” ( $r = .382, p = .008$ ). In the first grade, there was also a significant correlation between number of mistakes in the subtest “Letter and Digits” and Programming and control index ( $r = .424, p < .001$ ) and index of serial organization of movement ( $r = .305, p = .044$ ).

## Discussion

The present study revealed a complex picture of the combined influence of the first brain unit state and executive functions state (including programming and control functions and serial organization functions) on performance of the RAN/RAS technique. It is noteworthy that this effect was different in various subtests. The influence of the SUBTEST and GROUP factor interaction in the first and especially in the second grade is associated with a decrease of **execution speed** in children with a deficit in first brain unit function in the first two and last two (most difficult) subtests. Specifically, the differences manifested between S and N group children in the first subtest. Since the order of subtest presentation was constant, it is impossible to separate the influence of the first sequence number and content of the subtest. Because this subtest is the first in the RAN/RAS technique, the problem of initiating task was most acute here. On the other hand, naming in the subtest “Objects” required inhibition of more words-competitors, similar in sound and meaning, than in subtests with different content, so probably it demands more energy resources. In general, it can be noted that the speed of test execution is associated with the severity of slow cognitive tempo and fatigue rather than with hyperactivity and impulsivity. In the **number of mistakes** made, the three groups with different activation component states appeared indistinguishable. This, in our opinion, may be due either to the relatively small sample or to a large spread of errors. Characteristically, the high standard deviation of the error rate is typical for the group S in the first subtest in both grades (it differs from the group N at the level of  $p < .05$  for the Levene test).

**Correlation analysis** showed that on the timing performance of subtest “Objects” also influenced programming and control functions state, it is clearly revealed at the first-graders. In general, the state of executive functioning was more affected in first graders, and it was more evident in the performance on RAS-subtests: there were correlations between these indices and the number of mistakes. Several researchers have commented about the influence of executive functions on performing the RAN/RAS technique (Kail & Hall, 1994; Denckla & Cutting, 1999; Stringer, Toplak, & Stanovich, 2004), and our data support this view. The different impact of the first brain unit weakness on various subtests, distinguished also depending on the variant of this weakness, requires further experimental study with large samples to confirm (or reject) the hypothesis about RAN/RAS performance depending on the state of regulation of activation. Our results partially support this hypothesis: we obtained data on the effect of slow cognitive tempo on execution times of the first and most difficult subtests. Similar data were obtained by us on the other techniques aimed at assessing the first brain unit state (Akhutina et al., 2015).

As for the impact of hyperactivity, groups H in the first and especially the second grade were very small (12 and 8 people). They showed large fluctuations of success and execution times in the subtests. In the first grade, they were slower than the other groups of children in five of the six subtests; in the second grade, they were the fastest in the RAS-subtests and subtest “Numbers”, and the second-fastest in the other subtests. Additionally, H group children in the first grade made more mistakes than the other children in four subtests, but in the second grade they made more errors in only two subtests. In particular (and against expectations), they made few mistakes in the RAS-subtests. According to the literature, these variations of tempo and success in test performance are typical of children with ADHD who display severe symptoms of hyperactivity-impulsivity and executive function weakness. In the opinion of Sonuga-Barke, the deficit in executive functioning in ADHD is context-sensitive and dynamic, and its manifestations largely depend on motivation (Sonuga-Barke et al., 2010). At the same time Sonuga-Barke and a number of other authors have expressed the opinion that variability in test performance by these children is related to brain state regulation deficits (Sergeant, 2005; van der Meere, 2005; Sonuga-Barke et al., 2010), a suggestion which was also confirmed in our study (Agris, Akhutina, & Korneev, 2014; Akhutina et al., 2015).

## Conclusion

The present study revealed a complex and varied picture of the combined influence of the first brain unit state and executive functions state on RAN/RAS technique performance. More clearly, it showed that first brain unit weakness influences children with slow cognitive tempo: we obtained data about the impact of slowness in execution times of the first and most difficult subtests. Children with hyperactivity showed large fluctuations in success and execution times of the subtests; according to the literature, that is typical of children with ADHD who have severe symptoms of hyperactivity-impulsivity and weak executive functions. Research on the influence of first brain unit weakness on RAN/RAS technique performance will continue.

## References

- Agris, A.R., Akhutina T. V., & Korneev, A.A. (2014a). [Varieties of Unit I functions deficits in children with the risk of learning disabilities. Part 1]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psikhologiya.*, (3), 34–46. (In Russian).
- Agris, A.R., Akhutina T. V., & Korneev, A.A. (2014b). [Varieties of Unit I functions deficits in children with the risk of learning disabilities. Part 2]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psikhologiya.*, (4), 44–55. (In Russian).
- Akhutina, T., Korneev, A., Matveeva, E., & Agris, A. (in press). Age-related changes of higher mental functions in 7-9-years old children with different types of state regulation deficits. *Psychology Journal of Higher School of Economics.*
- Akhutina, T.V., Polonskaya, N.N., Pylaeva, N.M., Maksimenko, M.Y., Yablokova, L.V., Melikian, Z.A., Voronova, M.N., Golovina, O.E., & Zasyapkina, K.V. (2013). *Neiropsikhologicheskoe obsledovanie [Neuropsychological assessment]*. In T.V. Akhutina, & O.B. Inshakova (Eds.), *Neiropsikhologicheskaya diagnostika, obsledovanie pis'ma i chteniya mladshikh shkol'nikov [Neuropsychological diagnostics, assessment of writing and reading in younger schoolchildren]* (pp. 4–65). Moscow: Sfera; V. Sekachev. (In Russian).
- Barkley, R.A. (2014). Sluggish cognitive tempo (concentration deficit disorder?): current status, future directions, and a plea to change the name. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 42(1), 117–125. doi:10.1007/s10802-013-9824-y
- Becker, S.P., & Langberg, J.M. (2014). Attention-deficit/hyperactivity disorder and sluggish cognitive tempo dimensions in relation to executive functioning in adolescents with ADHD. *Child Psychiatry & Human Development*, 45(1), 1–11. doi:10.1007/s10578-013-0372-z
- Brown, T.E. (2006). *Attention deficit disorder: The unfocused mind in children and adults*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Denckla, M.B., & Cutting, L.E. (1999). History and significance of rapid automatized naming. *Annals of Dyslexia*, 49(1), 29–42. doi:10.1007/s11881-999-0018-9
- Denckla, M.B., & Rudel, R.G. (1976). Rapid “automatized” naming (RAN): Dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*, 14(4), 471–479. doi:10.1016/0028-3932(76)90075-0
- Kail, R., & Hall, L.K. (1994). Processing speed, naming speed, and reading. *Developmental Psychology*, 30(6), 949–954. doi:10.1037/0012-1649.30.6.949
- Luria, A.R. (1970). The functional organization of the brain. *Scientific American*, 222(3), 66–78. doi:10.1038/scientificamerican0370-66
- Luria, A.R. (1973). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. New York: Basic Books.
- McBurnett, K., Pfiffner, L.J., & Frick, P.J. (2001). Symptom properties as a function of ADHD type: An argument for continued study of sluggish cognitive tempo. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 29(3), 207–213. doi:10.1023/A:1010377530749
- van der Meere, J. (2005). State regulation and attention deficit hyperactivity disorder. In D. Gozal, & D.L. Molfese (Eds.), *Attention Deficit Hyperactivity Disorder: From genes to patients* (pp. 413–433). Totowa, NJ: Humana Press. doi:10.1385/1-59259-891-9:413
- Nigg, J.T. (2005). Neuropsychologic theory and findings in attention-deficit/hyperactivity disorder: the state of the field and salient challenges for the coming decade. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1424–1435. doi:10.1016/j.biopsych.2004.11.011
- Norton, E.S., & Wolf, M. (2012). Rapid automatized naming (RAN) and reading fluency: Implications for understanding and treatment of reading disabilities. *Annual Review of Psychology*, 63, 427–452. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100431
- Sergeant, J.A. (2005). Modeling attention-deficit/hyperactivity disorder: a critical appraisal of the cognitive-energetic model. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1248–1255. doi:10.1016/j.biopsych.2004.09.010
- Sonuga-Barke, E.J., Wiersma, J.R., van der Meere, J.J., & Roeyers, H. (2010). Context-dependent dynamic processes in attention deficit/hyperactivity disorder: differentiating common and unique effects of state regulation deficits and delay aversion. *Neuropsychology Review*, 20(1), 86–102. doi:10.1007/s11065-009-9115-0
- Stringer, R.W., Toplak, M.E., & Stanovich, K.E. (2004). Differential relationships between RAN performance, behaviour ratings, and executive function measures: Searching for a double dissociation. *Reading and Writing*, 17(9), 891–914. doi:10.1007/s11145-004-2770-x
- Waber, D.P. (2010). *Rethinking learning disabilities: Understanding children who struggle in school*. N.Y.: Guilford Press.
- Waber, D.P., Wolff, P.H., Forbes, P.W., & Weiler, M.D. (2000). Rapid automatized naming in children referred for evaluation of heterogeneous learning problems: how specific are naming speed deficits to reading disability? *Child Neuropsychology*, 6(4), 251–261. doi:10.1076/chin.6.4.251.3137

**■ спецвыпуск**

# Регуляция активации мозга и выполнение методики RAN / RAS младшими школьниками

**Елена Александровна Пронина**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Алексей Андреевич Корнеев**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Татьяна Васильевна Ахутина**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Аннотация.** В работе анализируется взаимосвязь состояния функций регуляции активации мозга (функций I — энергетического — блока мозга, по А.Р. Лурия) и показателей выполнения методики RAN/RAS (*Rapid Automatized Naming and Rapid Alternating Stimulus Tests*). В исследовании участвовали три группы испытуемых: дети с хорошей регуляцией активации ( $n = 101$ ) и две группы детей с плохой регуляцией активации: дети с замедленным когнитивным темпом и быстрой утомляемостью ( $n = 29$ ) и дети с гиперактивностью — импульсивностью ( $n = 20$ ). Все дети прошли полное нейропсихологическое исследование по батарее тестов А.Р. Лурия, адаптированной для детей 5–9 лет (Ахутина и др., 2013), и выполнили тесты на быстрое автоматическое называние слов из одной категории (RAN) и называние слов из двух или трех категорий (RAS). Проведенное исследование обнаружило сложную и пеструю картину связей выполнения методики RAN/RAS с состоянием функций энергетического блока и управляющих функций. Более отчетливо влияние слабости I блока мозга проявилось у детей с медленным когнитивным темпом: получены данные о влиянии замедленности на время выполнения первого субтеста «Объекты» и RAS-субтестов. Дети с гиперактивностью обнаружили большие колебания успешности и времени выполнения проб, что, по данным литературы, характерно для детей с СДВГ с выраженными проявлениями гиперактивности-импульсивности и слабости управляющих функций.

**Контактная информация:** Елена Александровна Пронина, [proninus1@gmail.com](mailto:proninus1@gmail.com), 125009 Москва, Россия, Моховая ул. 11-9; Алексей Андреевич Корнеев, [korneeff@gmail.com](mailto:korneeff@gmail.com); Татьяна Васильевна Ахутина, [akhutina@mail.ru](mailto:akhutina@mail.ru)

**Ключевые слова:** детская нейропсихология, регуляции активации мозга, I блок мозга, А.Р. Лурия, гиперактивность, импульсивность, замедленный когнитивный темп, утомляемость, RAN/RAS

© 2015 Елена Александровна Пронина, Алексей Андреевич Корнеев, Татьяна Васильевна Ахутина. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(Атрибуция\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Статья поступила в редакцию 10 августа 2015 г. Принята в печать 27 сентября 2015 г.



## Литература

- Аgris A.P., Ахутина Т. В., Корнеев А.А.* Варианты дефицита функций I блока мозга у детей с трудностями обучения (начало) // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2014. № 3. С. 34–46.
- Аgris A.P., Ахутина Т.В., Корнеев А.А.* Варианты дефицита функций I блока мозга у детей с трудностями обучения (окончание) // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2014. № 4. С. 44–55.
- Ахутина Т.В., Полонская Н.Н., Пылаева Н.М., Максименко М.Ю., Яблокова Л.В., Меликян З.А., Воронова М.Н., Головина О.Е., Засыпкина К.В.* Нейропсихологическое обследование // Нейропсихологическая диагностика, обследование письма и чтения младших школьников / Под ред. Т.В. Ахутиной, О.Б. Иншаковой. Москва: Сфера; В. Секачев, 2013. С. 4–65.
- Лурия А.Р.* Основы нейропсихологии. М.: Изд-во МГУ, 1973.
- Akhutina T., Korneev A., Matveeva E., Agris A.* Age-related changes of higher mental functions in 7–9-years old children with different types of state regulation deficits // Psychology. Journal of Higher School of Economics. In press.
- Barkley R.A.* Sluggish cognitive tempo (concentration deficit disorder?): current status, future directions, and a plea to change the name // Journal of Abnormal Child Psychology. 2014. Vol. 42. No. 1. P. 117–125. doi:10.1007/s10802-013-9824-y
- Becker S.P., Langberg J.M.* Attention-deficit/hyperactivity disorder and sluggish cognitive tempo dimensions in relation to executive functioning in adolescents with ADHD // Child Psychiatry & Human Development. 2014. Vol. 45. No. 1. P. 1–11. doi:10.1007/s10578-013-0372-z
- Brown T.E.* Attention deficit disorder: The unfocused mind in children and adults. New Haven, CT: Yale University Press, 2006.
- Denckla M.B., Cutting L.E.* History and significance of rapid automatized naming // Annals of Dyslexia. 1999. Vol. 49. No. 1. P. 29–42. doi:10.1007/s11881-999-0018-9
- Denckla M.B., Rudel R.G.* Rapid “automatized” naming (RAN): Dyslexia differentiated from other learning disabilities // Neuropsychologia. 1976. Vol. 14. No. 4. P. 471–479. doi:10.1016/0028-3932(76)90075-0
- Kail R., Hall L.K.* Processing speed, naming speed, and reading // Developmental Psychology. 1994. Vol. 30. No. 6. P. 949–954. doi:10.1037/0012-1649.30.6.949
- Luria A.R.* The functional organization of the brain // Scientific American. 1970. Vol. 222. No. 3. P. 66–78. doi:10.1038/scientificamerican0370-66
- McBurnett K., Pfiffner L.J., Frick P.J.* Symptom properties as a function of ADHD type: An argument for continued study of sluggish cognitive tempo // Journal of Abnormal Child Psychology. 2001. Vol. 29. No. 3. P. 207–213. doi:10.1023/A:1010377530749
- van der Meere J.* State regulation and attention deficit hyperactivity disorder // Attention Deficit Hyperactivity Disorder: From genes to patients / D. Gozal, D.L. Molfese (Eds.). Totowa, NJ: Humana Press, 2005. P. 413–433. doi:10.1385/1-59259-891-9:413
- Nigg J.T.* Neuropsychologic theory and findings in attention-deficit/hyperactivity disorder: the state of the field and salient challenges for the coming decade // Biological Psychiatry. 2005. Vol. 57. No. 11. P. 1424–1435. doi:10.1016/j.biopsych.2004.11.011
- Norton E.S., Wolf M.* Rapid automatized naming (RAN) and reading fluency: Implications for understanding and treatment of reading disabilities // Annual Review of Psychology. 2012. Vol. 63. P. 427–452. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100431
- Sergeant J.A.* Modeling attention-deficit/hyperactivity disorder: a critical appraisal of the cognitive-energetic model // Biological Psychiatry. 2005. Vol. 57. No. 11. P. 1248–1255. doi:10.1016/j.biopsych.2004.09.010
- Sonuga-Barke E.J., Wiersma J.R., van der Meere J.J., Roeyers H.* Context-dependent dynamic processes in attention deficit/hyperactivity disorder: differentiating common and unique effects of state regulation deficits and delay aversion // Neuropsychology Review. 2010. Vol. 20. No. 1. P. 86–102. doi:10.1007/s11065-009-9115-0
- Stringer R.W., Toplak M.E., Stanovich K.E.* Differential relationships between RAN performance, behaviour ratings, and executive function measures: Searching for a double dissociation // Reading and Writing. 2004. Vol. 17. No. 9. P. 891–914. doi:10.1007/s11145-004-2770-x
- Waber D.P.* Rethinking learning disabilities: Understanding children who struggle in school. N.Y.: Guilford Press, 2010.
- Waber D.P., Wolff P.H., Forbes P.W., Weiler M.D.* Rapid automatized naming in children referred for evaluation of heterogeneous learning problems: how specific are naming speed deficits to reading disability? // Child Neuropsychology. 2000. Vol. 6. No. 4. P. 251–261. doi:10.1076/chin.6.4.251.3137



# Changes in Cognitive Abilities of Laboratory Mice as a Result of Artificial Selection

**Olga V. Perepelkina**

Lomonosov Moscow State University, Biology Department, Moscow, Russia

**Irina G. Lilp**

Lomonosov Moscow State University, Biology Department, Moscow, Russia

**Aleksandra Yu. Tarasova**

Lomonosov Moscow State University, Biology Department, Moscow, Russia

**Vasilisa A. Golibrodo**

Lomonosov Moscow State University, Biology Department, Moscow, Russia

**Inga I. Poletaeva**

Lomonosov Moscow State University, Biology Department, Moscow, Russia

**Abstract.** Two selection experiments with mice are in progress in the laboratory: one for large and small relative brain weights (LB and SB lines) and another for success in cognitive task solutions. Data are presented on the cognitive abilities of these animals during the solution of two tasks which are based on food (extrapolation of the direction of food stimulus movement as the food disappears from view) and aversive motivations (avoidance of the brightly lit part of a box or puzzle-box), respectively. LB mice scored higher in comparison to SB mice in both tasks, while mice selected for the high scores of the extrapolation test were more successful in the puzzle-box solution only.

**Correspondence:** Olga V. Perepelkina, [o\\_perepel73@mail.ru](mailto:o_perepel73@mail.ru), Lomonosov Moscow State University, Department of Biology, GSP-1, Vorob'evy Gory 1, corp. 12, 119234 Moscow, Russia; Irina G. Lilp, [lilp@mail.ru](mailto:lilp@mail.ru); Aleksandra Yu. Tarasova, [odrima@yandex.ru](mailto:odrima@yandex.ru); Vasilisa A. Golibrodo, [vasilisa2006@gmail.com](mailto:vasilisa2006@gmail.com); Inga I. Poletaeva, [ingapoletaeva@mail.ru](mailto:ingapoletaeva@mail.ru)

**Keywords:** selection, brain weight, extrapolation, puzzle box, cognitive abilities, mouse

**Copyright** © 2015. Olga V. Perepelkina, Irina G. Lilp, Aleksandra Yu. Tarasova, Vasilisa A. Golibrodo, Inga I. Poletaeva. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

**Acknowledgments.** This work was partly supported by RFBR Grant # 04–13–00747

Received 8 August 2015, accepted 25 September 2015.

This work was performed in accordance with the EC 2010 Declaration on Biological Ethics.

## Introduction

Two selection experiments with mice are in progress at our laboratory: (1) the selection for high and low relative brain weight (LB and SB lines) (Perepelkina, Golibrodo, Lilp, & Poletaeva, 2013), and (2) selection for the ability to solve

an extrapolation task (extrapolation of the food stimulus movement) (Perepelkina, Golibrodo, Lilp, & Poletaeva, 2015) — line EX and control population CoEX.

Brain weight is traditionally used as an index of brain development, revealing not only interspecies but intraspecies variability. Relative brain weight scores

are regarded as the index of brain complexity along the evolutionary scale. This could mean that the search for brain-behavior causal relationships, namely brain size and the size of definite brain structures, is a promising method for the investigation of animals' elementary cognitive abilities and for analysis of the biological prerequisites of human cognitive capacities (Poletaeva & Zorina, 2014).

Cognitive processes in animals have been investigated intensely, although many aspects of their neurogenetics are not clear. It is possible that the investigation of behavior in mice selected for high scores on an elementary logic task solution (namely, an extrapolation task) could reveal new information along this line of research. In our work, "cognitive abilities" implies the capacity of an animal to understand the most simple empirical laws which connect objects and events in the external world (Krushinsky, 1990). L.V. Krushinsky, who first coined the term "animal elementary reasoning", introduced several respective tests into laboratory practice. The ability of an animal to extrapolate the direction of movement of a food stimulus, which subsequently disappeared from the animal's view, was among them and was the most simple test. In this task, an animal has to grasp (i.e., to apprehend the law of object permanence and the law of movement) that an object which has started to move, continues its movement even though it is not seen any more.

A much earlier attempt to select rats for their ability to solve extrapolation tasks was made by Krushinsky and his team (1975), wherein they found a drastic increase in animals' anxiety and fear in the experimental box. After only three generations of selection, it became obvious that the selected animals were so fearful that it was not possible to perform the tests. Keeping in mind this experience, the present mouse selection experiment for high extrapolation scores was performed using the concomitant selection against fear reactions during the extrapolation test presentation.

In this paper, data are presented for the ability of mice to solve two cognitive tasks. The first was an extrapolation test in which hungry and thirsty mice face a small cup of milk which shifts to the left or to the right as soon as the mouse starts to drink, and then disappears from view. The second task (named by the authors the "puzzle-box"; Ben Abdallah et al., 2011) implies the ability of an animal to find the escape route to the darker part of a box, despite this underpass being masked in various ways. The choice of this test for the present investigation was determined by the fact that previous learning (memorizing the position of the underpass) could not be of use if the animal does not see the underpass anymore (as it is hidden) and thus the solution requires the necessity of an animal to understand the "object permanence" rule. Thus, the puzzle-box test is partly related to the extrapolation test by the basic logic of the task. The animals used in the experiments described below belong to two pairs of lines, as mentioned above: LB and SB pairs, and EX-CoEX pairs.

## Material and Method

### Selection for Large and Small Relative Brain Weight (LB and SB Lines)

Three experiments in which mice were selected for this trait were done in the laboratory during recent decades. Two of these selections started using a heterogeneous population: hybrids of A/HeSto, BALB/cJLacSto, CBA/CaLacSto, C3H/HeSto, C57BL/6JSto, and CC57BR/MvRa inbred strains, while the third experiment started from a F2 hybrid LB × SB population. Half of the mice from a given litter were sacrificed at the age of 60–70 days, and the values of their brain and body weights were used to check the deviation of given litter scores from the regression curve. If these values fell above (for LB) or below (for SB) the confidence interval of the regression curve for the line, the other half of those litter members were bred to generate a subsequent generation. After the F23 of the third experiment, the selection *per se* was stopped and mice of both lines (LB and SB) were bred randomly inside each line (Perepelkina et al., 2013). The brain-body weight scores for this experiment are presented in Table 1. In all three selections, the significant changes in relative brain weight occurred at F3–F4, with the difference being about 15 percent.

### Selection of Mice for Extrapolation Ability (EX and CoEX lines)

Mice of line EX were bred from the F2–F4 hybrid population between the LB and SB lines. The control population (CoEX) was maintained by random breeding. Two criteria for selection were used: (1) the correct extrapolation task solution at the first task presentation and correct solutions (five or six out of six presentations); the latter criterion was chosen since not many animals demonstrated these scores, while four correct choices was the value of the mean population score; and (2) the animals were rejected from selection if they demonstrated anxiety behavior during task performance. The signs of mouse anxiety were: display of the chaotic run in the experimental box and "refusals" to solve the task due to apparent fear of the test environment. Animals were not taken for breeding if they approached the food but were not eager to search for the food bait after it disappeared from view. This means that the most fearful and anxious animals were excluded from breeding.

### Extrapolation Test

Mice were deprived of food and water for 18 hours and placed in a special box, in which they began to drink milk from the central opening (see Figure 1a). After a few seconds, the experimenter shifted the milk cup to the left or to the right and put it close to one of the side openings from which it was possible to drink. The correct task solution was an approach to the side opening where the milk was. The control milk cup was displaced in the opposite direction, invisible to the animal, which served to "balance" the milk olfaction cues. The test was given six times (empirically established optimal number, as at the 6<sup>th</sup> presentation the mouse satisfaction still does not influence task performance). The direction of cup movement alternated in a quasi-random manner. Results were estimated by the percentage of correct solutions by each animal group during

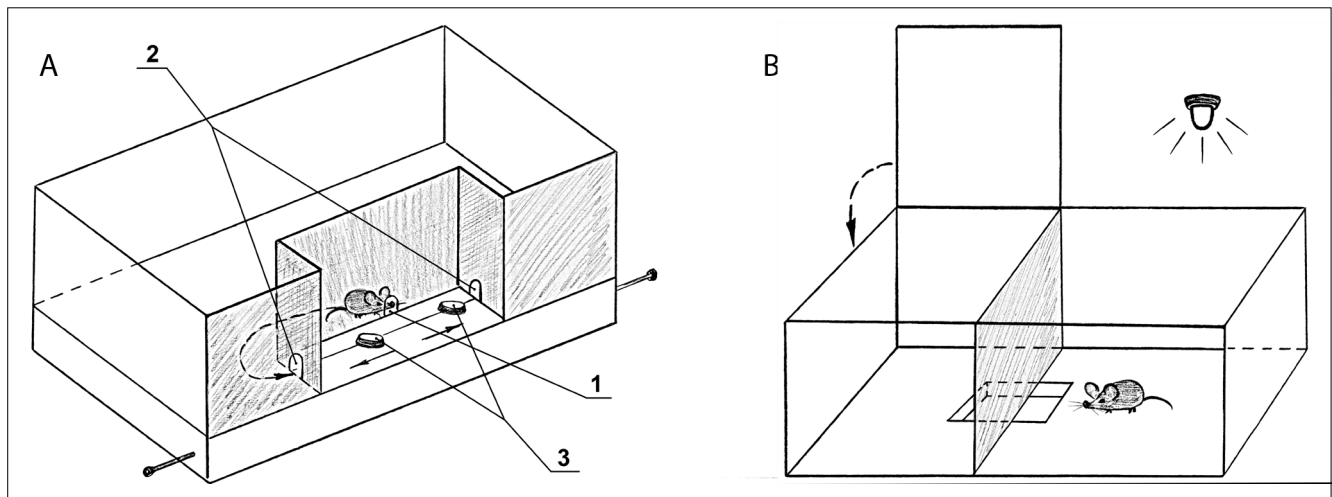
the first task presentation and as the mean percentage of trails 1 through 6. The Fisher test for alternative proportions ( $\phi$ -method) was used to estimate the statistical significance of line score differences from the 50% chance level of performance (see also Poletaeva & Zorina, 2014).

The data for extrapolation ability tests are presented for all animals of a given generation.

### Puzzle-box Test

This test is based on an animal's motivation to escape from a brightly lit area of the box into a dark compartment via a small underpass (1.5 cm deep, 4.5 cm wide) which was

placed in the partition between dark and lit areas at the floor level (see Figure 1b). The test contained eight stages during two days. Four stages took place on the first day. In stages 1 and 2, the underpass was free (unobstructed); in stages 3 and 4, the underpass was covered by wood shavings at the floor level. The next four stages were held on the second day: stage 5 repeated the events of stages 3 and 4, while during stages 6 and 7 the underpass was covered by a light plug (made from plastic and carton), which could be removed by the animal using its paws and teeth. In stage 8, the whole floor of the box wall which contained underpass was covered by wood shavings to a level of 4–5 cm.



**Figure 1.** Schematic drawing of experimental devices. **A:** An extrapolation box (50×23×18 cm) contained central (1) and side (2) openings (10×12 and 10×10 mm), and drinking cups (3) were driven manually using special rods (not shown). Adapted from Poletaeva and Zorina (2014), Figure 4. **B:** The “puzzle box” device, consisting of two compartments, one brightly lit (right, 30×28×27.5 cm) and one dark (left, 14×28×27.5 cm), which were interconnected by an “underpass” (4.5×1.5×11.5 cm). Both devices were made of opaque plastic.

**Table 1.** Brain and body weight values for large brain (LB) and small brain (SB) mice in several selection generations and after the discontinuation of selection

Generation	Line	<i>n</i>	Body weight, g	<i>p</i> ≤	Brain weight, mg	<i>p</i> ≤
F5	LB	54	22.06±0.26	0.99	438±3.66	0.042
	SB	30	22.03±0.34		426.43±4.75	
F10	SB	65	23.96±0.42	0.052	433.9±3.03	0.000
	LB	36	24.68±0.66		472.94±4.23	
F14	LB	51	29.32±0.56	0.04	486.92±5.05	0.0000
	SB	38	26.23±0.71		425.13±3.68	
F17	LB	37	28.03±0.71	0.0051	489.86±5.97	0.00000
	SB	27	23.48±0.73		406.51±3.93	
F19	LB	44	26.3±0.5	0.0003	504.1±5.3	10 <sup>-7</sup>
	SB	36	23.2±0.6		409.3±3.6	
F22	LB	23	21.1±0.5	0.00002	481.9±5.8	10 <sup>-6</sup>
	SB	22	17.3±0.4		400.5±3.5	
F25*	LB	28	28.4±1.1	0.2	490.2±5.9	10 <sup>-7</sup>
	SB	34	28.3±0.8		402.1±3.9	
F26–27*	LB	12	30.0±0.7	0.09	465.2±6.4	10 <sup>-5</sup>
	SB	16	28.5±0.5		414.4±4.5	
F28*	LB	11	29.7±1.2	0.6	485.8±11.6	10 <sup>-6</sup>
	SB	17	29.9±0.7		391.7±3.2	
F31*	LB	27	29.96±0.50	0.4	473.7±5.5	10 <sup>-6</sup>
	SB	21	30.6±0.6		420.3±6.2	

\* brain and body weight scores in generations when selection protocol was not used

**Table 2.** The proportions of EX and CoEX mice which solved the puzzle-box test at the stages of “plug” in at least one of two “plug” presentations; *n* — number of animals

Generation	EX		CoEX	
	<i>n</i>	proportion in %	<i>n</i>	proportion in %
F9	42	76.2 ***	39	28.2
F10	19	100 ***	15	46.7
F11	43	68.2 *	29	41.4
F12	36	91.7 ***	34	26.4

\*, \*\*\* significantly different from CoEX score;  $p < .05$  and  $p < .001$ , respectively (Fisher  $\phi$ -test)

The success of task solutions was estimated by the time (latency) required for an animal to enter the dark compartment. In case an animal failed to solve the task, the respective time scores were ascribed as 180 seconds for stages 1 through 5 and 8, and 240 seconds for stages 6 and 7 (the stages with the “plug”). The proportion of animals which were able to solve the most difficult test stages (“plug” stages) was also evaluated. Stages 3 through 8 were those which had the cognitive component, as the animal should be able to understand the object permanence rule (Zucca, Milos, & Vallortigara, 2007). The statistical significance of latency differences was tested using ANOVA with LSD Fisher post hoc analysis, while for differences in respective proportions of individuals which solved the “plug” stages, the Fisher  $\phi$ -method was used.

## Results

### Extrapolation Task Solution in LB and SB Mice

The proportion of correct test solutions for the first selection and for presentations 1 through 6 in the LB line was significantly above the 50% chance level in several selection generations (F8, F9, F12 and F19 of the second selection; F11, F14 and F19 of the third selection). At the same time, the prevalence of correct task solutions in the SB line was found in F9 and F12 of the second selection only.

After the selection process was stopped, the prevalence of correct solutions in LB mice was preserved and these mice solved the test at a significantly non-random level in F27 and F31. Thus, in spite of a generally low level of extrapolation ability in laboratory mice (Poletaeva & Zorina, 2014), our data demonstrated that mice of the LB line are superior in this respect over the SB line.

### Extrapolation Task Solution in EX and CoEX Mice

In F3 through F12 (with the exception of F8), the EX mice extrapolation performance in the first task presentation was above the chance level. However, in CoEX F4 through F6, F9, and F11 through F13, this score was also above the chance level. In F10 only the proportion of correct task solutions in EX mice was significantly different from that of CoEX mice (64% and 54%, respectively;  $p < .001$ ). It is worth mentioning that in the course of selection, sex differences in task success were revealed. Thus the selection for such a complex trait as the ability to solve the cognitive task did not increase the capacity to solve it, while the dem-

onstrated sex differences could also have an impact on this phenomenon. Several non-mutually exclusive explanations could be suggested (see Discussion below).

### Puzzle-box Test

LB and SB lines of mice were tested in the puzzle box in F31 (the 8<sup>th</sup> generation after the selection protocol stopped). LB mice latencies were significantly shorter during stages 3 through 5 and 8, compared to SB mice, meaning that LB mice solved the task more successfully than SB mice. The times for solutions to stages 6 and 7 (when there was a “plug” in the underpass) were not significantly shorter in LB than in SB mice. LB mice latencies were long enough, but the proportion of mice which “mastered” this stage was much higher in the LB line: not a single SB mouse solved the “plug” stages, while one half of LB mice did so (although with longer latencies).

All generations of mice of the EX line (F9–F12) were more successful in puzzle-box solutions. Specifically, the latency values in the “cognitive” stages of this test were significantly lower than those of the CoEX controls. The proportions of mice which were able to solve the “plug” stages of this test were also higher in the EX line in comparison to the CoEX line (see Table 2).

## Discussion

Differences in cognitive task solutions were demonstrated in mice during two independent selection experiments in which the traits for selection belonged to discrete domains: brain morphology (LB and SB lines) and complicated behavioral traits (EX and CoEX). The cognitive tests used in our experiments — the extrapolation test and the puzzle-box test — both imply the use of elementary logic operations. The puzzle-box test suggests that an animal is able to use the object permanence rule (Zucca et al., 2007). Both the LB and SB lines demonstrated a concordance of differences in the capacity to solve these two tests. LB mice were superior in both tasks.

There was another pattern of differences between the EX-CoEX pair of lines. The prevalence of EX mice was obvious only for puzzle box scores. The extrapolation test is more complicated in its structure than the puzzle box test, as it requires: (1) the formation of effective short-term memory traces (remembering the direction of food movement), (2) the ability to understand that the food stimulus which started the movement continues this movement on an invisible trajectory, (3) an understanding that the object which disappeared from view still exists (object permanence rule), and (4) performance

of the instrumental skill: to move to the respective side opening in order to obtain the food. Thus, we suggest that the extrapolation task requirements are more difficult and may be (to a certain extent) contradictory for laboratory mice, and that this could be the reason why there was no direct response to the selection for high extrapolation scores. It could be that genetic elements which underlie this pattern of “requirements” cannot be selected for as the whole complicated trait.

At the same time, the response to selection was obvious in that the puzzle box performance in EX mice improved in comparison to controls. Notably, the relative brain weights in EX line mice measured in F9 and F11 were significantly higher than the values for CoEX mice (Perepelkina et al., 2015). This means that brain weight association with cognitive abilities is not a matter of simple correlation but reflects a causative relationship.

Another important issue in the analysis of mouse cognitive abilities is the problem of animal anxiety during the extrapolation test. A low anxiety level was one of two criteria for EX selection, and the anxiety indices of the elevated plus maze test (EPM) for EX mice decreased in initial selection generations. Later, the EX-CoEX difference in EPM scores was not as clear, as significant sex differences emerged (Perepelkina et al., 2015). The relevance of anxiety in laboratory tests is widely discussed as it is important for pharmacology (Enaceur, 2014).

We suggest that success in the extrapolation task, as a manifestation of the animal's cognition, is determined by multiple genetic factors with non-additive interactions. In any case, the existing data demonstrate an association between elevated relative brain weight and a capacity for elementary logic task solutions, as well as the existence of a genetic underpinning of elementary reasoning capacities.

## References

- Ben Abdallah, N.M., Fuss, J., Trusel, M., Galsworthy, M.J., Bobbin, K., Colacicco, G., Deacon, R.M., Riva, M.A., Kellendonk, C., Sprengel, R., Lipp, H., & Gass, P. (2011). The puzzle box as a simple and efficient behavioral test for exploring impairments of general cognition and executive functions in mouse models of schizophrenia. *Experimental Neurology*, 227(1), 42–52. doi:10.1016/j.expneurol.2010.09.008
- Ennaceur, A. (2014). Tests of unconditioned anxiety — Pitfalls and disappointments. *Physiology & Behavior*, 135, 55–71. doi:10.1016/j.physbeh.2014.05.032
- Krushinsky, L.V. (1990). *Experimental studies of elementary reasoning: Evolutionary, physiological and genetic aspects of behavior*. New Delhi: Oxonian Press.
- Krushinsky, L.V., Astaurova, N.B., Kuznetsova, L.M., Ochinskaya, E.I., Poletaeva, I.I., Romanova, L., & Sotskaya, M.N. (1975). Rol' geneticheskikh faktorov v opredelenii sposobnosti k jekstrapoljaciji u zhivotnyh [The role of genotype factors in extrapolation ability determination]. In V.K. Fedorov, & V.V. Ponomarenko (Eds.), *Aktual'nye problemy genetiki povedeniya [Current Problems in Behavior Genetics]* (pp. 98–110). Leningrad: Nauka. (In Russian).
- Perepelkina, O.V., Golibrodo, V.A., Lilp, I.G., & Poletaeva, I.I. (2013). Mice selected for large and small brain weight: The preservation of trait differences after the selection was discontinued. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 4(6A), 32943. doi:10.4236/abb.2013.46A001
- Perepelkina, O.V., Golibrodo, V.A., Lilp, I.G., & Poletaeva, I.I. (2015). Selection of mice for high scores of elementary logical task solution. *Doklady Biological Sciences*, 460(1), 52–56. doi:10.1134/S0012496615010159
- Poletaeva, I.I., & Zorina, Z.A. (2014). A genetic approach to the study of simple cognitive abilities in animals. *The Russian Journal of Cognitive Science*, 1(3), 31–55. Retrieved from <http://cogjournal.org/1/3/pdf/PoletaevaZorinaRJCS2014.pdf>
- Zucca, P., Milos, N., & Vallortigara, G. (2007). Piagetian object permanence and its development in Eurasian jays (*Garrulus glandarius*). *Animal Cognition*, 10(2), 243–258. doi:10.1007/s10071-006-0063-2



**■ спецвыпуск**

# Изменение когнитивных способностей лабораторных мышей в результате искусственного отбора

**Ольга Викторовна Перепелкина**

Кафедра высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Ирина Германовна Лильп**

Кафедра высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Александра Юрьевна Тарасова**

Кафедра высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Василиса Антоновна Голибродо**

Кафедра высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Инга Игоревна Полетаева**

Кафедра высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Аннотация.** В лаборатории физиологии и генетики поведения (биологический ф-т МГУ) проводятся два селекционных эксперимента: искусственный отбор мышей на большой и малый относительный вес мозга и селекция мышей на способность к решению теста на экстраполяцию направления движения пищевого стимула. Анализ поведения животных селектированных линий в двух когнитивных тестах, основанных на пищевой (способность к экстраполяции направления движения пищевой приманки, исчезнувшей из поля зрения) и оборонительной (избегание ярко освещенной части камеры) мотивациях, показал превосходство мышей с большим весом мозга в решении обеих задач, а показатели мышей ЕХ (отбор на высокую способность к экстраполяции) были выше только в тесте на поиск входа в укрытие.

**Контактная информация:** Ольга Викторовна Перепелкина, [o\\_perepel73@mail.ru](mailto:o_perepel73@mail.ru), Ленинские горы, 1 строение 12, биологический факультет МГУ, 119992 Москва Россия; Ирина Германовна Лильп, [lilp@mail.ru](mailto:lilp@mail.ru); Александра Юрьевна Тарасова, [odrima@yandex.ru](mailto:odrima@yandex.ru); Василиса Антоновна Голибродо, [vasilisa2006@gmail.com](mailto:vasilisa2006@gmail.com); Инга Игоревна Полетаева, [ingapoletaeva@mail.ru](mailto:ingapoletaeva@mail.ru)

**Ключевые слова:** селекция, вес мозга, экстраполяция, puzzle-box, когнитивные способности, мышь

© 2015 Ольга Викторовна Перепелкина, Ирина Германовна Лильп, Александра Юрьевна Тарасова, Василиса Антоновна Голибродо, Инга Игоревна Полетаева. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

**Благодарности.** Исследование частично поддержано РФФИ, грант № 04–13–00747.

Статья поступила в редакцию 10 августа 2015 г. Принята в печать 25 сентября 2015 г.

## Литература

Крушинский Л.В., Астаурова Н.Б., Кузнецова Л.М., Очинская Е.И., Поletaева И.И., Романова Л.Г., Сотская М.Н. Роль генетических факторов в определении способности к экстраполяции у животных // Актуальные проблемы генетики поведения / Под ред. В.К. Федорова, В.В. Пономаренко. Л.: Наука, 1975. С. 98–110.

Ben Abdallah N.M., Fuss J., Trusel M., Galsworthy M.J., Bobsin K., Colacicco G., Deacon R.M., Riva M.A., Kellendonk C., Sprengel R., Lipp H., Gass P. The puzzle box as a simple and efficient behavioral test for exploring impairments of general cognition and executive functions in mouse models of schizophrenia // *Experimental Neurology*. 2011. Vol. 227. No.1. P. 42–52. doi:10.1016/j.expneurol.2010.09.008

Ennaceur A. Tests of unconditioned anxiety — Pitfalls and disappointments // *Physiology & Behavior*. 2014. Vol. 135. P. 55–71. doi:10.1016/j.physbeh.2014.05.032

Krushinsky L.V. Experimental studies of elementary reasoning: Evolutionary, physiological and genetic aspects of behavior. New Delhi: Oxonian Press, 1990.

Perepelkina O.V., Golibrodo V.A., Lilp I.G., Poletaeva I.I. Mice selected for large and small brain weight: The preservation of trait differences after the selection was discontinued // *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 2013. Vol. 4. No.6A. P. 32943. doi:10.4236/abb.2013.46A001

Perepelkina O.V., Golibrodo V.A., Lilp I.G., Poletaeva I.I. Selection of mice for high scores of elementary logical task solution // *Doklady Biological Sciences*. 2015. Vol. 460. No.1. P. 52–56. doi:10.1134/S0012496615010159

Poletaeva I.I., Zorina Z.A. A genetic approach to the study of simple cognitive abilities in animals // *The Russian Journal of Cognitive Science*. 2014. Vol. 1. No.3. P. 31–55. URL: <http://cogjournal.org/1/3/pdf/PoletaevaZorinaRJCS2014.pdf>

Zucca P., Milos N., Vallortigara G. Piagetian object permanence and its development in Eurasian jays (*Garrulus glandarius*) // *Animal Cognition*. 2007. Vol. 10. No.2. P. 243–258. doi:10.1007/s10071-006-0063-2

# Preschoolers' Inductive Selectivity as a Function of Implicit and Conceptual Learning

**Alexey A. Kotov**

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

**Tatyana N. Kotova**

Laboratory of Cognitive Research, Russian Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

**Elizaveta V. Vlasova**

Laboratory of Cognitive Research, Russian Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

**Abstract.** From an early age, children rely on contextual information while generalizing information about new objects. It is still uncertain what underlies this inductive selectivity; it may be associative learning, which depends on an object's numbers of features, or conceptual learning, which depends on the features' content. In the first experiment, we varied objects' contextual information and found that preschoolers rely more on contextual features of the object (shape and color of the background) than on spatial ones (location). In the second experiment, we varied the combination of contextual features and showed that, given a lack of information about an object (shape only), children rely on contextual spatial features more than on the object's features. Moreover, they prefer not to rely on contextual information at all if the object's information is modified (same shape but different color). Together, these results indicate the dependence of inductive selectivity on conceptual learning, not only associative learning.

**Correspondence:** Alexey A. Kotov, [al.kotov@gmail.com](mailto:al.kotov@gmail.com), Higher School of Economics, Volgogradsky prospect 46B, 109028 Moscow, Russia ; Tatyana N. Kotova, [tkotova@gmail.com](mailto:tkotova@gmail.com); Elizaveta V. Vlasova, [elizabeth.vlasova@gmail.com](mailto:elizabeth.vlasova@gmail.com)

**Keywords:** inductive selectivity, induction, associative learning, conceptual learning, preschoolers

**Copyright** © 2015. Alexey A. Kotov, Tatyana N. Kotova, Elizaveta V. Vlasova. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

**Acknowledgments.** This study was carried out within The National Research University Higher School of Economics' Academic Fund Program in 2014–2015, Research Grant No. 14-01-0168.

Received 13 May 2015, accepted 29 September 2015.

## Introduction

Many studies in modern cognitive psychology show that both children and adults learn a great deal of contextual information while forming new categories (Macario, 1991; Allen & Brooks, 1991). This effect is known as conceptual flexibility, or inductive selectivity: the effect of memorizing additional information which is not necessary for an ongoing generalization task. This selectivity can speed up the process of category learning. For example, when people learn how to distinguish edible mushrooms from poisonous ones, apart from the shape of the mushroom they also

remember after a while near which trees an edible mushroom is likely to be found, and where they will find poisonous ones. Bearing this contextual information in mind can help people to search for new mushrooms, as contextual information is often recognized early and attention can be adjusted to the appearance of objects with certain characteristics.

The nature of the inductive selectivity effect is still an important topic of discussion. On the one hand, this selectivity may seem to contradict the principle of cognitive economy, which states that not all given information must be learned but only those which are important for category

rization (Gluck & Bower, 1988; Anderson, 1991; Nosofsky, Palmeri, & McKinley, 1994). However, further studies in this area concluded that the inductive selectivity effect actually satisfies the cognitive economy principle, as people apparently use this additional information in later, less convenient situations with more dimensions, thus saving some effort in their future learning (Bott, Hoffman, & Murphy, 2007).

The type of task is one of the factors which initiates inductive selectivity. Adults show less inductive selectivity in a classification task than in an inference task (Yamauchi & Markman, 1998; Hoffman & Rehder, 2010). However, in our previous research we found that the task factor itself is limited to the relevance of new information to the participant's cognitive schemas (Kotov & Dagaev, 2013). Therefore, even when performing the classification task, which, as previously established, does not initiate inductive selectivity, participants will still remember contextual information if it is relevant to their knowledge about categorizing objects. At the same time, there are no data to prove that the influence of the material factor can be canceled by the task factor. Thus, the question as to the ratio of different learning factors in the mechanisms of inductive selectivity remains open.

Preschool-aged children selectively use their semantic knowledge about categories to focus on relevant clues of the induction task. Opfer and Bulloch tested whether young children generalize from the exemplars to the targets on the basis of perceptual or relational similarity. When children had some causal information (parent-child relations), they ignored target-to-exemplar perceptual similarity, but if they did not have causal information they relied on perceptual similarity (Opfer & Bulloch, 2007). Nguyen also found that when 4-year-olds are presented with triads made up of a target (e.g., a reindeer) and test items that matched with respect to taxonomic (e.g., a bear) or script relations (e.g., a Christmas tree), they selectively use taxonomic categories for biological inferences and script categories for situational inferences (Nguyen, 2012).

Revealing and memorizing the regular relations between features of objects and situations during learning can occur both explicitly, when one is aware of the categorization rule and can verbally describe the defining features, and implicitly by associations (Ashby, 1998). If, in the first case, the flexibility of learning is a result of conceptual learning, then, in the second case, this flexibility could be the result of training perceptual attention, or associative learning. Associative learning has some particular qualities: it does not involve speech, it is involuntary, and it begins at birth. The differentiation between these two ways of learning allows us to ask the question: to what degree is conceptual learning and perceptual attention responsible for the conceptual flexibility effect?

As Sloutsky and Fisher showed in their experiment with preschoolers, the mechanisms of perceptual attention are sufficient for the formation of new categories with additional contextual information (Sloutsky & Fisher, 2008). In their experiment, 5-year-old participants were shown two blocks of triads. During the first block, children were told to choose between two test objects (all objects were geometric shapes of circles and triangles) and to select the one which fitted the target object by shape (the first base for categorization). In the second block, the color

of the object was the base for categorization; participants had to choose the test object and match the target by its color. All first-block triads were shown in context 1, and all second-block triads were shown in context 2. The context was set by the color of the background (green/yellow) and by the position of the triads on the screen (upper right/lower left corner). The test triads were ambiguous; both of the two relevant features (shape/color) were available. However, only one context was shown in each trial, and contexts varied between groups.

The authors found a stable relationship between the objects' features and the context. For example, participants preferred the categorization by shape significantly more often when the test ambiguous triad was shown in context 1. As the experiment revealed, the children made those decisions implicitly. These results support Sloutsky and Fisher's theory, which states that associative learning can be the initial way of acquiring new categorization rules and creating context-dependent generalizations for children below 6 years of age. At the same time, they assume that in older children, the execution of this function can be performed by another kind of learning. Altogether, the authors described the role of associative learning in the development of conceptual flexibility as follows: "These findings support the idea that early in development, smart flexible behaviors stem from mundane mechanisms grounded in associative and attentional learning" (Sloutsky, Fisher, 2008, p. 650).

### The Role of Conceptual Learning in Selectivity: Methodological Issues

Some critics have noted that Sloutsky and Fisher's results are limited because they tested children in only one context, and the participants could make matches without noticing the context cue at all (Hayes & Lim, 2013). In our opinion, there are more important difficulties when interpreting Sloutsky and Fisher's results. They used meaningless material and parts of the context (location and background color) did not change in different phases, such as during training and during the test. These details produced rather restricted conditions for conceptual flexibility.

We suggest that 5-year-olds can actually rely solely on resources of attention, but only given a lack of previous knowledge or if they have difficulties in combining new information with some which is previously known. This exact situation appears in Sloutsky and Fisher's experiment (2008). First, due to the neutrality of the experimental material, the children cannot link it to the information they already have stored in their memories. Second, and much more importantly, the features of the context (background color and position of the triads on the screen) cannot be linked to the object categorization rule in any other way but by associations.

However, in reality, information about objects which both children and adults process may facilitate the choice of the optimal system of learning. If the features of the categorized object correspond strongly with the context and functional relationships can be found between them, then conceptual learning will be more suitable. In the aforementioned example about the search for mushrooms, the context contains both spatial features (positions of contextual parts including the object categorized) and

object features (features of other objects present in the context). For example, the mushrooms which are found could be connected to the direction the person was moving towards (spatial feature) as well as to the tree under which the mushroom was found (object feature). In this example, the object's feature will be more relevant for inductive selectivity than the spatial feature, as it is the object's feature that is functionally related to the context. Therefore, we can expect that although features are present simultaneously, only one of them will be remembered.

The following experiment aims to test the suggestion that only the context's features which are functionally related to the objects will be used in the effect of the inductive selectivity.

### Experiment 1

#### Method

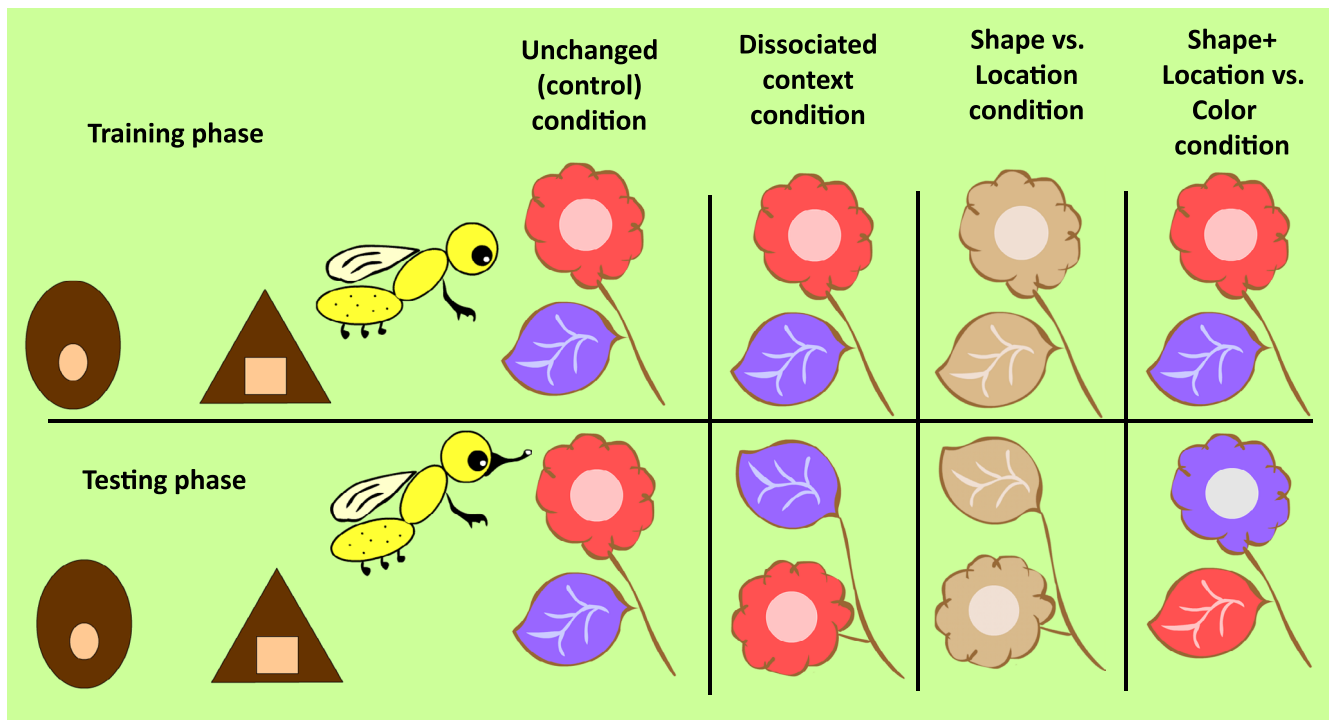
Participants received an inductive inference task which consisted of two stages. In the first stage, they were shown images of insects and they had to predict the direction of the insect's movement, such as where it would fly to in order to collect food and where it would put the food afterwards (see Figure 1). Participants were expected to make these predictions based on the insects' appearance (the presence of a trunk or the presence of legs). To successfully accomplish the training task, the children must have remembered both features of the insects from both groups, as well as the contextual features: spatial features included the direction of the insects' movement (up or down), and object features involved the part of the plant where the insect landed (flower or leaf). At the second stage, the children were shown hybrid images of the insects, which contained features of both groups, including the trunk and the legs. The hybrid insects were shown already sitting on either

the flower or the leaf, and participants had to decide to which house it would be returning. By pointing out the direction of the insect's returning movement, participants made a categorial decision and defined the group that they thought the insect belonged to. Since the object features such as trunks and legs were no longer of use, the children had to rely solely on the contextual information.

The structure of the contextual information, divided according to spatial and object features, was systematically varied through different experimental conditions. Participants therefore had to choose which part of the contextual information was more reliable. A choice based on the context's spatial features (top or bottom) would testify to the dependence of inductive selectivity on how associative learning works, because these features do not have a functional relationship to the insect's features. A choice based on the context's object features (flower or leaf) will testify to the dependence of inductive selectivity on the conceptual mechanisms of learning, because there is a functional relationship between these features.

**Participants.** Forty-one children between the ages of 4 years and 5 years, 3 months took part in the experiment (24 girls, 17 boys). All participants were recruited from two municipal kindergartens in Moscow.

**Material.** The training phase consisted of 16 trials, which included an image of the target object (an insect), images of two houses of different shapes, and images of a plant with its flower on the upper part of the stem (context 1), and with a leaf on the lower part (context 2). The insect had a trunk in eight of the training trials and legs in the other eight training trials. The test phase consisted of four trials. All test trials contained a hybrid image of an insect with both a trunk and legs. The images of the plant were different in the two conditions for the testing phase (see Figure 1).



**Figure 1.** Examples of training and testing stimuli used in Experiments 1 and 2.



In the control condition, the images of the plant in the testing phase were the same as for the training phases (a red flower on top and a blue leaf on the bottom). In the experimental condition for the testing phase, the parts of the plant were switched (a red flower on the bottom and a blue leaf on top).

**Procedure.** Participants were randomly assigned to either the experimental condition or the control condition and carried out the training and the testing tasks. Participants were tested individually and all stimuli were presented to them on the screen of a laptop computer.

**Training phase.** Participants were invited to play a game featuring different and unusual insects. Before the game began, they were shown a scene with two houses on the left and a plant on the right of the screen. The experimenter showed them how an insect with a trunk flies out of the round house, sits on the flower and returns to the same house after a time. The experimenter told the participants that these insects (pointing to the image of the insect), which live in the round house, collect nectar and store it for the winter. Then the experimenter indicated the second insect with legs, flying out of the triangular house, landing on the leaf and returning to that same house after a time. While pointing to that insect, the experimenter said that the insects which live in the triangular house feed on leaves and store them for the winter. The experimenter did not tell the children how the two groups of insects differed from each other in terms of their appearance. Right after the introduction, the training phase began.

The training phase consisted of 16 trials, grouped into four blocks of four trials each. In the first block, participants were shown an insect which was approaching the plant from the upper left corner of the screen and stopping in between the flower and the leaf. The experimenter then asked the participant where this insect would fly to next: either to collect nectar or to gnaw on the leaf. Depending on the participant's answer, the experimenter pressed one of two buttons and the insect flew to the place that the participant indicated. If the answer was correct, the insect returned to its home in two seconds. If the answer was incorrect, the insect stayed at the place and the experimenter told the participant that he or she had made a mistake and that those insects do not eat those kinds of things. The experimenter then pressed another button and the insect flew to the right spot and then returned to its house.

The first four training trials contained small images of insects near the image of the flower and the leaf. This was done because, as discovered in the pilot series, 4-year-olds had difficulties in finding differences between the two groups of insects without an example. If the experimenter did not name the relevant features, then there was no opportunity to compare the insects from the same group simultaneously. Therefore, we asked children during those four training trials which one of the two insects would receive help from a third insect, which had just arrived. The reduced images of insects were gone after those four trials. Overall, the participants went through 16 trials, grouped into four blocks. The insects from the two groups were shown in a mixed order in the first and the last blocks (1-2-1-2 and 2-1-2-1). The second and the third blocks had the images of insects solely from one of the two groups

(varied between blocks). The mixed blocks (1<sup>st</sup> and 4<sup>th</sup>) were used to draw participants' attention towards the differences between objects; the unmixed blocks were used to draw and increase the participants' attention towards the context.

**Testing phase.** The testing phase began right after the training phase. The participants were shown the scene with images of houses on the left and the image of the plant on the right, just like in the training phase (see Figure 1). A hybrid insect with both a trunk and legs was sitting on the plant, either on the flower or on the leaf. The experimenter, while not emphasizing the insect's appearance, asked the participant to decide which house this bug was going to fly to ("Look, who's here! What do you think, which house is he going to fly to? Where does he live?"). At the same time, we did not name the part of the plant that the bug was sitting on, so as to not draw attention to the object features of the context. When the participant's answer was received, the experimenter pressed the corresponding button and the insect moved to the house they had indicated. There was no feedback on this phase of the experiment. Overall, there were four testing objects and they were shown on the different parts of the plant in turn.

The conditions differed in the location of the contextual objects in the testing phase. In the *dissociated context condition*, the leaf and the flower on the plant switched locations (the leaf was now in the flower's place on the top of the plant, and the flower was in the leaf's place at the bottom of the plant). In the control condition, the *unchanged context*, the leaf and the flower stayed in their locations.

Based on the participant's answer about which house the hybrid insect was going to return to, we could deduce which group he or she thought the insect belonged to. Since the participant could not solve this task based solely on the insect's appearance, he had to rely on the available information from the context. For example, participants saw in the training phase that if the insect landed on the upper part of the plant (the flower), then it would return to the round house. In the *dissociated context condition* in the testing phase, they saw a hybrid insect sitting on the upper part of the plant, but this time it was the leaf instead of the flower. If participants answered that the bug would return to the round house, then we concluded that they were relying on the spatial features of the context, but not on the object features. If participants answered that the bug would return to the triangular house, we thought that they were relying on the object features of the context, because the insects from the leaf were the ones that flew to the triangular house in the training phase.

The *unchanged context condition* did not allow us to determine which contextual features (spatial or object) the participant relied on, because the location of the plant's parts remained the same. This condition was used to replicate Sloutsky and Fisher's (2008) effect while employing meaningful material, so that both the task structure and the material of our experiment were different. Moreover, the control *unchanged context condition*, wherein both spatial and object features of the context maintained their previous correlation, allowed us to assess whether the degree of reliance on the dissociated context would be lower than reliance on the unchanged context.

If the participant relied on either spatial or object features of the context in all four test trials in the experimental condition, then their answers were marked as spatial or object respectively. Since it was impossible to distinguish those two types of answers in the *unchanged context condition*, participants' answers were marked simply as whether or not they contained reliance on the context.

**Additional measures.** Since participants in the testing phase actually saw a new insect in the context that was changed in some conditions — and changed in different ways — then performing the test tasks could change the knowledge that they received on the training phase. In this case, we would not be able to claim that we were assessing inductive selectivity. Therefore, just after doing the test, the participants were shown the images of the four insects from the training phase (with either a trunk or legs), appearing in the center of the screen, one after another. There were no images of houses or the plant on the screen. We asked the participants what each insect collects: nectar or leaves. By processing their answers to that question, we could tell how much doing the test changed their memory of the rule that they had learned during the training phase. We kept only those participants' data who gave all four correct answers, meaning they had correctly classified all images, for further processing.

**Experimental design.** We used a between-subject experimental design with dissociativity of the contextual information as an independent variable, and reliance on contextual features as a dependent variable.

## Results and Discussion

Although both conditions had identical training phases, we had to be certain whether participants from both groups had learned the categorization rule equally. Therefore, we compared the performance of the categorization using two groups. The mean number of correct answers from the 16 trials in the *unchanged context condition* ( $M = 15.42$ ;  $SD = 1.07$ ) did not differ from the mean number of correct answers in the *dissociated context condition* ( $M = 15.30$ ;  $SD = 0.83$ ),  $t(36) = 0.17$ ,  $p = .87$ . The performance was very high in both groups, indicating that all participants learned the features distinguishing the two groups of insects by the beginning of the testing phase. To what degree were children aware of those features, whilst still relying on them? We did not conduct any special awareness test, although we recorded their comments at the beginning of the testing phase, when they saw the hybrid bugs for the first time. It is important to bear in mind that we asked participants

the question, "Which house is that insect going to fly to?". None of participants said that the insect had changed and none of the children refused to answer the question.

However, we did receive some indirect evidence which suggested that the children may have noticed the change in the insect's appearance. For example, there were children who sent the hybrid insect into the same house in all four testing trials. In that case, the answers were not varied by any context feature. We decided to code these answers as a separate type, called "the refusal to rely on any context features". Therefore, the participants' answers in the *dissociated context condition* could be of three types, while answers in the *unchanged context condition* could be of two types only. Three participants' answers could not be classified into any answer type. For example, two participants from the *dissociated context condition* relied on the object feature of the context in three trials, and on the spatial feature in one trial. One participant from the *unchanged context condition* relied on the context in two trials but not in the other two. We excluded those participants' data from further processing, despite their correct identification of the nonhybrid insect in the final control task.

Perhaps these participants' answers were due to their considering the behavior of hybrid insects as characteristic of two categories simultaneously. However, the number of such answers was so small that we had no reason to assign them to a separate group when interpreting the results.

Altogether, there were data collected from 38 children participating in the experiment: 19 children in the dissociated context condition (mean age = 4 years, 4 months), and 19 children in unchanged context condition (mean age = 4 years, 6 months).

Table 1 shows the distribution of answers given by participants from different conditions. Since it is impossible to tell what the participant relied on in the unchanged context condition (the spatial or the object features of the context) we did not compare the two groups with each other. The *unchanged context condition* could give only two types of answers — with or without reliance on the context — so we compared the received distribution with the expected uniform distribution ( $p = .5$ ). In the *dissociated context condition*, where three types of answers were possible, we also compared the received distribution with the expected one ( $p = .33$ ).

The distribution in both conditions differed from what had been expected. Most participants from the *unchanged context condition* relied on the context,  $\chi^2(1) = 8.90$ ,  $p < .01$ . Therefore, we replicated the effect of inductive selectivity from Sloutsky and Fisher's experiment (2008), this time

**Table 1.** Frequency (and percentages) of types of answers received from the test in the dissociated context condition and the unchanged context condition (control)

	Reliance on context		Refuse to rely on context	Total
	Reliance on object features	Reliance on spatial features		
Dissociated context condition	14 (70.6)	1 (5.8)	4 (23.6)	19 (100)
Control condition		16 (84.2)	3 (15.8)	19 (100)

using the meaningful material and with a different task structure. Indeed, as can be observed, when it is impossible to rely on the object's features, participants make their judgments based on the context.

As we expected, most participants from the *dissociated context condition* did rely on the object features of the context,  $\chi^2(2) = 14.63, p = .001$ . Therefore, preschoolers not only connect the features of (categorized) objects to the context, but also assign weights to contextual features. The conditions of changing contexts (in reality, context changes much more often than it remains the same) do not eliminate the effect of conceptual flexibility or inductive selectivity, but instead reveal its conceptual or nonassociative character.

However, the last statement can be disputed, because the object features of the context in our experiment consisted of two parts (shape and color) and the spatial features were actually only a single feature: direction. Perhaps the children preferred to rely on the object features not because of their functional relationship to the categorized objects' features, but simply due to an associative rule, in which more features of the previous context remained in part of the scene.

To test this hypothesis, we conducted a second experiment that included two experimental conditions (see Figure 1). We made the number of objects and spatial features of the context equal in one of those conditions, which allowed us to check if it was actually the object feature that took priority in the effect of inductive selectivity. The object features from the other condition were dissociated at the testing phase; the color of the plant's parts was changed at the testing phase, but the location was not. We therefore had an opportunity to test the influence of the associative summation of the contextual features. We were able to track whether participants would rely on both contextual features in this case. Moreover, the change which occurred broke the link between the object features of the context which had been formed at the training phase. This meant that the results in this condition could reveal the significance of the relationship between the object features for inductive selectivity.

## Experiment 2

### Method

**Participants.** We recruited an additional group of 40 children aged between 4 years, 1 month and 5 years, 5 months (28 girls, 12 boys). There were 20 children in the *Shape vs.*

*Location Condition* group (mean age = 4 years, 6 months), and 20 children in the *Shape+Location vs. Colour Condition* group (mean age = 4 years, 4 months).

All participants were recruited from the same municipal kindergartens as in the first experiment.

**Material and procedure.** The experiment was conducted individually with each child. The structure of the training and testing phases was identical to Experiment 1, with two differences. The *Shape vs. Location condition* had an equal amount of object and spatial features in the context: both the flower and the leaf had the same beige color in both the training and testing phases. The *Shape+Location vs. Color condition* had the object features of the context dissociated at the testing phase: the color of the plant parts was changed at the testing phase but the location was not, so that the children saw the plant with the red flower on top and blue leaf on the bottom at the training phase, and the plant with the blue flower on top and the red leaf on the bottom at the testing phase.

The experiment featured a between-subjects design. There were three types of answers, with two types indicating what context feature participants relied on and the third type denoting that kind of answer when the participant was giving the same response in all test trials (refuse to rely on context). After completing the test, participants received control questions about nonhybrid insects such as "What do they collect?" The participants' data were kept for further processing only if they answered correctly on all control questions.

### Results and Discussion

We first assessed performance in the training task. We expected lower performance in the condition where the color of both parts of the plant was the same, because this plant looks less natural and also the difference between the two groups of insects is less emphasized in this context. Nevertheless, the mean number of correct answers out of 16 trials in the *Shape vs. Location* condition ( $M = 15.50; SD = 0.76$ ) did not differ significantly from the mean number of correct answers in the changing color condition ( $M = 15.80; SD = 0.41$ ),  $t(38) = 1.55, p = .13$ . The performance over the two groups was still very high, which suggests that participants saw the relevant feature of the insect and linked it to the contextual features. We processed the data separately in each group, and compared the received distribution with the expected uniform distribution (.33) (see Table 2).

As can be seen from the table, the majority of answers in the *Shape vs. Location condition* were "refuse to rely on context" (45%) or "reliance on location" (45%). This

**Table 2.** Types of answers (frequency and percentages) received for the test in the *Shape vs. Location condition* and the *Shape+Location vs. Color condition*

Shape vs. Location Condition			
Reliance on shape	Reliance on location	Refuse to rely on context	Total
2 (10)	9 (45)	9 (45)	20 (100)
Shape+Location vs. Colour Condition			
Reliance on shape and location	Reliance on color	Refuse to rely on context	Total
7 (35)	1 (5)	12 (50)	20 (100)

distribution did not differ from the expected uniform distribution,  $\chi^2(2)=4.90$ ,  $p=.09$ . Most answers in the *Shape + Location vs. Color condition* were “refuse to rely on context” (50%),  $\chi^2(2)=9.10$ ,  $p=.01$ . These results contradict the hypothesis of associative mechanisms of the inductive selectivity. Participants did not choose parts of the context by the amount of contextual features that remained the same as in the previous context. The results in the *Shape+Location vs. Color condition* are especially significant in this regard; participants preferred not to rely on the context at all, rather than rely on two contextual features when object features were dissociated. Note that one object feature (shape) was now in a different relationship to the other object feature (color). Some participants from that group pointed out at the beginning of the testing phase that the flower was new. Some children even called it “poisonous”. It seems that even a small change of a few object features leads to a change in the perception of an object; it is perceived as a new object with new features and a new history.

The results in the *Shape vs. Location condition* are somewhat surprising. We received the highest amount of results, indicating an associative mechanism of learning here. Evidently, only a minimum amount of object information forces children to rely on the object's location as the basis for inductive selectivity. At the same time, they practically do not rely on object features at all (10%) if object features were dissociated. Much more often, they demonstrate a refusal towards inductive selectivity. Thus, we cannot say that associative mechanisms of learning are an easier or more natural way of acquiring information at preschool age. Instead, we maintain that they are only very rarely employed, and that using them is never easy.

## General Discussion

We replicated the effect of inductive selectivity as described in Sloutsky and Fisher's (2008) paper, using more meaningful material. The choice of material allowed us to establish different types of contextual features: spatial and object-based. We showed that children rely on object features of the context while making categorial decisions in ambiguous cases, if these features are salient enough (a combination of shape and color). Meanwhile, the context's spatial features will only be used to solve the categorial task if the object's features are weak. Finally, the change in the relationship between object features leads to the disappearance of the inductive selectivity effect.

In conclusion, our results show that the object features of the context adjust the effect of inductive selectivity during the process of categorial learning, because this effect follows the dynamics of the object features. The findings question the assumption that associative learning is a starting mechanism in the development of conceptual flexibility.

Moreover, our study is the first to show the limitations of the inductive selectivity effect. A dissociation of object information can lead to a shift of attention away from any contextual information, even if prior learning was successful. These results are similar to the blocking effect, whereby information was not added to the rule once the rule

had been learned, even if that information correlated with the rule (Wasserman & Berglan, 1998). However, that is not the case in our study. The radical refusal to rely on context that we observed was not a consequence of learning the rule, since it did not appear in all conditions but only when the relationship between the object features of the context was broken.

We did not conduct any additional tests for children's awareness of their reliance on contextual information. The children in Sloutsky and Fisher's experiment (2008) did not demonstrate this awareness, but participants in Hayes and Lim's study (2013) did. The structure of our experiment reveals another, and we think more important, principle of learning and inductive selectivity. We created conditions wherein participants could not make a judgment about an object's category based on its appearance (a hybrid insect), and also had to encounter a change in the context's structure. Therefore, they had to look for new bases from which to make decisions and to analyze parts of the context. Thus, it seems more important to study the process of category learning, during which people not only form rules but can also apply these rules in the future, in very different situations.

The following questions remain for further research. How do children decide that there is not enough information about an object and switch to a reliance on contextual information? It is also very important to assess how much the ability to rely on spatial and object features of the context changes with age. We presume that older children will prefer object information to spatial features, despite the small amount of object information, which is not the case with 4-year-olds.

## References

- Allen, S.W., & Brooks, L.R. (1991). Specializing the operation of an explicit rule. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120(1), 3–19. doi:10.1037/0096-3445.120.1.3
- Anderson, J.R. (1991). The adaptive nature of human categorization. *Psychological Review*, 98(3), 409–429. doi:10.1037/0033-295X.98.3.409
- Ashby, F.G., Alfonso-Reese, L.A., Turken, A.U., & Waldron, E.M. (1998). A neuropsychological theory of multiple systems in category learning. *Psychological Review*, 105(3), 442–481. doi:10.1037/0096-3445.120.1.3
- Bott, L., Hoffman, A.B., & Murphy, G.L. (2007). Blocking in category learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(4), 685–699. doi:10.1037/0096-3445.136.4.685
- Gluck, M.A., & Bower, G.H. (1988). From conditioning to category learning: an adaptive network model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117(3), 227–247. doi:10.1037/0096-3445.117.3.227
- Hayes, B.K., & Lim, M. (2013). Development, awareness and inductive selectivity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(3), 821–831. doi:10.1037/a0029526
- Hoffman, A.B., & Rehder, B. (2010). The costs of supervised classification: The effect of learning task on conceptual flexibility. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(2), 319–340. doi:10.1037/a0019042
- Kotov, A.A., & Dagaev, N.I. (2013). The role of background knowledge in the development of conceptual flexibility effect. *Psikhologicheskie Issledovaniya*, 6(29), 7. (In Russian). Retrieved from <http://psystudy.ru/index.php/num/2013v6n29/832-kotov29.html>.

- Macario, J.F. (1991). Young children's use of color in classification: Foods and canonically colored objects. *Cognitive Development*, 6(1), 17–46. doi:10.1016/0885-2014(91)90004-W
- Nguyen, S.P. (2012). Inductive selectivity in children's cross-classified concepts. *Child Development*, 83(5), 1748–1761. doi:10.1111/j.1467-8624.2012.01812.x
- Nosofsky, R.M., Palmeri, T.J., & McKinley, S.C. (1994). Rule-plus-exception model of classification learning. *Psychological Review*, 101(1), 53–79. doi:10.1037/0033-295X.101.1.53
- Opfer, J.E., & Bulloch, M.J. (2007). Causal relations drive young children's induction, naming, and categorization. *Cognition*, 105(1), 206–217. doi:10.1016/j.cognition.2006.08.006
- Sloutsky, V.M., & Fisher, A.V. (2008). Attentional learning and flexible induction: How mundane mechanisms give rise to smart behaviors. *Child Development*, 79(3), 639–651. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01148.x
- Wasserman, E.A., & Berglan, L.R. (1998). Backward blocking and recovery from overshadowing in human causal judgement: The role of within-compound associations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section B*, 51(2), 121–138.
- Yamauchi, T., & Markman, A.B. (1998). Category learning by inference and classification. *Journal of Memory and Language*, 39(1), 124–148. doi:10.1006/jmla.1998.2566



## ■ экспериментальные сообщения ■

# Индуктивная селективность в дошкольном возрасте как функция ассоциативного и понятийного научения

**Алексей Александрович Котов**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

**Татьяна Николаевна Котова**

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС),  
Москва, Россия

**Елизавета Федоровна Власова**

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС),  
Москва, Россия

**Аннотация.** При обобщении информации о новых объектах дети с дошкольного возраста полагаются также и на информацию о контексте. В настоящее время неизвестно, лежит в основе такой индуктивной селективности ассоциативное научение — зависящее от количества признаков — или понятийное — зависящее от их содержания. В первом эксперименте, варьируя сохранность контекстной информации, мы обнаружили, что дети 4–5 лет при обобщении больше полагаются на объектные (форма и цвет фонового изображения), но не пространственные свойства контекста (месторасположение). Во втором эксперименте, варьируя сочетание контекстных признаков, мы показали, что при недостатке объектной информации (только форма) дети больше полагаются на пространственные свойства контекста; и при модификации объектной информации (прежняя форма и другой цвет) предпочитают не полагаться на контекстную информацию вообще. Вместе эти результаты указывают на вклад не только ассоциативного, но и понятийного научения в эффект индуктивной селективности.

**Контактная информация:** Алексей Александрович Котов, [al.kotov@gmail.com](mailto:al.kotov@gmail.com); Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 109028, Москва, Волгоградский пр-т 46Б; Татьяна Николаевна Котова, [tkotova@gmail.com](mailto:tkotova@gmail.com); Елизавета Федоровна Власова, [elizabeth.vlasova@gmail.com](mailto:elizabeth.vlasova@gmail.com)

**Ключевые слова:** индуктивная селективность, индукция, ассоциативное научение, понятийное научение, дошкольники

© 2015 Алексей Александрович Котов, Татьяна Николаевна Котова, Елизавета Федоровна Власова. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(CC BY\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

**Благодарности.** Данное научное исследование (№ 14-01-0168) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2014–2015 гг.

Статья поступила в редакцию 13 мая 2015 г. Принята в печать 27 сентября 2015 г.

## Введение

Многочисленные исследования в современной когнитивной психологии показывают, что при формировании новых категорий как детьми, так и взрослыми усваивается значительное количество контекстной информации (Macario, 1991; Allen, Brooks, 1991). Данный эффект получил название понятийной гибкости или индуктивной селективности, то есть эффект запоминания дополнительной информации, не являющейся необходимой для текущей задачи обобщения. Благодаря такой селективности научение новым категориям может происходить очень быстро. Например, если человек учится отличать ядовитые грибы от съедобных, то, кроме формы гриба, он через определенное время также запоминает, возле каких деревьев чаще попадаются ядовитые грибы, а возле каких — съедобные. Запоминание этой контекстной информации может помочь поиску новых грибов, так как часто контекстная информация распознается раньше и подготавливает наше внимание к появлению объектов с заданными свойствами.

Природа эффекта индуктивной селективности остается предметом дискуссий в настоящее время. Так, с одной стороны, кажется, что подобная селективность противоречит принципу когнитивной экономии, согласно которому должна быть усвоена не любая сопутствующая, а лишь необходимая для категоризации информация (Gluck, Bower, 1988; Anderson, 1991; Nosofsky et al., 1994). Однако дальнейшие исследования в этой области приводят к выводу, что эффект индуктивной селективности все же хорошо соответствует этому принципу, поскольку люди очевидно используют эту дополнительную информацию в будущем в менее удобных ситуациях с большим количеством новых признаков — и тем самым экономят усилия во время последующего научения (Bott et al., 2007).

К известным факторам, запускающим индуктивную селективность, относится прежде всего фактор задачи. Так, у взрослых испытуемых индуктивная селективность проявляется реже в задаче классификации и чаще в задаче осуществления выводов о новой информации на основе уже известной (Yamauchi, Markman, 1998; Hoffman, Rehder, 2010). Однако в наших предыдущих исследованиях мы показали, что фактор задачи ограничен в свою очередь релевантностью новой информации когнитивным схемам испытуемого (Котов, Дагаев, 2013). Даже в условиях, когда испытуемый выполняет задачу классификации, при которой, как было установлено ранее, индуктивная селективность обычно не возникает, испытуемые все же будут запоминать контекстную информацию, если она будет релевантна их знаниям об объектах категоризации. При этом, насколько нам известно, в настоящее время нет данных, указывающих, наоборот, что влияние фактора материала может быть нивелировано действием фактора задачи. Таким образом, остается открытым вопрос о том, каково соотношение различных факторов научения в механизмах индуктивной селективности?

Дошкольники избирательно опираются на свои знания о категориях при нахождении релевантных частей индуктивных задач. Дж. Опфер и М. Баллок (Opfer, Bulloch, 2007) проверяли, могут ли дети переносить информацию о примерах на целевые объекты на основе перцептивного или каузального сходства между ними. Если детям сообщали каузальную информацию (для объектов-насекомых — информация об их родителях), то они игнорировали перцептивное сходство между примером и целевым объектом. Если же им ее не сообщали, то они полагались на перцептивное сходство между примером и целевым объектом. В эксперименте С. Нгуен (Nguyen, 2012) четырехлетним детям предъявляли триады объектов, состоящих из целевого объекта (например, северного оленя) и тестовых объектов, один из которых входил вместе с целевым в одну таксономическую группу (например, медведь), а другой — в общий скрипт (например, рождественская елка). Оказалось, что для биологических суждений дети выбирали таксономические категории, а для ситуационных суждений — категории на основе скриптов.

Как известно, в ходе научения обнаружение и запоминание регулярных отношений между свойствами предметов и ситуаций может происходить как эксплицитно, то есть с осознанием правила категоризации и вербальным описанием существенных признаков, так и имплицитно или, другими словами, ассоциативно (Ashby et al., 1998). Если в первом случае мы можем говорить, что гибкость научения является следствием работы понятийного научения, то во втором случае гибкость может быть результатом тренировки перцептивного внимания, или ассоциативного научения. Ассоциативное научение имеет некоторые особенности: оно не требует участия речи, оно произвольно, оно имеется у человека с рождения. Различение этих видов научения позволяет ставить вопрос о том, в какой мере за эффект понятийной гибкости ответственно понятийное научение и в какой — перцептивное внимание. Однако в эксперименте В. Слутцкого и А. Фишера (Sloutsky, Fisher, 2008) авторы показали, что в дошкольном возрасте для создания новых категорий с запоминанием дополнительной контекстной информации достаточно механизмов перцептивного внимания.

В этом эксперименте пятилетним испытуемым предъявлялись два блока триад. В первом блоке дети должны были выбрать из двух тестовых объектов (все объекты были геометрическими фигурами — кругами или треугольниками) тот, что подходит к целевому по форме (первое основание для категоризации). Во втором блоке таким основанием был цвет объектов (испытуемые должны были выбрать из двух тестовых объектов тот, который подходил целевому по цвету). Триады первого блока всегда встречались в первом контексте, а триады второго блока — во втором. Контекст задавался цветом фона, на котором предъявлялись триады (зеленый/желтый) и положением триад на экране (верхний правый/нижний левый угол сцены).

Триады тестовой серии были «двусмысленными», то есть они были организованы так, что испытуемый, подбирая объект, соответствующий целевому, мог опи-

ратся на одно из двух оснований, форму или цвет. При этом в тестовой серии каждой группе детей триады демонстрировались только в одном из контекстов.

В результате авторы обнаружили устойчивую связь, формирующуюся между свойствами стимулов и контекстом. Например, испытуемые значимо чаще опирались на основание формы объектов в условиях первого контекста по сравнению со вторым. Кроме того, как показал эксперимент, дети делали эти суждения неосознанно.

Данные результаты, по мнению В. Слуцкого и А. Фишер, подтверждают их теорию, согласно которой до шести лет ассоциативное научение может выступать начальным способом приобретения новых правил категоризации и создания контекстно-зависимых обобщений. В то же время они допускают, что в дальнейших возрастах осуществление этой функции может происходить с помощью другого вида научения. В целом место ассоциативного научения в развитии понятийной гибкости авторы описывают так: «Эти данные поддерживают идею о том, что в раннем развитии гибкое понятийное поведение произрастает из обычных механизмов внимания и ассоциативного научения»<sup>1</sup> (Sloutsky, Fisher, 2008; p. 650).

### Роль понятийного научения в индуктивной селективности: методические вопросы

Некоторые критики отмечают, что возможности обобщения результатов эксперимента В. Слуцкого и А. Фишера ограничены тем, что экспериментаторы после тренировки тестировали испытуемых только в условиях одного из двух контекстов, и испытуемые в этих более простых условиях могли, пусть и полагаясь на контекст, уделять ему меньше внимания (Hayes, Lim, 2013). С нашей точки зрения, более существенная сложность с интерпретацией результатов эксперимента В. Слуцкого и А. Фишера заключается в том, что они использовали искусственный материал, в котором все части контекста (месторасположение триад и цвет фона) не изменялись в разных сериях (тренировка и тест). Следовательно, эти условия существенно ограничивали возможности для проявления понятийной гибкости.

Мы предполагаем, что дети в возрасте пяти лет действительно могут опираться исключительно на ресурсы внимания, но лишь в условиях дефицита имеющихся у них предыдущих знаний или трудностей объединения новой информации с уже хранящейся в их памяти. Именно эта ситуация и возникает в условиях эксперимента В. Слуцкого и А. Фишера (2008). Во-первых, из-за нейтральности материала эксперимента дети не могут соотносить его в памяти с информацией, которой они уже располагают. Во-вторых, и это гораздо более существенно, свойства контекста (цвет фона и месторасположение относительно углов экрана) нельзя никак иначе связать с правилом категоризации объектов, кроме как ассоциативно.

Однако в реальной жизни информация об объектах, с которыми имеют дело как дети, так и взрослые, возможно, «подсказывает» выбор оптимальной системы научения. Если признаки объектов хорошо соответствуют контексту и могут быть выведены из него через функциональные связи, то для этих условий наиболее удобным будет понятийное научение. В упомянутом выше примере с поиском грибов контекст содержит как пространственные, так и объектные признаки. Например, найденный гриб можно связать как с направлением, в котором мы ранее перемещались (пространственный признак), так и с деревом, возле которого гриб был найден (объектный признак). В этом примере, более релевантным для индуктивной селективности будет объектный признак, чем пространственный, так как именно объектный признак функционально связан с контекстом. Поэтому можно ожидать, что несмотря на их одновременное присутствие, один признак запомнится, а другой нет.

Данный эксперимент призван выяснить, действительно ли только признаки контекста, функционально связанные с объектом, будут задействованы в эффекте индуктивной селективности.

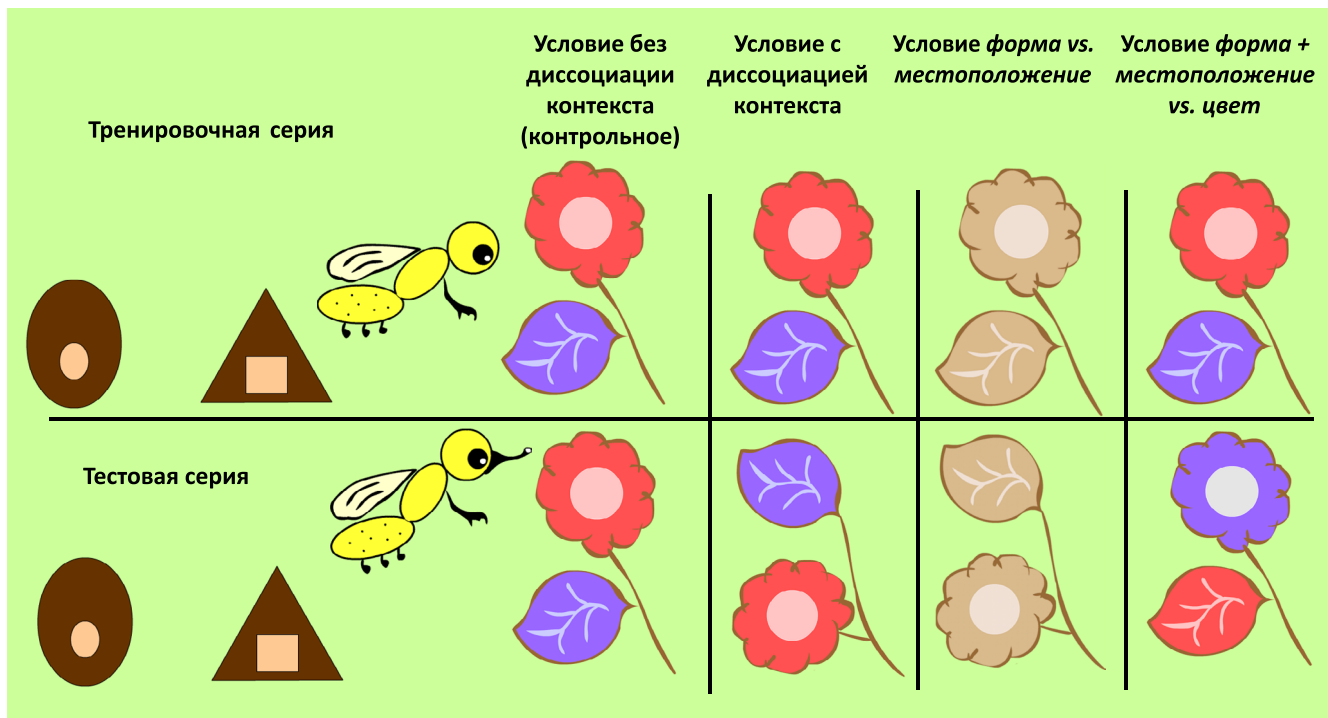
## Эксперимент 1

### Методика

Испытуемые в эксперименте получали задачу на индуктивный вывод, которая включала в себя два этапа. На первом этапе им показывали изображения насекомых, наблюдая за которыми, они должны были научиться по признакам внешнего вида насекомого (наличие хоботка или наличие лапок) предсказывать направление его перемещения — где насекомое будет собирать еду и в какой домик ее потом относить (рисунок 1 вверху). В случае успешного выполнения тренировочного этапа дети должны были запомнить как признаки насекомых обеих групп, так и признаки контекста: пространственные — направление перемещения (вверх или вниз) — и объектные — часть растения (цветок или лист). На втором этапе им демонстрировали гибридные изображения насекомых, которые содержали признаки обеих групп — и хоботок, и лапки. Гибридные объекты находились уже на цветке или листе, вверху или внизу. Испытуемые должны были решить, в какой домик вернется это гибридное насекомое, тем самым указывая, к какой группе, по их мнению, оно все же принадлежит. Поскольку на такие признаки, как лапки или крылышки, ориентироваться было уже нельзя, то дети были вынуждены полагаться исключительно на контекстную информацию.

Структуру контекстной информации мы систематически варьировали в разных экспериментальных условиях, разделяя ее на пространственные и объектные признаки контекста. Испытуемые поэтому были вынуждены выбирать, какая часть контекстной информации является более надежной. Выбор на основе пространственных характеристик контекста (верх и низ) будет свидетельствовать о зависимости индуктивной селективности от ассоциативных механизмов науче-

<sup>1</sup> Оригинал цитаты: “These findings support the idea that early in development, smart flexible behaviors stem from mundane mechanisms grounded in associative and attentional learning” (Sloutsky, Fisher, 2008; p. 650).



**Рисунок 1.** Примеры стимулов из тренировочной и тестовой серии в экспериментах 1 и 2.

ния, поскольку эти признаки не имеют функциональной связи с признаками насекомого. Выбор на основе объектных характеристик контекста (лист или цветок) — от понятийных механизмов научения, поскольку такая функциональная связь есть.

**Испытуемые.** В эксперименте принял участие 41 дошкольник в возрасте от 4 лет до 5 лет 3 месяцев (24 девочки, 17 мальчиков). Все испытуемые были набраны в двух муниципальных детских садах г. Москвы.

**Материал.** Материал включал в себя 16 тренировочных проб и 4 тестовые пробы. Тренировочные пробы состояли из целевого объекта (насекомое), изображений двух домиков разной формы и изображения растения с цветком сверху (контекст 1) и листом снизу (контекст 2). В восьми тренировочных пробах изображенное насекомое имело хоботок, а в других восьми — лапки. Во всех тестовых пробах в обоих условиях изображения насекомых содержали и хоботки, и лапки. Изображения растения на этапе тестирования были разными в разных условиях (см. рисунок 1). В контрольном условии — без диссоциации контекста — на этапе тестирования изображение растения было таким же, как и на тренировочном этапе (красный цветок вверху и синий лист внизу), а в экспериментальном условии — с диссоциацией контекста — оно было изменено: красный цветок внизу и синий лист вверху.

**Процедура.** Испытуемые в случайном порядке распределялись между условиями с диссоциацией и без диссоциации контекста, и в каждом условии выполняли тренировочное и тестовое задание. Эксперимент проходил с каждым испытуемым индивидуально, материал демонстрировался на экране ноутбука.

**Тренировочная серия.** Испытуемого приглашали поиграть в игру, в которой есть разные необычные жуки. Перед началом игры испытуемому показывали сцену, на которой слева были изображены два домика и справа — растение. Экспериментатор показывал,

что из круглого домика вылетает насекомое с хоботком, летит на цветок и через некоторое время возвращается в тот же домик. Экспериментатор говорил, что такие жуки (указывая на изображение насекомого), которые живут в круглом домике, собирают нектар на зиму. Потом он показывал второе насекомое с лапками, которое вылетало из треугольного домика, летело на листок и через некоторое время возвращалось в домик. Про него экспериментатор говорил, что такие жуки (указывая на изображение насекомого), которые живут в треугольном домике, питаются листьями и запасают их на зиму. Экспериментатор не описывал, чем внешне различаются между собой насекомые. После этапа знакомства сразу начиналась тренировочная серия.

Тренировочная серия состояла из 16 проб, сгруппированных в 4 блока по 4 пробы. В первом блоке испытуемым показывали, как насекомое подлетает к растению из верхнего левого угла экрана и останавливается посередине между цветком и листом. Экспериментатор спрашивал испытуемого, куда этот жук полетит, собирать нектар или грызть лист. В зависимости от ответа испытуемого экспериментатор нажимал на одну из двух кнопок, и жук перемещался в указанное испытуемым место. Если ответ был правильным, то через две секунды жук перемещался обратно в домик; если неправильным — он оставался на месте, и экспериментатор говорил, что это неправильный ответ и такие жуки этим не питаются. После этого экспериментатор нажимал на другую кнопку, и жук перемещался в правильное место, а затем возвращался в соответствующий домик.

В первых четырех тренировочных пробах рядом с изображением цветка и листа были уменьшенные изображения жуков. Они были необходимы, поскольку в предварительной серии мы установили, что детям четырех лет трудно без примеров найти различия меж-



ду двумя группами жуков, если релевантный признак не называется экспериментатором и нет возможности непосредственно сравнить жуков из одной группы, расположенных рядом. Во время этих четырех тренировочных проб мы спрашивали, кому из жуков будет помогать только что прилетевший. После этих четырех проб изображения двух жуков пропадали. Всего испытуемым демонстрировали 16 проб, сгруппированных в четыре блока. В первом и последнем блоках порядок предъявления насекомых, относящихся к двум группам, варьировался (1-2-1-2 и 2-1-2-1). В третьем и четвертом блоках демонстрировали 4 раза насекомых одной группы, а потом другой. Смешанные блоки (первый и четвертый) были необходимы, чтобы привлечь внимание испытуемого к различиям между объектами, а несмешанные (второй и третий) — для привлечения и усиления его внимания к контексту.

**Тестовая серия.** После окончания тренировочной серии начиналась тестовая серия. Испытуемому показывали сцену, на которой, также как и в тренировочной серии, слева было изображение домиков и справа — растения (см. рисунок 1). На растении в одном из двух мест располагалось гибридное изображение насекомого с хоботком и лапками. Экспериментатор, не акцентируя внимания на внешнем виде насекомого, просил испытуемого решить, в какой домик полетит этот жук («Смотри, кто у нас здесь! Как ты думаешь, в какой домик он полетит? Где он живет?»). При этом мы не уточняли, где он сидит, чтобы дополнительно не привлекать внимание к объектным признакам контекста. После ответа испытуемого экспериментатор нажимал соответствующую кнопку, и объект перемещался в указанный домик. Обратная связь на этапе тестирования не давалась. Всего было четыре тестовых объекта, они демонстрировались на разных частях растения по очереди.

Условия различались расположением объектов контекста. В условии с *диссоциацией контекста* лист и цветок на растении меняли месторасположение на противоположное (лист занимал место цветка, вверху, цветок занимал место листа, внизу). В условии без *диссоциации контекста* они оставались на прежнем месте.

Таким образом, мы могли по ответу испытуемого о том, в какой домик вернется гибридное насекомое, понять, к какой группе, по его мнению, оно относится. Поскольку испытуемый не мог решить это только по внешнему виду насекомого, то он должен был опираться на информацию, доступную в контексте. Например, в тренировочной серии испытуемые видели, что если насекомое прилетает на верхнюю часть растения, то есть на цветок, то оно возвращается в круглый домик. В условии с *диссоциацией контекста* в тесте они видели гибридное насекомое, которое располагалось на верхней части растения, но это уже был не цветок, а лист. Если испытуемый давал ответ, что жук вернется в круглый домик, то мы понимали, что он ориентировался на пространственные характеристики контекста, а не на объектные, так как насекомые с верхней части растения на тренировочном этапе возвращались в круглый домик. Если же он отвечал, что этот жук вернется

в треугольный домик, то это значило, что он ориентировался на объектные характеристики, так как насекомое с листа на тренировочном этапе перемещалось в треугольный домик.

В условии без *диссоциации контекста*, в котором внешний вид растения не изменялся, было невозможно понять, на какую часть контекста — пространственную или объектную — ориентируется испытуемый. Это условие было необходимо для воспроизведения эффекта из эксперимента В. Слутского и А. Фишера (Sloutsky, Fisher, 2008), поскольку и структура задания, и материал нашего эксперимента отличались. Напомним, что использованный в данном эксперименте материал включал естественные, знакомые испытуемому по предыдущему опыту, связи между признаками. Помимо этого, сравнение условий позволяло нам оценить, будет ли степень ориентации на диссоциированный контекст ниже, чем на недиссоциированный, поскольку в условии без *диссоциации контекста* пространственные и объектные характеристики сохранялись в прежнем соотношении.

Если во всех четырех пробах в тесте в условии с диссоциацией контекста испытуемый опирался или на пространственные характеристики контекста, или на объектные, тип ответа такого испытуемого обозначался, соответственно, или как пространственный, или как объектный. В условии без диссоциации контекста, поскольку разделить эти два типа было нельзя, ответы испытуемых обозначались лишь как содержащие ориентацию на контекст или не содержащие ее.

**Дополнительные измерения.** Поскольку в тестовом задании испытуемые видели фактически новое для них насекомое, при этом, в контексте, который был в некоторых условиях изменен, и изменен по-разному, то предварительное знание, полученное в тренировочной серии, могло быть изменено при выполнении тестовых заданий. В этом случае мы не могли бы говорить о том, что мы оцениваем именно индуктивную селективность. Поэтому сразу после выполнения тестового задания мы показывали испытуемому в центре экрана по очереди изображения четырех насекомых из тренировочной серии — с хоботком или лапками. Изображений домиков и растения не было. Мы спрашивали, что собирает такое насекомое — нектар или листья? Благодаря ответам на этот вопрос мы могли оценить, насколько выполнение тестового задания изменяло память о выученном правиле в тренировочном задании. Для последующей обработки мы оставляли данные лишь тех испытуемых, которые давали четыре правильных ответа, то есть правильно квалифицировали все изображения.

**Экспериментальный план.** Экспериментальный план был межсубъектным. Независимой переменной была диссоциированность контекстной информации. Зависимой переменной была ориентация испытуемого на характеристики контекста.

## Результаты и обсуждение

Несмотря на то, что в двух условиях была идентичная тренировочная серия, нам было необходимо проверить, в одинаковой ли степени испытуемые обеих



**Таблица 1.** Количество (и доли) ответов каждого типа в условиях с диссоциацией контекста и без изменения контекста (контрольное условие)

	Ориентация на контекст		Отказ от ориентации на контекст	Всего
	Ориентация на объектные признаки контекста	Ориентация на пространственные признаки контекста		
Условие с диссоциацией контекста	14 (70.6)	1 (5.8)	4 (23.6)	19 (100)
Условие без диссоциации контекста		16 (84.2)	3 (15.8)	19 (100)

групп выучили правило категоризации. Мы сравнили успешность выполнения тренировочной серии в двух условиях. Среднее количество правильных ответов из 16 проб в условии *без диссоциации контекста* ( $M = 15.42$ ;  $SD = 1.07$ ) не отличалось от количества правильных ответов в условии *с диссоциацией контекста* ( $M = 15.30$ ;  $SD = 0.83$ ),  $t(36) = 0.17$ ,  $p = .87$ ,  $d = 0.12$ . Успешность в обеих в группах была очень высокой, поэтому все испытуемые к началу тестовой фазы усвоили признаки, по которым различались две группы насекомых. Мы не давали испытуемым специального теста, призванного определить, насколько они осознавали признаки, на которые ориентировались. Однако мы фиксировали комментарии испытуемых в начале стадии переноса, когда они видели гибридных насекомых, обладавших одновременно признаками обеих групп. Напомним, что мы задавали испытуемым вопрос: «В какой домик полетит этот жук?». Интересно, что ни один испытуемый не отметил, что жук изменился, и не отказался отвечать на вопрос.

Но мы получили косвенные результаты, говорящие о том, что дети могли замечать смену внешнего вида насекомого. Так, в обоих условиях мы получили некоторое количество случаев, в которых дети направляли гибридное насекомое в один и тот же домик во всех четырех тестовых пробах. В этом случае мы не могли определить, на какой признак контекста — пространственный или объектный — они ориентируются. Мы решили кодировать такие ответы в отдельный тип ответов, которые можно обозначить, как отказ от ориентации на любые признаки контекста. Таким образом, ответы испытуемых в условии *с диссоциацией контекста* могли относиться к трем типам (ориентация на объектные признаки контекста, ориентация на пространственные признаки контекста и отказ от ориентации на контекст), а ответы в условии *без диссоциации контекста* — к двум (ориентация на контекст или отказ от ориентации на контекст). Результаты трех испытуемых содержали ответы, не подпадающие полностью ни под один тип ответов. Например, в условии *с диссоциацией контекста* двое испытуемых в трех пробах ориентировались на объектный признак контекста и в одной — на пространственный признак. А в условии *без диссоциации контекста* один испытуемый в двух пробах ориентировался на контекст и в двух — нет. Мы исключили данные этих трех испытуемых из обработки по всем этапам, даже несмотря на то, что в итоговом контрольном задании они правильно опознали негибридное насекомое.

Возможно, подобные ответы связаны с тем, что испытуемые рассматривают поведение гибридных насекомых, как подчиняющееся свойствам и одной, и другой категории. Однако количество таких ответов столь мало, что не дает оснований выделить их в отдельную группу при интерпретации результатов.

Таким образом, у нас остались данные 38 детей, участвовавших в эксперименте: условие *с диссоциацией контекста* — 19 детей (средний возраст 4 года, 4 месяца), условие *без диссоциации контекста* — 19 детей (средний возраст 4 года, 6 месяцев).

Распределение ответов испытуемых по группам отображено в таблице 1. Поскольку в условии *без диссоциации контекста* нельзя определить, на какие признаки ориентируется испытуемый — на пространственные или объектные, мы не сравнивали две группы друг с другом. В данном условии были возможны лишь два типа ответов — с ориентацией на контекст или без ориентации, и мы сравнивали полученное распределение с равновероятным ( $p = .5$ ). В условии *с диссоциацией контекста* были возможны три типа ответов, и полученное распределение сравнивали также с равновероятным ( $p = .33$ ).

Распределение ответов разных типов значимо отличалось от равномерного в обоих условиях. В условии *без диссоциации контекста* большинство испытуемых в ответе ориентировались на контекст,  $\chi^2(1) = 8.90$ ,  $p < .01$ . Таким образом, на материале, включающем естественные связи между признаками, и при другой структуре задачи мы воспроизвели эффект индуктивной селективности из эксперимента В. Слуцкого и А. Фишер (2008). Действительно, мы видим, что при невозможности ориентироваться в суждении на свойства объекта испытуемые осуществляют суждения на основе контекста.

В условии с изменяющимся контекстом, как мы и предполагали, большинство испытуемых ориентировалось на объектные свойства контекста,  $\chi^2(2) = 14.63$ ,  $p = .001$ . Таким образом, уже в дошкольном возрасте дети не только связывают свойства категоризируемых объектов с контекстом, но и расставляют веса в признаках контекста. Условия, в которых контекст меняется (что в естественных ситуациях наблюдается гораздо чаще, чем неизменный контекст), не устраняют эффект понятийной гибкости или индуктивной селективности, а проявляют его понятийный, или неассоциативный, характер.

Однако последнее суждение можно оспорить, поскольку в нашем эксперименте объектные свойства контекста состояли из двух признаков — формы

**Таблица 2.** Количество (и доли) ответов каждого типа в условиях *форма vs. местоположение* и *форма + местоположение vs. цвет*

Условие <i>форма vs. местоположение</i>			
Ориентация на форму	Ориентация на местоположение	Отказ от ориентации на контекст	Всего
2 (10)	9 (45)	9 (45)	20 (100)
Условие <i>форма+местоположение vs. цвет</i>			
Ориентация на форму и местоположение	Ориентация на цвет	Отказ от ориентации на контекст	<i>n</i> (%)
7 (35)	1 (5)	12 (60)	20 (100)

и цвета, а пространственные из одного — направления. Возможно, дети предпочитали ориентироваться на объектные свойства не из-за их функциональных связей с признаками категоризируемых объектов, а в силу простого ассоциативного правила — в какой части сцены сохранилось большинство признаков прежнего контекста.

Для проверки этой гипотезы мы провели эксперимент 2, включавший два экспериментальных условия (см. рисунок 1). В одном из них мы уравнивали количество объектных и пространственных признаков контекста, и это позволило нам проверить, действительно ли именно объектный признак получает приоритет в эффекте индуктивной селективности. В другом же условии объектные признаки контекста диссоциированы на этапе тестирования: цвет частей растения в тестовой стадии изменяется, а расположение — нет. Это дает нам возможность проверить влияние ассоциативной суммы признаков контекста. Мы сможем проследить, будут ли испытуемые в таком случае ориентироваться на два признака контекста. Более того, произошедшее изменение нарушает связь между объектными признаками контекста, сформированную в ходе тренировочной фазы. То есть результаты по данному условию могут проявить важность связи между объектными признаками для индуктивной селективности.

## Эксперимент 2

### Методика

**Испытуемые.** В эксперименте приняла участие дополнительная группа из 40 детей в возрасте от 4 лет 1 месяца до 5 лет 5 месяцев (28 девочек, 12 мальчиков): 20 детей в условии *форма vs. местоположение* (средний возраст 4 года, 6 месяцев), 20 детей в условии *форма + местоположение vs. цвет* (средний возраст 4 года, 4 месяца). Все испытуемые были набраны в тех же муниципальных детских садах, что и участники первого эксперимента.

**Материал и процедура.** Эксперимент также проходил индивидуально. Структура тренировочной и тестовой стадий были идентичны эксперименту 1, за исключением двух отличий. Так, в условии *форма vs. местоположение* было уравнено количество объектных и пространственных признаков контекста: цветок и лист растения имели одинаковый бежевый цвет, и на этапе тренировки, и на этапе тестирования. А в усло-

вии *форма + местоположение vs. цвет* объектные признаки контекста были диссоциированы на этапе тестирования: цвет частей растения в тестовой стадии изменился, а расположение — нет. То есть на тренировочной стадии дети видели растение с красным цветком вверху и синим листом внизу, а на тестовой стадии — растение с синим цветком вверху и красным листом внизу.

Экспериментальный план был также межсубъектным. Ответы испытуемых были разделены на три типа: два из них соответствовали двум возможным вариантам ориентации на контекст, а третий, при котором испытуемый во всех тестовых пробах давал одинаковый ответ, рассматривался как отказ от ориентации на контекст. После выполнения тестового задания испытуемым также задавали контрольные вопросы про негибридные изображения насекомых — что они собирают. В обработку включались результаты только тех испытуемых, которые давали правильные ответы на все контрольные вопросы.

### Результаты и обсуждение

Прежде всего, мы вновь оценили успешность выполнения тренировочного задания. В условиях с одинаковым цветом частей растения успешность могла быть ниже, поскольку такой вид растения, с одной стороны, менее естественен, а с другой стороны, он меньше подчеркивает разницу между двумя группами насекомых. Тем не менее среднее количество правильных ответов из 16 проб в условии с контекстной информацией без цвета хоть и было ниже ( $M = 15.50$ ;  $SD = 0.76$ ), но не отличалось от количества правильных ответов в условии с контекстной информацией с изменением цвета ( $M = 15.80$ ;  $SD = 0.41$ ),  $t(38) = 1.55$ ,  $p = .13$ ,  $d = 0.49$ . Успешность в двух группах была по-прежнему очень высокой, что говорит о том, что испытуемые выделили релевантный признак насекомого и связали его с контекстными признаками.

В данном материале все три типа ответов могли быть выделены в каждом из условий. Тем не менее анализ их количества мы по-прежнему выполняли отдельно по группам. Мы сравнили эмпирическое распределение с равномерным теоретическим ( $p = .33$ ) (таблица 2).

Как видно, в условии *форма vs. местоположение* большинство ответов принадлежали к типу отказа от ориентации на контекст (45%) или к типу ориентации на пространственные признаки контекста (45%). Хотя распределение ответов в этом условии

не отличалось от равномерного,  $\chi^2(2) = 4.90, p = .09$ . В условии же *форма + местоположение vs. цвет* большинство ответов принадлежали к типу отказа от ориентации на контекст (50%),  $\chi^2(2) = 9.10, p = .01$ . Эти результаты противоречат гипотезе об ассоциативных механизмах индуктивной селективности. Испытуемые не выбирают части контекста, оценивая количество сохранившихся по отношению к прежнему контексту признаков. Наиболее показательны в этом отношении результаты условия *форма + местоположение vs. цвет*, где испытуемые предпочли вообще не ориентироваться на контекст, нежели ориентироваться на два признака контекста, при диссоциации объектных признаков. Напомним, что один объектный признак (форма) теперь иначе соотносился с другим (цвет). Некоторые испытуемые из этой группы отмечали, переходя к тестовой стадии, что это новый цветок. Несколько детей даже назвали его ядовитым. По-видимому, даже изменение небольшого количества объектных признаков приводит к изменению восприятия объекта, он оценивается как новый объект с новыми свойствами и новой историей.

Несколько удивительными кажутся результаты в условии *форма vs. местоположение*. Только в нем мы получили наибольшее количество ответов, демонстрирующих ассоциативный механизм научения. Мы видим, что лишь при минимальном количестве объектной информации более надежным основанием для индуктивной селективности у детей становится местоположение объекта. При этом, в случае с диссоциацией объектных признаков, они почти не выбирают опору на объектные признаки (10%), гораздо чаще они демонстрируют отказ от индуктивной селективности в целом (45%). Таким образом, нельзя сказать что использование ассоциативных механизмов научения — это более легкий или естественный способ усвоения информации в дошкольном возрасте. Скорее, мы можем утверждать, что к нему прибегают лишь в редких случаях и это не дается легко.

## Общее обсуждение

В нашем эксперименте мы воспроизвели эффект индуктивной селективности, описанный в исследовании В. Слуцкого и А. Фишер (Sloutsky, Fisher, 2008), но на материале, включающем естественные связи между признаками. Использование материала такого типа позволило нам выделить среди признаков контекста признаки разного типа — пространственные и объектные. Мы показали, что дети принимают решение о категориальной принадлежности объекта в спорных случаях по объектным свойствам контекста, если эти свойства имеют достаточно выражены (сочетание формы и цвета). Только если объектные свойства контекста выражены слабо, для решения категориальной задачи будут использоваться пространственные свойства контекста. И, наконец, если изменяется связь между объектными свойствами (если у той же формы теперь другой цвет), это приводит к исчезновению эффекта индуктивной селективности.

В совокупности наши результаты показывают, что в процессе категориального научения эффект индуктивной селективности следует за динамикой объектных свойств контекста. Это подвергает сомнению предположения об ассоциативном научении как исходном механизме для появления понятийной гибкости в развитии.

Более того, наш эксперимент впервые показывает ограничения эффекта индуктивной селективности. Несогласованность объектной информации даже в случае успешного предварительного научения может привести к смещению внимания от любой контекстной информации, даже при достаточном ее количестве (пространственное расположение и форма). Эти результаты напоминают эффект блокировки, при котором после выучивания правила к нему не добавляется даже коррелирующая с ним информация (Wasserman, Berglan, 1998). Однако в нашем случае это не так. Наблюдаемый нами радикальный отказ от ориентации на контекст не был следствием выучивания правила, так как наблюдался не во всех условиях, а лишь при нарушении связи между объектными признаками контекста.

В нашем исследовании мы не проводили дополнительных тестов на осознание детьми ориентации на контекстную информацию. В исследовании Б. Слуцкого и А. Фишер (Sloutsky, Fisher, 2008) дети не демонстрировали осознания, а в эксперименте Б. Хайес с М. Лим (Hayes, Lim, 2013) — демонстрировали. Структура нашего эксперимента показывает другой, как нам кажется, более важный, принцип научения и индуктивной селективности. Мы создавали условия, в которых испытуемые не только не могли судить о категории на основании внешнего вида объекта (гибридное насекомое), но они также сталкивались с тем, что изменялась структура контекста. Поэтому они были вынуждены искать новые основания для принятия решения и анализировать части контекста. Наши результаты показывают, что уже четырехлетние дети могут это делать. Таким образом, более важным представляется исследование того, как происходит научение новым категориям, в ходе которого люди не только формируют правила, но могут применять в будущем эти правила в очень различающихся ситуациях.

Для будущих исследований остаются также следующие вопросы. Как дети принимают решение о том, что информации об объекте недостаточно и следует переходить к опоре на контекстную информацию? Также очень важно оценить, насколько способность опираться на пространственные и объектные признаки контекста изменяется с возрастом. Мы предполагаем, что в старшем возрасте дети, даже несмотря на небольшое количество объектной информации, будут предпочитать ее пространственной (чего не делают четырехлетние дети).

## Литература

Котов А.А., Дагаев Н.И. Роль предыдущих знаний в порождении эффекта понятийной гибкости // Психологические исследования. 2013. Т. 6. № 29. С. 7. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2013v6n29/832-kotov29.html>

Allen S.W., Brooks L.R. Specializing the operation of an explicit rule // Journal of Experimental Psychology: General. 1991. Vol. 120. No. 1. P. 3–19. doi:10.1037/0096-3445.120.1.3

Anderson J.R. The adaptive nature of human categorization // Psychological Review. 1991. Vol. 98. No. 3. P. 409–429. doi:10.1037/0033-295X.98.3.409

Ashby F.G., Alfonso-Reese L.A., Turken A.U., Waldron E.M. A neuropsychological theory of multiple systems in category learning // Psychological Review. 1998. Vol. 105. No. 3. P. 442–481. doi:10.1037/0096-3445.120.1.3

Bott L., Hoffman A.B., Murphy G.L. Blocking in category learning // Journal of Experimental Psychology: General. 2007. Vol. 136. No. 4. P. 685–699. doi:10.1037/0096-3445.136.4.685

Gluck M.A., Bower G.H. From conditioning to category learning: an adaptive network model // Journal of Experimental Psychology: General. 1988. Vol. 117. No. 3. P. 227–247. doi:10.1037/0096-3445.117.3.227

Hayes B.K., Lim M. Development, awareness and inductive selectivity // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2013. Vol. 39. No. 3. P. 821–831. doi:10.1037/a0029526

Hoffman A.B., Rehder B. The costs of supervised classification: The effect of learning task on conceptual flexibility // Journal of Experimental Psychology: General. 2010. Vol. 139. No. 2. P. 319–340. doi:10.1037/a0019042

Macario J.F. Young children's use of color in classification: Foods and canonically colored objects // Cognitive Development. 1991. Vol. 6. No. 1. P. 17–46. doi:10.1016/0885-2014(91)90004-W

Nguyen S.P. Inductive selectivity in children's cross-classified concepts // Child Development. 2012. Vol. 83. No. 5. P. 1748–1761. doi:10.1111/j.1467-8624.2012.01812.x

Nosofsky R.M., Palmeri T.J., McKinley S.C. Rule-plus-exception model of classification learning // Psychological Review. 1994. Vol. 101. No. 1. P. 53–79. doi:10.1037/0033-295X.101.1.53

Opfer J.E., Bulloch M.J. Causal relations drive young children's induction, naming, and categorization // Cognition. 2007. Vol. 105. No. 1. P. 206–217. doi:10.1016/j.cognition.2006.08.006

Sloutsky V.M., Fisher A.V. Attentional learning and flexible induction: How mundane mechanisms give rise to smart behaviors // Child Development. 2008. Vol. 79. No. 3. P. 639–651. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01148.x

Wasserman E.A., Berglan L.R. Backward blocking and recovery from overshadowing in human causal judgement: The role of within-compound associations // The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section B. 1998. Vol. 51. No. 2. P. 121–138.

Yamauchi T., Markman A.B. Category learning by inference and classification // Journal of Memory and Language. 1998. Vol. 39. No. 1. P. 124–148. doi:10.1006/jmla.1998.2566

## ■ экспериментальные сообщения ■

# Использование подсказок при решении задач: модальная специфичность или универсальная способность?

**Екатерина Валуева**

Институт Психологии РАН, Москва, Россия

Московский городской психолого-педагогический университет, Москва, Россия

**Екатерина Лаптева**

Федеральный институт развития образования, Москва, Россия

**Аннотация.** Настоящее исследование посвящено прояснению роли вербальных и невербальных способностей (интеллекта и креативности) в использовании подсказок в решении задач. Проверяется гипотеза модальной специфичности эффекта подсказки: подсказка, конгруэнтная задаче по модальности (вербальной или невербальной), будет использована чаще сама по себе и/или людьми соответствующих способностей. Параллельно проверяется гипотеза о наличии универсальной способности, стоящей за построением связей между подсказкой и задачей независимо от их модальности. Для проверки выдвинутых гипотез были проведены два эксперимента, идентичные по дизайну, однако различающиеся модальностью основной задачи. Также в обоих экспериментах измерялись способности испытуемых: вербальный и невербальный интеллект, вербальная и невербальная креативность. В эксперименте 1 использовалась вербальная дивергентная задача на составление слов, в эксперименте 2 — невербальная дивергентная задача на завершение фигур. В первом случае вербальные подсказки имели преимущество перед невербальными, однако симметричной закономерности в эксперименте 2 не обнаружилось. В обоих экспериментах преимущества совпадения модальности способностей с модальностью основной задачи/подсказки выявлено не было. Вербальный интеллект оказался положительно связан с использованием невербальных подсказок в обеих задачах, но не с использованием вербальных подсказок. Роль вербального интеллекта интерпретируется как обеспечение кодирования невербальных подсказок, что позволяет соотносить их с основной задачей.

**Контактная информация:** Екатерина Валуева, [ekval@list.ru](mailto:ekval@list.ru), Институт психологии РАН, МГППУ, Ярославская 13, к. 1., 129366, Москва; Екатерина Лаптева, [ek.lapteva@gmail.com](mailto:ek.lapteva@gmail.com)

**Ключевые слова:** мышление, интеллект, вербальный интеллект, креативность, способности, подсказка

© 2015 Екатерина Валуева, Екатерина Лаптева. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ №14-36-01293а2 и гранта РГНФ № 15-36-01362а2.

Статья поступила в редакцию 1 марта 2015 г. Принята в печать 24 сентября 2015 г.

Задачи с подсказками часто используются для проверки гипотез о механизмах творческого мышления. Так, например, в исследовании К. Сейферт с соавторами было показано, что встреча со «случайными» под-

сказками на стадии инкубации<sup>1</sup> является ключевым

<sup>1</sup> При планировании экспериментов исследователи чаще всего опираются на схему, предложенную Г. Уолласом (Wallas, 1926), который описал четыре стадии творческого процесса: подготовка, инкубация, инсайт и проверка идеи. Обычно испытуемому



моментом для успешного решения задачи (Seifert et al., 1995). Согласно теории К. Сейферт (*Opportunistic assimilation theory*), безуспешные попытки решить задачу приводят к формированию «индексов неудачи» — специфических маркеров материала задачи в памяти, благодаря которым встреченная в периоде инкубации подсказка может быть использована для решения задачи. Другой пример — исследования К.А. Славской, выполненные под руководством С.Л. Рубинштейна. В них задача-подсказка используется для проверки предположений об аналитико-синтетической природе мышления (Славская, 1966; Рубинштейн, 1981).

Предъявление подсказки, однако, не всегда означает, что она будет использована. Существует некоторое количество исследований, посвященных условиям эффективности подсказки, как, например, время ее предъявления, степень сходства с основной задачей, модальность, осознанность и т.д. (Валуева, Лаптева, 2012). У.Н. Сιο и Т. Ормерод в мета-анализе, посвященном эффекту инкубации, не обнаружили повышения успешности решения задач при получении подсказки во время перерыва в решении задачи (Sio, Ormerod, 2009). Однако в данный метаанализ было включено всего 10 статей, использовавших подсказку. Это не позволило более детально проанализировать условия эффективности подсказки, изучаемые обычно в экспериментах.

Другое направление изучения подсказок связано с изучением способностей испытуемых как фактора, влияющего на эффективность их использования. В частности, в некоторых работах показано, что использование подсказки может зависеть от уровня креативности испытуемых: более творческие испытуемые более чувствительны к подсказкам и праймингу (Ansburg, Hill, 2003; Dominowski, Jenrick, 1972; Mednick et al., 1964; Mendelsohn, Griswold, 1964; Moss, 2002; Shaw, Conway, 1990; Гаврилова, Ушаков, 2012). У приведенных исследований, однако, есть ряд ограничений. Во-первых, большинство из них при диагностике уровня креативности опираются на Тест отдаленных ассоциаций Медника (RAT), который измеряет уровень вербальных способностей и в большей степени связан с конвергентными, чем с дивергентными компонентами мышления (Валуева, Белова, 2011). Во-вторых, сам материал задач как в исследованиях, связанных с подсказкой, так и в исследованиях инкубации вообще оказывается преимущественно вербальным. Так, в упомянутом выше мета-анализе Сιο и Ормерод (Sio, Ormerod, 2009) в 79 исследованиях (из 117 проанализированных) испытуемым предлагались задачи, предполагающие оперирование вербальным материалом (RAT, анаграммы, ребусы, дивергентные задачи и т.д.).

Таким образом, гипотеза о преимуществе творческих людей в условиях предъявления подсказки нуждается в более тщательной проработке. Во-первых, возникает вопрос, какая именно способность, измеряемая

RAT, связана с лучшим использованием подсказок: креативность или конвергентный (вербально-интеллектуальный) компонент? К сожалению, мы не встретили исследований связи использования подсказки с креативностью, в которых контролировался бы интеллект испытуемых. Во-вторых, не является ли связь показателей по RAT с эффективностью подсказки модально специфичной? Возможно, преимущество способностей, стоящих за RAT, связано с вербальной природой теста, подсказок и задач и не будет воспроизводиться на другом материале.

Целью нашего исследования стало изучение вопроса о том, какие способности связаны с более эффективным использованием подсказки и каковы механизмы этой связи. Были выдвинуты две общие гипотезы — гипотеза модальной специфичности и гипотеза «универсальной» способности.

Первая гипотеза состоит в том, что эффекты подсказки являются модально-специфичными, то есть для вербальных задач наиболее эффективными окажутся вербальные подсказки, и их с наибольшей вероятностью будут использовать испытуемые с высокими вербальными способностями. И, наоборот, для невербальных задач наиболее эффективными окажутся невербальные подсказки, и их с наибольшей вероятностью будут использовать испытуемые с высокими невербальными способностями.

Вторая гипотеза состоит в предположении, что использование подсказки обеспечивается единой способностью, не зависящей ни от модальности задачи, ни от модальности самой подсказки. Например, эффективное использование подсказок (как мы предполагали выше) может наблюдаться у испытуемых с более высокими творческими способностями. С другой стороны, по данным некоторых исследований на такую роль может претендовать кристаллизованный интеллект (Гаврилова, Ушаков, 2012). Предполагается, что кристаллизованный интеллект обеспечивает эффективное структурирование информации, облегчающее доступ к необходимым в данный момент элементам, что является весьма полезным при решении задач с подсказкой.

Выдвинутые гипотезы являются альтернативными, так как каждая из них предсказывает особый паттерн взаимосвязей между способностями и использованием подсказки в экспериментах, проведенных на вербальном и невербальном материале.

Для проверки гипотез нами были проведены два эксперимента, абсолютно идентичные по дизайну, однако различающиеся модальностью основной задачи. В первом случае использовалась вербальная дивергентная задача на составление слов из слова КИНЕМАТОГРАФ, во втором — невербальная дивергентная задача на завершение фигур.

Процедура обоих экспериментов состояла из трех этапов: 1) решение основной задачи; 2) инкубационный период; 3) продолжение решения основной задачи.

В качестве независимых переменных в каждом эксперименте варьировалась модальность подсказки — слово или рисунок.

---

предлагается решить задачу (1-й этап, стадия подготовки), потом делается (или не делается) перерыв в решении (стадия инкубации), а затем дается возможность вновь вернуться к решению задачи (проверка эффективности инкубационного периода). В зависимости от целей исследования, характеристики каждого из этапов (длительность, тип и сложность задач и т.д.) варьируются.

Зависимой переменной в обоих экспериментах было количество ответов, соответствующих подсказкам, составленных при повторном решении основной задачи<sup>2</sup>.

Дополнительно измерялись четыре вида способностей испытуемых: вербальный и невербальный интеллект, вербальная и невербальная креативность.

Если гипотеза о модальной специфичности эффекта подсказок верна, мы предполагаем следующие результаты:

1) *Модальная специфичность подсказок:* а) для основной вербальной задачи (эксперимент 1) подсказки-слова окажутся более эффективными, чем подсказки-картинки; б) для основной невербальной задачи (эксперимент 2) — наоборот, подсказки-картинки будут более эффективны, чем подсказки-слова.

2) *Модальная специфичность способностей по отношению к подсказке:* использование подсказок-слов будет положительно связано с вербальными способностями, а использование подсказок-картинок — с невербальными.

3) *Модальная специфичность способностей по отношению к задаче:* вербальные способности будут коррелировать больше с использованием подсказок в вербальной задаче (эксперимент 1), по сравнению с невербальной (эксперимент 2).

Если гипотеза об «универсальной» способности верна, то использование подсказок в экспериментальной группе будет независимо от модальности подсказки и задачи, но положительно связано с одной способностью — креативностью или вербальным интеллектом (Ansburg, Hill, 2003; Dominowski, Jenrick, 1972; Mednick et al., 1964; Mendelsohn, Griswold, 1964; Moss, 2002; Shaw, Conway, 1990; Гаврилова, Ушаков, 2012).

## Эксперимент 1

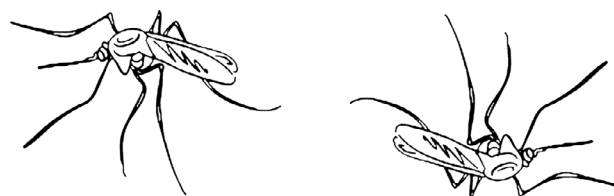
### Выборка

Сто четыре учащихся московских школ (47% юноши), средний возраст 14.9 лет ( $SD = 0.94$ ). В группу с подсказками-словами вошли 54 человека, в группу с подсказками-картинками — 50 человек.

### Стимулы

В пилотажном исследовании студенты московских вузов 1–4 курсов ( $N = 193$ ) составляли слова из слова КИНЕМАТОГРАФ в течение 20 минут (два блока, 12 и 8 минут). Для подсказок мы выбрали слова, которые в пилотажном исследовании составлялись относительно редко (ниже медианы частоты для всех составленных слов). Соответствующие им картинки были проверены на эквивалентность словам-подсказкам. Для этого мы показали картинки экспертам ( $N = 7$ ) и попросили их назвать то, что они видят. В исследование вошли картинки, которые были названы словом-подсказкой пятью или более экспертами. Дополнительно были подобраны фоновые картинки и соответствующие им слова, которые нельзя было составить из слова

<sup>2</sup> С поправкой на количество решений-подсказок на первом этапе. Подробности см. ниже в описании экспериментов.



**Рисунок 1.** Картинка-подсказка для инкубационного периода (комар).

КИНЕМАТОГРАФ. Каждый стимул представлял собой двойное изображение одного и того же объекта, одно из которых было перевернуто (или пару слов, в одном из которых была заменена буква). На рисунке 1 приведен пример картинки-подсказки. Всего в инкубационной задаче было 38 стимулов, 12 из которых являлись подсказками. Списки стимулов были организованы таким образом, что шесть подсказок встречались среди первых 12 стимулов, а другие шесть подсказок — среди последних 12 стимулов. Слова предъявлялись в том же порядке, что и соответствующие картинки. Полный список слов-подсказок см. в приложении, таблица 1.

### Процедура

Первый этап: основная задача. Испытуемых просили составить слова из букв длинного слова (КИНЕМАТОГРАФ). Слова должны были быть из пяти и более букв, нарицательные существительные в именительном падеже, единственном числе. Каждая буква могла быть использована столько раз, сколько она содержится в основном слове. На выполнение задания на этом этапе давалось 8 минут. В инструкции говорилось, что за отведенное время можно составить около 40 слов, и предлагалось постараться составить как можно больше. Эта и последующие части экспериментальной процедуры проводились на компьютере, с помощью программы E-Run 2.0.

Второй этап: инкубационная задача. На экране предъявлялись пары слов (или картинок). С одной стороны было нормальное слово (или картинка), а с другой — «неправильное слово» (или перевернутая картинка). От испытуемых требовалось нажимать на клавишу 1 или 0, в зависимости от того, с какой стороны находился искаженный стимул. Каждая проба начиналась с предъявления фиксационного креста на 1000 мс, затем предъявлялся стимул (пара слов или пара картинок) до ответа испытуемого. Перед основной серией шла тренировочная из четырех стимулов, в ходе которой давалась обратная связь о правильности ответа. В сумме перерыв в решении основной задачи длился около 5 минут, из которых непосредственно решение инкубационной задачи занимало порядка 2 минут.

Третий этап: продолжение решения основной задачи. Испытуемым вновь предлагалось вернуться к первому заданию и придумать новые слова из слова КИНЕМАТОГРАФ, помимо тех, что они придумали в первый раз. В инструкции говорилось, что всего таких слов можно составить более 140 (что соответствует истине). На выполнение задания снова давалось 8 минут.

### Тесты способностей

**Вербальный интеллект:** русская версия вербальной шкалы теста Р. Амтхауэра (общая осведомленность, вербальные аналогии и обобщение, в адаптации Е.А. Валуевой, показатели надежности методик см. Валуева, Ушаков, 2010); Тест отдаленных ассоциаций С. Медника, в котором нужно к тройке слов подобрать четвертое, которое образует устойчивые словосочетания с каждым из трех (в адаптации Е.А. Валуевой и Д.В. Ушакова, показатели надежности методик см. Валуева, Ушаков, 2010); **Вербальная креативность:** «Необычное использование предмета» Дж. Гилфорда (Аверина, Щепланова, 1996) (предметы спичка и скрепка, 5 минут на предмет); «Последствия» Е.П. Торранса, где требовалось придумать как можно больше возможных последствий для какого-либо изменения в мире, например, «Если бы все люди разом разучились читать и писать». **Невербальная креативность:** Рисуночный тест творческого мышления К. Урбана (Urban, Jellen, 1996). **Невербальный интеллект:** Продвинутое прогрессивные матрицы Равена (Равен, 2002).

### Результаты

Из анализа были исключены данные испытуемых, показавших среднюю точность в инкубационной задаче менее .75 (два человека из группы с подсказками-словами).

Не было обнаружено значимых различий по показателям тестов способностей, также по комплексным значениям вербального интеллекта и вербальной креативности (среднее z-значений по соответствующим тестам) между группой, получившей подсказки-слова и группой с подсказками-картинками, что позволяет говорить об эквивалентности исследуемых групп (см. таблицу 1).

Индекс использования подсказки на третьем этапе был подсчитан по формуле:

$$\text{Индекс подсказки} = \text{Подсказки}_3 / (\text{Все\_подсказки} - \text{Подсказки}_1),$$

где «Подсказки\_3» — это количество составленных «подсказок» на третьем этапе, «Все\_подсказки» — общее количество подсказок, а «Подсказки\_1» — это количество «подсказок», случайно составленных на первом этапе.

На рисунке 2 показаны гистограммы индекса подсказки по группам.

В таблице 2 представлены непараметрические описательные статистики (медиана и межквартильный размах) индекса использования подсказки в группах с подсказками-словами и подсказками-картинками.

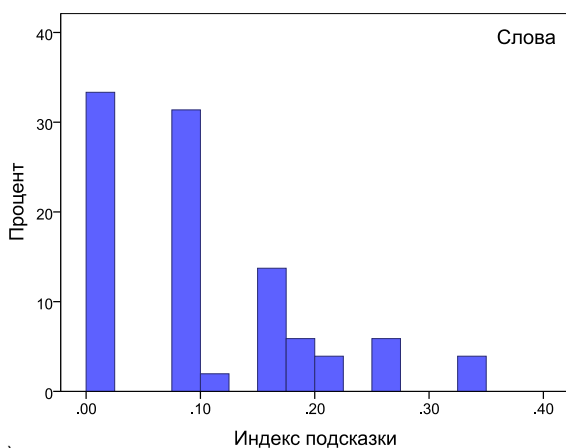
**Таблица 1.** Средние и стандартные отклонения (в скобках) для показателей по тестам способностей в эксперименте 1

Способность	Методика	Слова	Картинки
Вербальный интеллект	Вербальная шкала Амтхауэра	31.2 (11.7)	29.4 (10.5)
	Тест отдаленных ассоциаций	12.1 (5.8)	12.1 (5.3)
Невербальный интеллект	Продвинутое прогрессивные матрицы Равена	18.1 (7.4)	16.5 (5.7)
Вербальная креативность	Необычное использование	23.1 (9.9)	22.6 (10.3)
	Последствия	8.1 (4.4)	7.8 (5.0)
Невербальная креативность	Тест Урбана	10.4 (7.0)	9.8 (6.8)

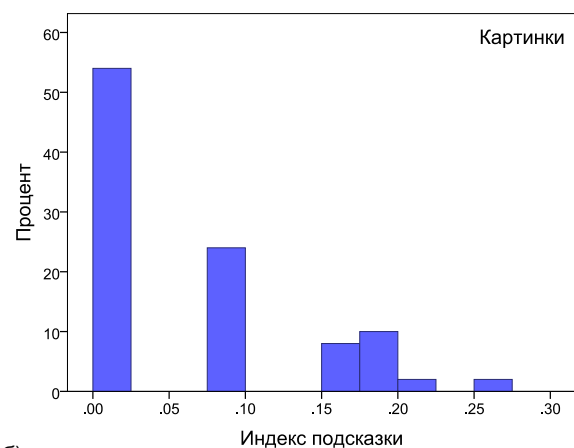
**Таблица 2.** Непараметрические описательные статистики индекса использования подсказки в группах с разным типом подсказок

		Слова	Картинки
Все подсказки	Медиана	0.08	0.00
	Межквартильный размах	0.17	0.09
Подсказки в начале	Медиана	0.08	0.00
	Межквартильный размах	0.19	0.17
Подсказки в конце	Медиана	0.00	0.00
	Межквартильный размах	0.17	0.09

Расчет всех представленных ниже корреляций способностей с индексом подсказки производился при контроле общего количества слов, составленных на третьем этапе (беглость), поскольку беглость положительно коррелирует с обоими показателями — и с использованием подсказок, и со способностями.



а)



б)

**Рисунок 2.** Распределение индекса подсказки по группам: а) подсказки-слова, б) подсказки-картинки.

*Проверка гипотезы о модальной специфичности подсказки.* Подсказки-слова использовались чаще, чем подсказки-картинки (по критерию Манна-Уитни:  $U = 1060, p = .048, Z = -1.978$ ). В этом и дальнейшем статистических тестах с использованием индекса-подсказки мы использовали непараметрические методы сравнения групп и непараметрические коэффициенты корреляции, поскольку распределение индекса подсказки далеко от нормального.

Таким образом, гипотеза о модальной специфичности подсказки в вербальном эксперименте подтвердилась.

*Проверка гипотезы о модальной специфичности способностей по отношению к подсказке.* Корреляции способностей с использованием подсказок в двух группах (подсказки-слова и подсказки-картинки) представлены в таблице 3. Согласно гипотезе о модальной специфичности способностей по отношению к подсказке, мы ожидали получить значимые корреляции использования подсказок-слов с вербальными способностями, а подсказок-картинок — с невербальными. Однако гипотеза не подтвердилась: не было обнаружено значимых связей индекса подсказок-слов и подсказок-картинок с соответствующими способностями.

*Проверка гипотезы о модальной специфичности способностей по отношению к задаче.* Для проверки данной гипотезы мы объединили две группы испытуемых (с подсказками-словами и подсказками-картинками), предварительно переведя индексы подсказки в каждой группе в z-оценки. Были посчитаны корреляции способностей с индексом подсказки для объединенной группы. Согласно гипотезе о модальной специфичности способностей, мы ожидали получить значимые корреляции индекса подсказки с вербальными способностями (интеллектом и креативностью). Однако мы не обнаружили ни одной значимой корреляции.

*Проверка гипотезы об универсальной способности, связанной с использованием подсказок.* Согласно данной гипотезе, мы ожидали получить значимые связи между использованием подсказок и одним типом способностей — вербальным интеллектом или креативностью. Мы обнаружили, что корреляция вербального интеллекта с индексом подсказок-картинок достигает

значимости для подсказок, данных в конце выполнения инкубационной задачи ( $r = .292, p = .042$ , для всех подсказок-картинок  $r = .215, p = .138$ ). Невербальная креативность показала отрицательную связь с эффектом подсказок-картинок ( $r = -.33, p = .025$ ), особенно для подсказок в начале ( $r = -.338, p = .022$ ). Таким образом, гипотеза о единой способности также не находит подтверждения.

Таким образом, в эксперименте 1 мы нашли частичное подтверждение первой гипотезы о модальной специфичности подсказок: подсказки-слова использовались при повторном решении испытуемыми чаще, чем подсказки-картинки. Вторая и третья гипотезы не подтвердились. Во-первых, не было обнаружено значимых корреляций использования подсказок-слов с вербальными способностями, а подсказок-картинок — с невербальными. Во-вторых, мы не обнаружили связей вербальных способностей с обобщенным показателем использования подсказки при объединении двух групп испытуемых. Гипотеза об универсальной способности, связанной с использованием подсказок, также не нашла эмпирического подтверждения. В то же время использование подсказок-картинок (особенно, предъявленных в конце) положительно коррелировало с вербальным интеллектом испытуемых.

## Эксперимент 2

### Выборка

Студенты московских вузов ( $N = 67$ , из них 22% юноши), средний возраст 20 лет ( $SD = 1.4$ ). В группу с подсказками-словами вошли 32 человека, в группу с подсказками-картинками — 35 человек.

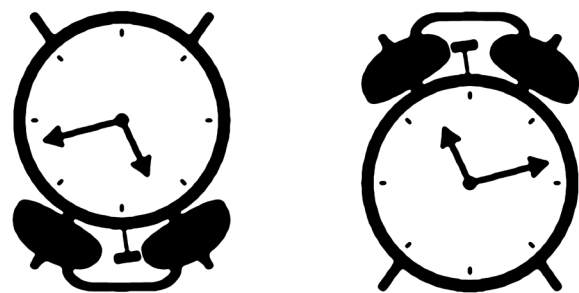
### Стимулы

В качестве слов-подсказок был подобран список слов из пяти и более букв, обозначающих предметы, содержащиеся в прототипическом изображении круг. Для проверки наличия круга в изображениях группы из семи экспертов (студенты старших курсов и люди с высшим образованием) просили нарисовать предметы, обозначенные словами-стимулами. Были отобраны те слова, картинки для которых содержали круги не менее, чем в пяти случаях. Затем к этим словам были подобраны картинки в простом графическом стиле, изображающие эти предметы (см. рисунок 3). Всего

**Таблица 3.** Корреляции способностей с индексом подсказки в экспериментальных группах

	Слова		Картинки	
	Подсказка в начале	Подсказка в конце	Подсказка в начале	Подсказка в конце
Вербальный интеллект	-.169	.092	.073	.292*
Невербальный интеллект	.108	.029	-.204	-.150
Вербальная креативность	-.070	-.049	-.111	.152
Невербальная креативность	-.077	.027	-.338 *	-.165

\*  $p < .05$



**Рисунок 3.** Пример картинки для инкубационного задания в эксперименте 2 (будильник).



для подсказок было отобрано 12 пар слов-картинок, но две из них были впоследствии исключены из анализа, так как в одном случае слово (шарик) являлось основой для разных вариантов картинок (елочный/воздушный), а в другом случае картинка (глобус) являлась основой для создания нескольких различных рисунков (как глобуса, так и планет). Кроме того, было подобрано 26 нейтральных стимулов, не содержащих изображения круга. Всего в инкубационной задаче было 38 стимулов, из которых 10 являлись подсказками. Картинки предъявлялись в том же порядке, что и слова. Полный список слов-подсказок см. в приложении, таблица 2.

**Процедура**

Первый этап: основная задача. Испытуемым предлагалось рисовать картинки на основе незаконченных фигур — окружностей диаметра 2 см, расположенных на обеих сторонах листа А4 сеткой 4×5, всего было 40 окружностей. На рисование давалось 8 минут. Инструкция призвала испытуемых использовать как можно больше окружностей, и в ней упоминалось, что за отведенное время можно нарисовать более 30 интересных картинок.

Второй этап: инкубационная задача. Полностью повторяет процедуру инкубационной задачи в эксперименте 1.

Третий этап: продолжение решения основной задачи. Испытуемым вновь предлагалось вернуться к первому заданию и нарисовать новые картинки на основе незаконченных фигур (на таких же бланках, как на первом этапе), помимо тех, что они придумали в первый раз. На выполнение задания снова давалось 8 минут.

**Тесты способностей**

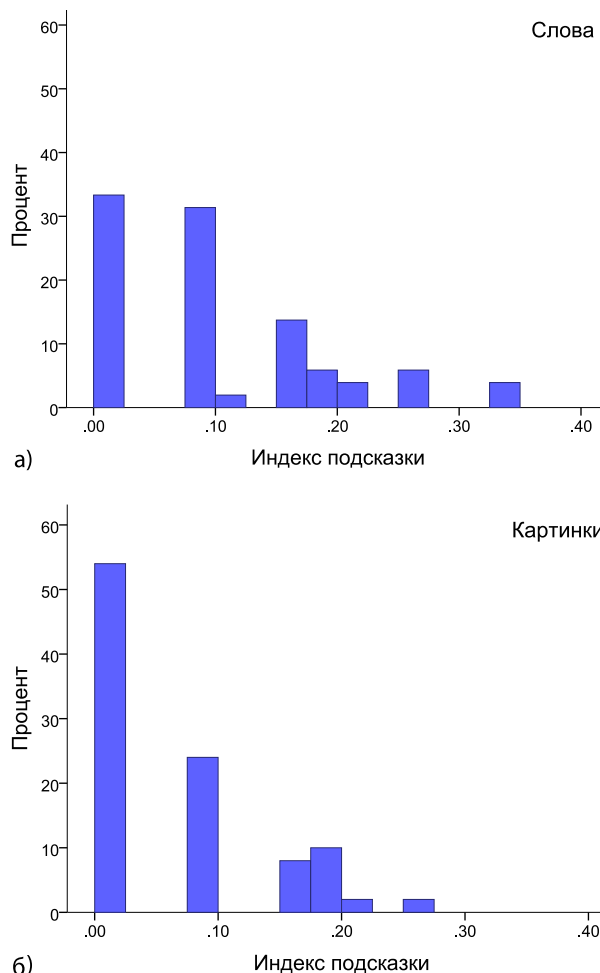
Тесты способностей те же, что и в эксперименте 1, за исключением того, что для измерения вербальной креативности использовался только тест «Необычное использование», но не тест «Последствия».

**Результаты**

По результатам решения инкубационной задачи все испытуемые показали точность реакций выше 89%, поэтому все они были включены в анализ.

**Таблица 4.** Средние и стандартные отклонения (в скобках) для показателей по тестам способностей в эксперименте 2

Способность	Методика	Слова	Картинки
Вербальный интеллект	Вербальная шкала Амтхауэра	39.5 (9.8)	40.7 (9.2)
	Тест отдаленных ассоциаций	8.1 (5.3)	9.2 (4.8)
Невербальный интеллект	Продвинутые прогрессивные матрицы Равена	22.9 (6.2)	22.6 (5.2)
Вербальная креативность	Необычное использование	11.3 (4.4)	13.3 (5.8)
Невербальная креативность	Тест Урбана	31.2 (10.2)	29.7 (11.8)



**Рисунок 4.** Распределение индекса подсказки по группам: а) подсказки-слова, б) подсказки-картинки.

Не было обнаружено значимых различий по показателям тестов способностей, а также по комплексным значениям вербального интеллекта (среднее z-значений по соответствующим тестам) между группами, получившими подсказки-слова и подсказки-картинки (см. таблицу 4).

Индекс использования подсказки на третьем этапе был подсчитан по формуле из эксперимента 1. Распределение индекса подсказки отражено на рисунке 4.

В таблице 5 представлены непараметрические описательные статистики (медиана и межквартильный размах) индекса использования подсказки в группах с подсказками-словами и подсказками-картинками.

Расчет всех представленных ниже корреляций способностей с индексом подсказки производился при контроле беглости (количество нарисованных испытуемым картинок), так как беглость положительно коррелировала как с использованием подсказок, так и со способностями испытуемых.

*Проверка гипотезы о модальной специфичности подсказки.* Значимых различий по частоте использования между подсказками-словами и подсказками-картинками обнаружено не было. Таким образом, гипотеза о модальной специфичности подсказки в невербальном эксперименте не подтвердилась.

*Проверка гипотезы о модальной специфичности способностей по отношению к подсказке.* Корреляции способностей с использованием подсказок



**Таблица 5.** Непараметрические описательные статистики индекса использования подсказки в группах с разным типом подсказок

		Слова	Картинки
Все подсказки	Медиана	0.13	0.11
	Межквартильный размах	0.31	0.20
Подсказки в начале	Медиана	0.00	0.20
	Межквартильный размах	0.33	0.20
Подсказки в конце	Медиана	0.10	0.00
		0.31	0.25

в двух группах (подсказки-слова и подсказки-картинки) представлены в таблице 6. Согласно гипотезе о модальной специфичности способностей по отношению к подсказке, мы ожидали получить значимые корреляции использования подсказок-слов с вербальными способностями, а подсказок-картинок — с невербальными. Однако, как и в случае вербального эксперимента, гипотеза не подтвердилась: не было обнаружено значимых связей индекса подсказок-слов со способностями соответствующей модальности.

*Проверка гипотезы о модальной специфичности способностей по отношению к задаче.* Для проверки данной гипотезы мы проделали процедуру, аналогичную той, что была сделана для вербального эксперимента. Мы объединили две группы испытуемых (с подсказками-словами и подсказками-картинками), предварительно переведя индексы подсказки в каждой группе в  $z$ -оценки. Были посчитаны корреляции способностей с индексом подсказки для объединенной группы. Согласно гипотезе о модальной специфичности способностей, мы ожидали получить значимые корреляции индекса подсказки с невербальными способностями (интеллектом и креативностью). Однако мы не обнаружили ни одной значимой корреляции.

*Проверка гипотезы об универсальной способности, связанной с использованием подсказок.* Так же как и в вербальном эксперименте, мы обнаружили, что использование подсказок-картинок, данных в конце инкубационной задачи, положительно связано с вербальным интеллектом ( $r = .356$ ,  $p = .039$ , для всех подсказок-картинок  $r = .202$ ,  $p = .25$ ). Связи креативности с использованием подсказок обнаружено не было.

Таким образом, в отличие от эксперимента 1, ни один из типов подсказок не получил преимущества по сравнению с подсказками другой модальности, что свидетельствует против первой гипотезы о модальной специфичности подсказок. Использование подсказок-слов снова не показало связей с вербальными, а подсказок-картинок — с невербальными способностями. Эти данные говорят против гипотезы о модальной специфичности способностей по отношению к подсказке. Также не подтвердилась и гипотеза о модальной специфичности способностей по отношению к задаче — не было обнаружено связи между использованием подсказок и невербальными способностями. Гипотеза об «универсальной» способности, связанной с использованием подсказок, также не подтвердилась.

**Таблица 6.** Корреляции способностей с индексом подсказки в экспериментальных группах

	Слова		Картинки	
	Подсказка в начале	Подсказка в конце	Подсказка в начале	Подсказка в конце
Вербальный интеллект	-.019	-.037	-.086	.356*
Невербальный интеллект	-.046	.132	-.081	.173
Вербальная креативность	-.151	.033	-.005	.273
Невербальная креативность	.159	.003	-.123	.051

\*  $p < .05$

В то же время использование подсказок-картинок, предъявленных в конце инкубационного периода, повторно показало положительные корреляции с вербальным интеллектом.

Учитывая тот факт, что один и тот же результат повторился в двух экспериментах, мы провели мини-метаанализ двух исследований. Средний коэффициент корреляции (взвешенный по количеству испытуемых, Hunter, Schmidt, 2004) между вербальным интеллектом и количеством использованных подсказок-картинок, предъявленных в конце инкубационного периода, составил  $.32$  ( $p = .003$ ; при поправке на множественные сравнения  $p = .024$ ).

## Обсуждение результатов

Результаты двух экспериментов в целом противоречат гипотезе о модальной специфичности эффекта подсказки. Во-первых, хотя слова-подсказки оказались более эффективны для вербальной задачи, мы не обнаружили преимущества подсказок-картинок для невербальной задачи. Во-вторых, мы не обнаружили преимущества вербальных способностей при использовании подсказок-слов и невербальных способностей при использовании подсказок-картинок. В-третьих, мы не обнаружили преимущества вербальных способностей в использовании подсказок в вербальном эксперименте и преимущества невербальных способностей в использовании подсказок в невербальном эксперименте.

Результаты двух экспериментов также противоречат и гипотезе о единой способности, связанной с использованием подсказок в решении задач. Ни креативность, ни вербальный интеллект не показали себя как «универсальные» способности, связанные с использованием подсказок различной модальности.

Вместе с тем в отношении вербального интеллекта и креативности мы получили интересные результаты, заслуживающие отдельного обсуждения. Вербальный интеллект показал устойчивые связи с использованием подсказок-картинок (предъявленных в конце инкубации) как для вербальной, так и для невербальной задачи. А креативность в одном из экспериментов

(вербальном) отрицательно коррелировала с использованием подсказок. Последний факт представляется весьма интересным, так как он воспроизводит результаты, полученные ранее (Лаптева, Валуева, 2010).

Одно из возможных объяснений этой закономерности может быть связано с дивергентным характером основной задачи. Более креативные испытуемые, генерируя больше ответов на первом этапе, в большей степени ощущают завершенность решения задачи, поэтому в меньшей степени оказываются чувствительны к подсказке. Гипотеза оказалась бы справедливой, если бы на первом этапе решения задачи более креативные испытуемые были бы более продуктивны в генерировании решений. Для проверки этого предположения нами были посчитаны корреляции показателей по тесту Урбана и продуктивности выполнения основной задачи на первом этапе. В эксперименте с вербальной задачей (для которой была получена отрицательная связь креативности и использования подсказки) коэффициент корреляции составил  $r = .22$  ( $p < .01$ ), а для невербальной (где связи обнаружено не было) —  $r = -.16$  ( $p = .18$ ). Любопытно, что в цитированном выше исследовании (Лаптева, Валуева, 2010) отрицательная связь между креативностью и использованием подсказки была обнаружена для тех испытуемых, кто более продуктивно работал на первом этапе. Таким образом, представленное объяснение находит эмпирические подтверждения.

Альтернативное объяснение можно искать в особенностях процессов кодирования и извлечения информации людьми с разным уровнем креативности. Можно предположить, что более креативные испытуемые способны к большей концентрации при решении инкубационной задачи, что приводит к ухудшению кодирования всего материала, который не связан с прямым продуктом деятельности. Полученный факт имеет особое значение, потому что противоречит распространенным представлениям о связи творческих способностей с широким паттерном активации семантической сети, дающем преимущество при извлечении отдаленных элементов опыта и использовании случайно встреченных подсказок (Martindale, 1989, 1995; Mendelsohn, 1976). Альтернативная гипотеза говорит о связи творческих способностей с успешностью переключения между сфокусированным и расфокусированным вниманием в зависимости от требований задачи (Дорфман, Гасимова, Булатов, 2006). Репликация факта негативной связи креативности с использованием подсказки (как и его дальнейшая интерпретация) возможна при тщательном анализе условий, в которых этот феномен наблюдается.

Мы не получили однозначного свидетельства в пользу того, что действие подсказки модально специфично (то есть решению вербальной задачи помогают вербальные подсказки, а решению невербальной — невербальные). В эксперименте с составлением слов значимым преимуществом пользовались вербальные подсказки, в то время как в невербальной задаче различия (хотя и были в пользу вербальных подсказок) не достигли значимого уровня. Можно предположить, что использование подсказки связано с двумя процессами. Во-первых, использование подсказки облегчает

ся при ее совпадении с модальностью основной задачи. Во-вторых, существует преимущество вербального кода перед другими (например, перед пространственным). Последнее находит подтверждение в работах В.Н. Дружинина. Основываясь на данных об асимметрии распределения баллов по тестам интеллекта, В.Н. Дружинин предполагал, что существует определенный порядок освоения кодов в онтогенезе человека: поведенческий, вербальный, пространственный и числовой (Дружинин, 2001). В невербальной задаче эти два процесса (совпадение модальности подсказки и задачи и преимущество вербального кода) вступают в противоречие, что отражается в отсутствии значимого преимущества одного из них.

Об особом статусе вербального кода говорит и другой наш результат: более успешное использование невербальной подсказки, предъявленной в конце инкубационного периода, связано с вербальным интеллектом. Мы предлагаем трактовку этих результатов, исходя из предположения, что измеренные нами вербальные способности отражают уровень кристаллизованного интеллекта испытуемых. Под кристаллизованным интеллектом принято понимать «широту и глубину культурно специфических знаний и навыков» (Schneider, McGrew, 2012, p. 122). Считается, что хорошей мерой кристаллизованного интеллекта являются вербальные тесты, выявляющие словарный запас, общую осведомленность, чувствительность к лексическим и грамматическим нюансам (Postlethwaite, 2011; Schneider, McGrew, 2012). Используемые в нашем исследовании тесты вербального интеллекта (вербальные шкалы теста Амтхауэра, тест отдаленных ассоциаций) можно отнести к тестам, измеряющим кристаллизованный интеллект (Postlethwaite, 2011).

Кристаллизованный интеллект, в отличие от флюидного, отвечает за организацию схем знаний (то есть за построение структуры семантической сети) (Гаврилова, Ушаков, 2012). Мы предполагаем, что хранение информации об элементах предъявленных нами задач (как вербальной, так и невербальной) происходит на основе вербальной (или шире — семантической) репрезентации. При предъявлении невербальной подсказки испытуемые с более высоким кристаллизованным интеллектом более успешно преобразуют полученную информацию в соответствующий код. Причины, по которым связь между вербальными способностями и использованием подсказки получена только для подсказок, предъявленных в конце инкубационного периода, могут быть двоякими. С одной стороны, люди с высоким кристаллизованным интеллектом имеют более легкий доступ к хранящейся в памяти информации и поэтому легче находят соответствие между поступившей подсказкой и предъявленной ранее задачей. С другой стороны, они могут легче соотносить только что полученную подсказку с предъявленной на втором этапе задачей. Какое из предположений верно — вопрос для будущего экспериментального исследования.

## Заключение

Результаты проведенных экспериментов показывают, что эффекты подсказки при решении задач не являются модально специфичными, то есть подсказки в соответствующей задаче модальности не обладают однозначным преимуществом. Преимуществом скорее пользуются вербальные подсказки как легкая для автоматизированной переработки информация (Дружинин, 2001). Мы также не обнаружили связей вербальных и невербальных способностей с использованием подсказок соответствующих модальностей. Гипотеза о единой способности также не нашла подтверждения: нам не удалось выявить способность, которая была бы связана с использованием любых типов подсказок в любых задачах. Вместе с тем мы получили результат, который воспроизвелся в двух экспериментах: связь вербального интеллекта с использованием невербальных подсказок, предъявленных на поздних этапах инкубационного периода. Такие результаты позволяют по-новому сформулировать гипотезы о связи способностей с эффективностью использования подсказки. Можно предположить, что в целом индивидуальные различия в интеллектуальных и творческих способностях не связаны с вероятностью использования подсказки при решении задач. Однако некоторые способности (предположительно, вербальный интеллект) в определенных условиях (если требуется перевод репрезентации в вербальный код) могут быть связаны с более эффективным использованием подсказки. Траектория полученных результатов исходит из предположения, что измеренные нами вербальные способности отражают уровень кристаллизованного интеллекта испытуемых.

Современные данные показывают, что интеллект не в меньшей степени, чем показатели по тестам креативности, предсказывает творческие достижения человека (Cramond et al., 2005; Jauk et al., 2014; Plucker, 1999). В настоящем исследовании мы попытались приблизиться к пониманию механизмов, которые стоят за связью кристаллизованного интеллекта с процессами, занятыми в творческом мышлении. Кристаллизованный интеллект обеспечивает эффективное кодирование и структурирование знаний в виде элементов и связей семантической сети, что обеспечивает легкость доступа к ним. Роль кристаллизованного интеллекта (вербальных способностей) становится особенно важна, если требуется смена модальности репрезентации (например, при соотнесении задачи с подсказкой).

## Литература

Аверина И.С., Щепланова Е.И. Вербальный тест творческого мышления «Необычное использование». Москва: Сборь, 1996.

Валуева Е. А., Белова С.С. Диагностика творческих способностей: методы, проблемы, перспективы // Творчество: от биологических предпосылок к культурным феноменам / Под ред. Д.В. Ушакова. Москва: Институт психологии РАН, 2011. С. 625–647.

Валуева Е.А., Лаптева Е.М. Феномен подсказки при решении задач: взгляд со стороны психологии творчества. Часть 2. Эффекты подсказки в решении сложных когнитивных задач // Психология. Журнал Высшей Школы Экономии. 2012. Т. 9. №3. С. 140–162.

Валуева Е.А., Ушаков Д.В. Эмпирическая верификация модели соотношения предметных и эмоциональных способностей // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2010. Т. 7. №2. С. 103–114.

Гаврилова Е.В., Ушаков Д.В. Использование периферийной информации в решении задач как функция интеллекта // Экспериментальная Психология. 2012. Т. 5. №3. С. 21–31. URL: <http://psyjournals.ru/exp/2012/n3/53990.shtml>

Дорфман Л.Я., Гасимова В.А., Булатов А.В. Тест «Задания на внимание» и его возможности в исследовании креативности // Вестник Пермского государственного педагогического университета. Серия 1. Психология. 2006. №2. С. 34–36.

Дружинин В.Н. Когнитивные способности: структура, диагностика и развитие. М.; СПб: Пер сз; Иматон-М, 2001.

Лаптева Е.М., Валуева Е.А. Роль креативности в использовании подсказок при решении задач // Психология. Журнал Высшей Школы Экономии. 2010. Т. 7. №4. С. 97–107.

Равен Д.К. Продвинутое прогрессивные матрицы Равена. М.: Когито-Центр, 2002.

Рубинштейн С.Л. Основная задача и метод психологического исследования мышления // Психология мышления / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.В. Петухова. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 281–288.

Славская К.А. Детерминация процесса мышления // Исследования мышления в советской психологии. М.: Наука, 1966. С. 175–224

Ansburg P.L., Hill K. Creative and analytic thinkers differ in their use of attentional resources // Personality and Individual Differences. 2003. Vol. 34. No.7. P. 1141–1152. doi:10.1016/S0191-8869(02)00104-6

Cramond B., Matthews-Morgan J., Bandalos D., Zuo L. A report on the 40-year follow-up of the Torrance Tests of Creative Thinking: Alive and well in the new millennium // Gifted Child Quarterly. 2005. Vol. 49. No.4. P. 283–291. doi:10.1177/001698620504900402

Dominowski R.L., Jenrick R. Effects of hints and interpolated activity on solution of an insight problem // Psychonomic Science. 1972. Vol. 26. No.6. P. 335–338. doi:10.3758/BF03328636

Hunter J.E., Schmidt F.L. Methods of meta-analysis: correcting error and bias in research findings. Thousand Oaks, CA: Sage, 2004.

Jauk E., Benedek M., Neubauer A.C. The road to creative achievement: a latent variable model of ability and personality predictors // European Journal of Personality. 2014. Vol. 28. No. 1. P. 95–105. doi:10.1002/per.1941

Martindale C. Personality, situation, and creativity // Handbook of creativity / J. Glover, R. Ronning, C. Reynolds (Eds.). New York: Plenum, 1989. P. 211–232.

Martindale C. Creativity and connectionism // The creative cognition approach / S.M. Smith, T.B. Ward, R.A. Finke (Eds.). Cambridge, MA: Bradford, 1995. P. 249–268.

Mednick M.T., Mednick S.A., Mednick E.V. Incubation of creative performance and specific associative priming // The Journal of Abnormal and Social Psychology. 1964. Vol. 69. No. 1. P. 84–88. URL: <http://psycnet.apa.org/?&fa=main.doiLanding&doi=10.1037/h0045994>

Mendelsohn G.A. Associative and attentional processes in creative performance // Journal of Personality. 1976. Vol. 44. No.2. P. 341–369.

Mendelsohn G.A., Griswold B.B. Differential use of incidental stimuli in problem solving as a function of creativity // The Journal of Abnormal and Social Psychology. 1964. Vol. 68. No.4. P. 431–436. doi:10.1037/h0040166

Moss S.A. The impact of environmental clues in problem solving and incubation: The moderating effect of ability // Creativity Research Journal. 2002. Vol. 14. No.2. P. 207–211. doi:10.1207/S15326934CRJ1402\_7

*Plucker J.A.* Is the proof in the pudding? Reanalyses of Torrance's (1958 to present) longitudinal data // *Creativity Research Journal*. 1999. Vol. 12. No. 2. P. 103–114. doi:10.1207/s15326934crj1202\_3

*Postlethwaite B.E.* Fluid ability, crystallized ability, and performance across multiple domains: a meta-analysis. PhD dissertation. University of Iowa, 2011. URL: <http://ir.uiowa.edu/etd/1255>.

*Schneider W., McGrew K.* The Cattell-Horn-Carroll model of intelligence // *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* / D. Flanagan, P. Harrison (Eds.). New York: Guilford, 2012. P. 99–144. URL: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+Cattell-Horn-Carroll+Model+of+Intelligence#1>

*Seifert C.M., Meyer D.E., Davidson N., Patalano A.L., Yaniv I.* Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared-mind hypothesis // *The nature of insight* /

R.J. Sternberg, J.E. Davidson (Eds.). Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1994. P. 65–124. URL: <http://wescholar.wesleyan.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1228&context=div3facpubs>.

*Shaw G.A., Conway M.* Individual differences in nonconscious processing: The role of creativity // *Personality and Individual Differences*. 1990. Vol. 11. No. 4. P. 407–418. doi:10.1016/0191-8869(90)90224-F

*Sio U.N., Ormerod T.C.* Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review // *Psychological Bulletin*. 2009. Vol. 135. No. 1. P. 94–120. doi:10.1037/a0014212

*Urban K.K.* Assessing creativity: The Test for Creative Thinking — Drawing Production (TCT-DP) // *International Education Journal*. 2005. Vol. 6. No. 3. P. 272–280.

*Wallas G.* The art of thought. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1926.

## Приложение

**Таблица 1.** Список слов для инкубационной задачи в эксперименте 1

Слово слева	Слово справа	Правильный ответ	Подсказка
чайник	чайнок	0	0
<b>фираон</b>	<b>фараон</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
глобус	глобус	0	0
кектус	кактус	1	0
<b>гимара</b>	<b>гитара</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
лампа	ламса	0	0
<b>кафтан</b>	<b>кафлан</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
матфешка	матрешка	1	0
<b>нимер</b>	<b>номер</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
метла	матла	0	0
<b>книга</b>	<b>книва</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>ангар</b>	<b>ангур</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
телемкоп	телескоп	1	0
пильма	пальма	1	0
самолет	саморет	0	0
ябляко	яблоко	1	0
пингкин	пингвин	1	0
медведь	модведь	0	0
плита	пцита	0	0
попугый	попугай	1	0
сапог	сатог	0	0
роиль	рояль	1	0
коньти	коньки	1	0
шляпа	шляка	0	0
граша	груша	1	0
ведро	вюдро	0	0
<b>кармас</b>	<b>карман</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
черепаха	черезаха	0	0
колидец	колодец	1	0
<b>комар</b>	<b>копар</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
лодка	лудка	0	0
<b>икона</b>	<b>икена</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
паласка	палатка	1	0
валосипед	велосипед	1	0
<b>кэртина</b>	<b>картина</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>рогатка</b>	<b>розатка</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
телефон	терефон	0	0
<b>кемин</b>	<b>камин</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Подсказки выделены жирным шрифтом.

**Таблица 2.** Список слов для инкубационной задачи в эксперименте 2

Правильный ответ	Подсказка	Слово слева	Слово справа
0	0	лебедь	ленеть
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ябляко</b>	<b>яблоко</b>
0	0	замок	зумок
0	1	шарик	шатик
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>валосипед</b>	<b>велосипед</b>
1	0	кектус	кактус
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>сдеговик</b>	<b>снеговик</b>
0	0	ботинок	бозинок
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>попугый</b>	<b>попугай</b>
1	0	пильма	пальма
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>медаль</b>	<b>меналь</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>арбуз</b>	<b>аргуз</b>
1	0	кэртина	картина
0	0	чайник	чайнок
0	0	лодка	лудка
1	0	кемин	камин
0	0	самолет	саморет
1	0	фираон	фараон
1	0	тюсьпан	тюльпан
0	0	собака	сибака
0	0	сапог	сатог
1	0	свача	свеча
0	0	медведь	мешведь
0	0	ворота	вярота
1	0	паласка	палатка
1	0	конар	комар
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>быдильник</b>	<b>будильник</b>
0	0	рогатка	розатка
1	0	челодан	чемодан
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>глобус</b>	<b>глабус</b>
0	0	книга	книва
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>штурвал</b>	<b>штурвул</b>
1	0	роиль	рояль
1	0	коньси	коньки
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>мюшина</b>	<b>машина</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>светофор</b>	<b>слетофор</b>
0	0	кафтан	кафжан
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>компес</b>	<b>компас</b>

Подсказки выделены жирным шрифтом.



## research papers

# Using a Cue in Problem Solving: Modal Specificity or Universal Ability?

**Ekaterina Valueva**

Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia

**Ekaterina Lapteva**

Federal Institute of Development of Education, Moscow, Russia

**Abstract.** The aim of the present study was to clarify the role of verbal and non-verbal abilities (intelligence and creativity) in the usage of cues in problem solving. We tested the hypothesis of the modal specificity of using a cue: that the cue will be used more often if its modality (verbal or non-verbal) is congruent to the modality of the problem and/or to the modality of a person's abilities. In parallel, we checked the hypothesis of the existence of a universal ability that underlies the establishment of the cue-problem association independent of their modalities. We conducted the two experiments of identical design but with different modalities of the main task. In both experiments, we measured participants' abilities: verbal and non-verbal intelligence, verbal and non-verbal creativity. In Experiment 1, we used the verbal divergent task of word composition. In the Experiment 2, we used the non-verbal divergent task of picture completion. In the first case, verbal cues were used more often than non-verbal ones, but we did not find a symmetric pattern in Experiment 2. The modality congruence of abilities with the main task/cue did not have any advantage in either experiments. Verbal intelligence correlated positively with the usage of non-verbal cues (but not with verbal ones) in both experiments. The role of verbal intelligence is interpreted as providing non-verbal cue encoding, which allows associations with the main task.

**Correspondence:** Ekaterina Valueva, [ekval@list.ru](mailto:ekval@list.ru), Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, Yaroslavskaya 13b1, 129366, Moscow, Russia; Ekaterina Lapteva, [ek.lapteva@gmail.com](mailto:ek.lapteva@gmail.com)

**Keywords:** thinking, intelligence, verbal intelligence, creativity, abilities, cue

**Copyright** © 2015. Ekaterina Valueva, Ekaterina Lapteva. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

**Acknowledgments.** Research was supported by Russian Foundation for Humanities grant No. 14-36-01293a2, grant No. 15-36-01362a2.

Received 01 March 2015, accepted 24 September 2015.

## References

- Ansburg, P.I., & Hill, K. (2003). Creative and analytic thinkers differ in their use of attentional resources. *Personality and Individual Differences*, 34(7), 1141–1152. doi:10.1016/S0191-8869(02)00104-6
- Averina, I.S., & Shcheblanova, E.I. (1996). *Verbalnij test tvorcheskogo myshlenija "neobychnoe ispolzovanie"* [Verbal test of creative thinking "unusual uses"]. Moscow: Sobor. (In Russian).
- Cramond, B., Matthews-Morgan, J., Bandalos, D., & Zuo, L. (2005). A report on the 40-year follow-up of the Torrance Tests of Creative Thinking: Alive and well in the new millennium. *Gifted Child Quarterly*, 49(4), 283–291. doi:10.1177/001698620504900402
- Dominowski, R.L., & Jenrick, R. (1972). Effects of hints and interpolated activity on solution of an insight problem. *Psychonomic Science*, 26(6), 335–338. doi:10.3758/BF03328636
- Dorfman, L.Y., Gasimova, V.A., & Bulatov, A.V. (2006). Test "Zadanija na vnimanie" i ego vozmozhnosti v issledovanii kreativnosti [Test "Attention Tasks" and its potential for application to creativity research]. *Perm University Herald. Series 1. Psychology*, (2), 34–36. (In Russian).

- Druzhinin, V.N. (2001). [Cognitive abilities: structure, diagnostics of development] Moscow, Saint-Petersburg: PER SE, Imaton. (In Russian).
- Gavrilova, E.V., & Ushakov, D.V. (2012). [Use of peripheral information in tasks solution as a function of intelligence]. *Experimental Psychology (Russia)*, 5(3), 21–31. (In Russian). Retrieved from [http://psyjournals.ru/exp/2012/n3/53990\\_shtml](http://psyjournals.ru/exp/2012/n3/53990_shtml).
- Hunter, J.E., & Schmidt, F.L. (2004). *Methods of meta-analysis: correcting error and bias in research findings*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Jauk, E., Benedek, M., & Neubauer, A.C. (2014). The road to creative achievement: a latent variable model of ability and personality predictors. *European Journal of Personality*, 28(1), 95–105. doi:10.1002/per.1941
- Lapteva, E.M., & Valueva, E.A. (2010). Rol' kreativnosti v ispol'zovanii podskazok pri reshenii zadach [The role of creativity in the hints usage in problem solving]. *The Psychology. Journal of Higher School of Economics*, 7(4), 97–107. (In Russian).
- Martindale, C. (1989). Personality, situation, and creativity. In J. Glover, R. Ronning, & C. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity* (pp. 211–232). New York: Plenum.
- Martindale, C. (1995). Creativity and connectionism. In S.M. Smith, T.B. Ward, & R.A. Finke (Eds.), *The creative cognition approach* (pp. 249–268). Cambridge, MA: Bradford.
- Mednick, M.T., Mednick, S.A., & Mednick, E.V. (1964). Incubation of creative performance and specific associative priming. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 69(1), 84–88. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/?&fa=main.doiLanding&doi=10.1037/h0045994>.
- Mendelsohn, G.A. (1976). Associative and attentional processes in creative performance. *Journal of Personality*, 44(2), 341–369.
- Mendelsohn, G.A., & Griswold, B.B. (1964). Differential use of incidental stimuli in problem solving as a function of creativity. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 68(4), 431–436. doi:10.1037/h0040166
- Moss, S.A. (2002). The impact of environmental clues in problem solving and incubation: The moderating effect of ability. *Creativity Research Journal*, 14(2), 207–211. doi:10.1207/S15326934CRJ1402\_7
- Plucker, J.A. (1999). Is the proof in the pudding? Reanalyses of Torrance's (1958 to present) longitudinal data. *Creativity Research Journal*, 12(2), 103–114. doi:10.1207/s15326934crj1202\_3
- Postlethwaite, B.E. (2011). Fluid ability, crystallized ability, and performance across multiple domains: a meta-analysis. Unpublished doctoral dissertation, University of Iowa. Retrieved from <http://ir.uiowa.edu/etd/1255>.
- Raven, J.C. (2002). [Advanced progressive matrices]. Moscow: Cogito-Center.
- Rubinstein, S.L. (1981). Osnovnaja zadacha i metod psihologicheskogo issledovanija myshlenija [Main goal and method of psychological study of thinking]. In Y.B. Gippenreiter, & V.V. Petukhov (Eds.), *Psihologija myshlenija [Psychology of thinking]* (pp. 281–288). Moscow: Moscow State University. (In Russian).
- Schneider, W., & McGrew, K. (2012). The Cattell-Horn-Carroll model of intelligence. In D. Flanagan, & P. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (pp. 99–144). New York: Guilford. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+Cattell-Horn-Carroll+Model+of+Intelligence#1>.
- Seifert, C.M., Meyer, D.E., Davidson, N., Patalano, A.L., & Yaniv, I. (1994). Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared-mind hypothesis. In R.J. Sternberg, & J.E. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 65–124). Cambridge, Massachusetts: MIT Press. Retrieved from <http://wescholar.wesleyan.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1228&context=div3facpubs>.
- Shaw, G.A., & Conway, M. (1990). Individual differences in nonconscious processing: The role of creativity. *Personality and Individual Differences*, 11(4), 407–418. doi:10.1016/0191-8869(90)90224-F
- Sio, U.N., & Ormerod, T.C. (2009). Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 135(1), 94–120. doi:10.1037/a0014212
- Slavskaya, K.A. (1966). Determinacija processa myshlenija [Determination of thinking process]. In *Issledovanija myshlenija v sovetskoj psihologii [Research on thinking in Soviet psychology]* (pp. 175–224). Moscow: Nauka. (In Russian).
- Urban, K.K. (2005). Assessing creativity: The Test for Creative Thinking — Drawing Production (TCT-DP). *International Education Journal*, 6(3), 272–280.
- Valueva, E.A., & Belova, S.S. (2011). Diagnostika tvorcheskikh sposobnostej: metody, problemy, perspektivy [Diagnostics of creativity: Methods, problem, perspectives]. In D.V. Ushakov (Ed.), *Tvorchestvo: ot biologicheskikh predposylok k kul'turnym fenomenam [Creating: from biological prerequisites to cultural phenomena]* (pp. 625–647). Moscow: IPRAS. (In Russian).
- Valueva, E.A., & Lapteva, E.M. (2012). Fenomen podskazki pri reshenii zadach: vzgliad so storony psihologii tvorchestva. Chast' 2. Effekty podskazki v reshenii slozhnykh kognitivnykh zadach [The phenomenon of hint in problem solving: A creativity psychology point of view. Part 2. Hint effects in complex cognitive tasks phenomenon]. *The Psychology. Journal of Higher School of Economics*, 9(3), 140–162. (In Russian).
- Valueva, E.A., & Ushakov, D.V. (2010). Empiricheskaya verifikatsiya modeli sootnosheniya predmetnykh i emotsional'nykh sposobnostey [Empirical verification of the model of relation of cognitive and emotional abilities]. *The Psychology. Journal of Higher School of Economics*, 7(2), 103–114. (In Russian).
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.

## research note

# The ANT in a Russian Sample: Testing the Independence of Attention Networks

**Dmitry Lyusin**

National Research University Higher School of Economics, Moscow Russia;  
Russian Academy of Sciences, Institute of Psychology, Moscow Russia

**Abstract.** The Attention Network Test (ANT) is a measure that allows assessment of the three different attention networks postulated by Posner and Peterson (1990): alerting, orienting, and executive control. The ANT became a popular tool for assessing the functioning of attention networks due to its simplicity, relative brevity, and accessibility for researchers. The data obtained with the ANT in a Russian sample are reported in this study. The analysis was focused on the question of independence of the attention networks. It has been shown that the orienting and executive control networks are not independent from one another since these networks scores yielded a significant correlation. Furthermore, an interaction was found between cue types and flanker types.

**Correspondence:** Dmitry Lyusin, [ooch@mail.ru](mailto:ooch@mail.ru), Leningradskoe shosse, 48-1-29, Moscow 125212 Russia

**Keywords:** Attention Network Test, alerting, orienting, executive control

**Copyright** © 2015. Dmitry Lyusin. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

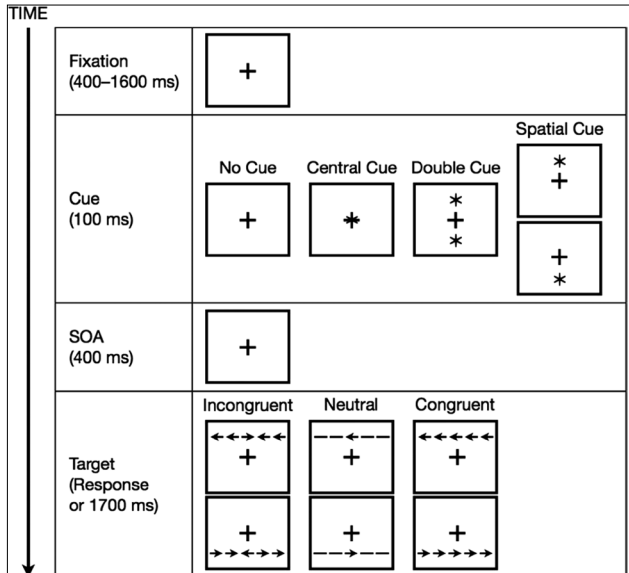
**Acknowledgments.** The study was implemented in the framework of the Basic Research Program at the National Research University Higher School of Economics in 2015. I thank Elizaveta Klimova, Yulia Kozhukhova, Varvara Medvedeva, Victoria Ovsyannikova, and Tatyana Pryakhina for their assistance with data collection.

Received 31 May 2015, accepted 25 September 2015.

Contemporary psychological and neuropsychological research on attention often involves use of the Attention Network Test (ANT). This measure is based on the influential model suggested by Posner and Petersen (1990). They subdivided the human attentional system into three independent networks, namely: alerting, orienting, and executive attention, also called executive control. These three attention networks are supposed to differ in their functions and underlying neuroanatomical structures. The alerting network is responsible for the maintenance of a vigilant and alert state. The orienting network allows for a shift of attention to sensory events appearing in the perceptual field, and is responsible for the selection of information from sensory input. Meanwhile, the executive control network allows for resolving conflicts among responses.

The ANT, a computerized test for measuring these three attention networks, was developed by Fan and his colleagues (Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002). The ANT became a popular tool thanks to its simplicity, relative brevity, and accessibility for researchers. The procedure integrates a classical flanker task (Eriksen

& Eriksen, 1974) and Posner's cued reaction time task (Posner, 1980). The structure of a trial is presented in Fig. 1. A trial starts with the presentation of a fixation cross (400–1600 ms) followed by one of four types of cues (100 ms). In the center cue condition, an asterisk appears on the fixation cross. The double cue condition is the simultaneous appearance of two asterisks, one above and one below the fixation cross. In the spatial cue condition, an asterisk appears either above or below the fixation cross and predicts the future target location. Finally, in the no cue condition, no asterisk appears. Following the cuing, 400 ms later, one of three types of targets is presented. A target consists of an arrow flanked either by four arrows pointing in the same direction as the central arrow (congruent condition), or by four arrows pointing in the opposite direction (incongruent condition), or by four straight lines (neutral condition). The target appears above or below the fixation cross. In general, there are twelve types of trials (four types of cues × three types of targets). A participant should respond to the direction of the central arrow by pressing the corresponding predefined keys.



**Figure 1.** The structure of a trial in the ANT. Reprinted from MacLeod, J. W., Lawrence, M. A., McConnell, M. M., Eskes, G. A., Klein, R. M., & Shore, D. I. (2010). Appraising the ANT: Psychometric and theoretical considerations of the Attention Network Test. *Neuropsychology*, 24(5), 637–651, Figure 1, with general permission from American Psychological Association

A participant is informed that an asterisk location in the spatial cue condition predicts the target location, and that the appearance of asterisks in the center cue and double cue conditions indicates that the target will occur soon. The procedure contains a practice block of 24 trials and three experimental blocks of 96 trials each separated by short breaks for a rest. The whole experiment usually takes about twenty minutes to complete.

Calculations based on the mean reaction time (RT) to different types of trials provide measures of efficiency for each attention network. The RT in the double cue condition subtracted from the RT in the no cue condition gives the alerting network score. The RT in the spatial cue condition subtracted from the RT in the center cue condition generates the orienting network score. The RT in the congruent target condition subtracted from the RT in the incongruent target condition gives the executive control network score. Notably, the last index is inverted: the higher it is, the worse the executive control network functions.

According to Posner and Peterson’s model (Posner & Petersen, 1990) the three attention networks are independent. Alerting, orienting, and executive control scores of the ANT therefore should not correlate with each other. This is a key issue for testing both the validity of the ANT and Posner’s theoretical ideas about attention networks. Fan and his colleagues analyzed the data of 40 participants (Fan et al., 2002) and found no correlation between attention network scores. The only mildly positive correlation was obtained between executive control scores and the grand mean reaction time. This finding indicates that the participants with larger RTs are less efficient in inhibiting irrelevant responses. Of particular interest is the interaction obtained between the types of cues and flankers. This interaction showed a certain degree of dependence between orienting and executive control networks. Evidence obtained in other studies (see MacLeod et al., 2010) confirms that no stable pattern of correlation

exists between attention network scores. However, some statistically significant correlations between ANT scores have been found. Moreover, the interaction between cues and flankers is regularly reported by various researchers (e.g., Costa, Hernández, & Sebastián-Gallés, 2008; Fan et al., 2002; Ishigami & Klein, 2009; Redick & Engle, 2006).

To the best of my knowledge, there are no Russian publications on the ANT. The present study has two main goals: (1) to report the data obtained with the ANT in a Russian sample; these data could be regarded as normative for Russian samples, and (2) to add to the literature about the independence of attention networks.

## Method

### Participants

A total of 82 participants volunteered to participate in the study. Three of them were excluded from the analysis because they made errors in more than 10 percent of trials in the experimental blocks. The final sample consisted of 79 participants (26 men and 53 women) aged from 18 to 34 (mean age = 22.5, *SD* = 3.57).

### Procedure

Since the data were collected in the framework of a larger research project, the participants were administered an array of other tasks that are not considered here. The ANT was administered in a standard way as described by its authors (Fan et al., 2002). For running the ANT, the software created by Fan and colleagues was downloaded from the webpage <http://www.sacklerinstitute.org/users/jin.fan/>.

## Results and Discussion

The distributions of all scores were normal according to the Kolmogorov-Smirnov test. For this reason, parametric methods were used in the further statistical analysis.

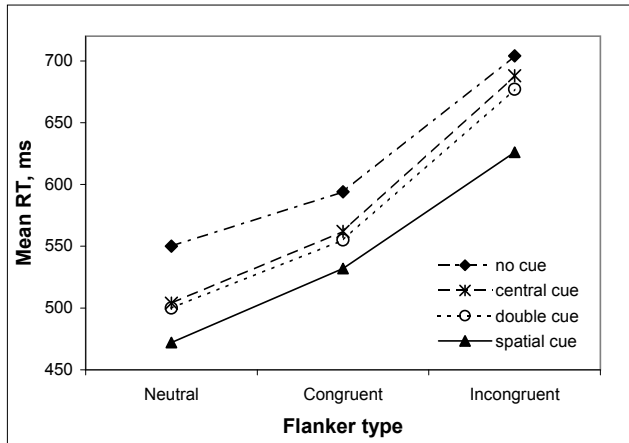
Means and standard deviations of the attention network scores, along with the grand mean RT, are shown in Table 1. The mean orienting and executive control scores are very similar to those reported in a recent meta-analysis of ANT studies (MacLeod et al., 2010), where the mean orienting score was equal to 42 ms and the mean executive control score was equal to 109 ms. However, the mean alerting score in this meta-analysis was slightly higher: 48 ms.

**Table 1** Descriptive statistics and Pearson correlation coefficients between the ANT scores

	<i>M</i> (ms)	<i>SD</i>	Alerting	Orienting	Executive control
Alerting	39	23			
Orienting	41	26	.05		
Executive control	113	33	-.02	.29**	
Grand mean RT	580	76	-.06	.30**	.41**

\*\* Note. *p* < .01.





**Figure 2.** Mean reaction time (RT) for each combination of cue and flanker type.

Inter-network correlation analysis showed a low but statistically significant correlation between orienting network scores and executive control network scores (see Table 1). These two network scores also correlate positively with the grand mean RT. Therefore, better functioning of the orienting network is associated with worse functioning of the executive control network; slower participants are better in orienting and worse in executive control.

These results correspond to those of other studies in the sense that the attention networks may provide various correlation patterns and the correlations are never high. Presumably, the unsteady correlation between the attention networks depends on the physical conditions of the experiment or other situational factors.

A 4 × 3 (4 cue types × 3 flanker types) repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was conducted as another method for testing the independence of attention networks. The results are presented in Figure 2. There were main effects of cue type ( $F(3, 234) = 197.317, p < .001, \eta^2 = .10$ ) and flanker type ( $F(2, 156) = 484.114, p < .001, \eta^2 = .75$ ). Critically, there was a significant interaction between the cue type and flanker type ( $F(6, 468) = 9.585, p < .001, \eta^2 = .01$ ) such that incongruent flankers increased RTs for any cue conditions. This interaction was stronger for the center and double cues.

The ANOVA results completely correspond to the evidence obtained by other researchers (Fan et al., 2002; MacLeod et al., 2010) and indicate that the orienting and

executive control networks are interrelated. The same interaction between the types of cues and flankers is replicated in most studies. This allows us to claim that the orienting and executive control networks are not independent, at least, when they are measured by the ANT.

Another important result of the ANOVA concerns the significant difference in RTs to the targets with neutral and congruent flankers. The authors of the ANT did not obtain such a difference and claimed that executive control scores can be calculated by using RT either in the congruent or in the neutral target conditions interchangeably. However, it makes sense to calculate two separate executive control scores for the congruent and neutral target conditions, because these two indices allow a more diverse and rich analysis of attention network functioning.

## References

- Costa, A., Hernández, M., & Sebastián-Gallés, N. (2008). Bilingualism aids conflict resolution: Evidence from the ANT task. *Cognition*, *106*(1), 59–86. doi:10.1016/j.cognition.2006.12.013
- Eriksen, B.A., & Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, *16*(1), 143–149. doi:10.3758/BF03203267
- Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M.I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*(3), 340–347. doi:dx.doi.org/10.1162/089892902317361886
- Ishigami, Y., & Klein, R.M. (2009). Are individual differences in absentmindedness correlated with individual differences in attention? *Journal of Individual Differences*, *30*(4), 220–237. doi:dx.doi.org/10.1027/1614-0001.30.4.220
- MacLeod, J.W., Lawrence, M.A., McConnell, M.M., Eskes, G.A., Klein, R.M., & Shore, D.I. (2010). Appraising the ANT: Psychometric and theoretical considerations of the Attention Network Test. *Neuropsychology*, *24*(5), 637–651. doi:10.1037/a0019803
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*(1), 3–25. doi:10.1080/00335558008248231
- Posner, M.I., & Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, *13*, 25–42. doi:10.1146/annurev.ne.13.030190.000325
- Redick, T.S., & Engle, R.W. (2006). Working memory capacity and attention network test performance. *Applied Cognitive Psychology*, *20*(5), 713–721. doi:10.1002/acp.1224



## ■ краткие сообщения ■

# Опыт применения методики ANТ на русской выборке: проверка независимости систем внимания

**Дмитрий Владимирович Люсин**

НИУ Высшая школа экономики, Институт психологии РАН, Москва, Россия

**Аннотация.** Методика ANТ (*Attention Network Test*) позволяет измерить функционирование трех систем внимания, выделяемых Познером и Петерсоном (Posner, Peterson, 1990): бдительности, ориентировки и исполнительного контроля. Эта методика стала широко применяться благодаря своей простоте, относительной краткости и доступности для исследователей. В настоящем исследовании сообщаются данные, собранные с помощью ANТ на русской выборке. Анализ данных был сосредоточен на проблеме независимости систем внимания. Показано, что ориентировка и исполнительный контроль не являются независимыми друг от друга. Об этом свидетельствует значимая корреляция между ними, а также взаимодействие между различными типами подсказок и флангов в стимульном материале.

**Контактная информация:** Дмитрий Владимирович Люсин, [ooch@mail.ru](mailto:ooch@mail.ru); 125212 Россия, Москва, Ленинградское ш., 48-1-29

**Ключевые слова:** методика ANТ, бдительность, ориентировка, исполнительный контроль

© 2015 Дмитрий Владимирович Люсин. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

**Благодарности.** Исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2015 году. Я благодарю Елизавету Климову, Юлию Кожухову, Варвару Медведеву, Викторию Овсянникову и Татьяну Пряжину за помощь в сборе данных.

Статья поступила в редакцию 31 мая 2015 г. Принята в печать 25 сентября 2015 г.

## Литература

Costa A., Hernández M., Sebastián-Gallés N. Bilingualism aids conflict resolution: Evidence from the ANТ task // *Cognition*. 2008. Vol. 106. No. 1. P. 59–86. [doi:10.1016/j.cognition.2006.12.013](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.12.013)

Eriksen B.A., Eriksen C.W. Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task // *Perception & Psychophysics*. 1974. Vol. 16. No.1. P. 143–149. [doi:10.3758/BF03203267](https://doi.org/10.3758/BF03203267)

Fan J., McCandliss B.D., Sommer T., Raz A., Posner M.I. Testing the efficiency and independence of attentional networks // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2002. Vol. 14. No.3. P. 340–347. [doi:10.1162/089992902317361886](https://doi.org/10.1162/089992902317361886)

Ishigami Y., Klein R.M. Are individual differences in absentmindedness correlated with individual differences in attention? // *Journal of Individual Differences*. 2009. Vol. 30. No.4. P. 220–237. [doi:10.1027/1614-0001.30.4.220](https://doi.org/10.1027/1614-0001.30.4.220)

MacLeod J.W., Lawrence M.A., McConnell M.M., Eskes G.A., Klein R.M., Shore D.I. Appraising the ANТ: Psychometric and theoretical considerations of the Attention Network Test // *Neuropsychology*. 2010. Vol. 24. No.5. P. 637–651. [doi:10.1037/a0019803](https://doi.org/10.1037/a0019803)

Posner M.I. Orienting of attention // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1980. Vol. 32. No.1. P. 3–25. [doi:10.1080/0033558008248231](https://doi.org/10.1080/0033558008248231)

Posner M.I., Petersen S.E. The attention system of the human brain // *Annual Review of Neuroscience*. 1990. Vol. 13. P. 25–42. [doi:10.1146/annurev.ne.13.030190.000325](https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325)

Redick T.S., Engle R.W. Working memory capacity and attention network test performance // *Applied Cognitive Psychology*. 2006. Vol. 20. No.5. P. 713–721. [doi:10.1002/acp.1224](https://doi.org/10.1002/acp.1224)

**ДИСКУССИЯ**

# СКОЛЬКО СТОЯТ КОГНИТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ?

КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ А.Л. КРУШИНСКОГО «ПЛАТА ЗА РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ: БИОФИЗИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ВОЗМОЖНЫЕ ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ»

**Варвара Дьяконова**

Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова, РАН, Москва

**Аннотация.** Комментарии посвящены анализу эмпирических данных, преимущественно биологических, которые могут прямо или косвенно свидетельствовать о том, существует ли «плата» за развитие и реализацию когнитивных функций. Существенна ли эта плата для естественного отбора? Может ли она считаться чисто энергетической?

**Контактная информация:** Варвара Дьяконова, [dyakonova.varvara@gmail.com](mailto:dyakonova.varvara@gmail.com); ул. Вавилова, д. 26, 119334, Москва, Россия

**Ключевые слова:** эволюция когнитивных функций, интеллект, обучение, память, решение задачи, энтропия, информация, экстраполяция, этология

© 2015 Варвара Дьяконова. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution”](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) («Атрибуция») 4.0. всемирная, согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

**Благодарности.** Поддержано грантами РФФИ 14-04-00537, 14-04-00875. С благодарностью отмечаю участие Д. А. Сахарова и анонимного рецензента в подготовке и улучшении качества статьи.

Статья поступила в редакцию 25 июня 2015 г. Принята в печать 26 сентября 2015 г.

А.Л. Крушинский, основываясь на положениях Э. Шредингера, Л. Больцмана, Л. Бриллюэна, предположил, что за получение информации при решении когнитивных задач мозг должен заплатить временной утратой своей исходной упорядоченности, которая, по-видимому, не всегда может быть успешно восстановлена за счет притока энергии и повышения энтропии внешней среды (Крушинский А., 2015). Цель моих комментариев — анализ эмпирических данных, преимущественно биологических, которые могут прямо или косвенно свидетельствовать о том, существует ли «плата» в самом широком смысле этого слова за развитие и эксплуатацию когнитивных функций. Свидетельством наличия такой предположительной платы будем считать параллельное ухудшение каких-либо иных функций, не связанных с решением когнитивных задач.

Анализу корреляций между уровнем интеллекта (стандартно оцениваемому по *intelligence quotient*, IQ) и разнообразными медицинскими/социально-экономическими показателями у человека посвящена обширная литература (обзоры приведены, например,

в Deary et al., 2010, Deary, 2012 a,b). На сегодняшний день основные выводы выглядят оптимистично для обладателей высокого IQ. IQ положительно коррелирует с социальным положением, образованием, с хорошим здоровьем и высокой продолжительностью жизни (Deary, 2012a). Эти закономерности вызвали к жизни новую дисциплину, получившую название когнитивной эпидемиологии (Deary, 2012 a,b), а также породили ряд рассуждений о необходимости некоторого общего высокого уровня развития и интеграции организма для выполнения сложных когнитивных функций (Deary, 2012b). Статистические данные свидетельствуют о том, что интеллект генетически наследуем (Deary, 2009). Кроме того, для его носителей характерен высокий аутсортинг при половом отборе (Prokosch et al., 2009), что дополнительно способствует поддержанию и усилению этого признака у потомков. Тенденция к снижению численности потомства, характерная для регионов с высокой плотностью носителей высокого IQ, по-видимому, может окупаться лучшей выживаемостью потомков и даже повышением качества спермы, положительно коррелирующим с интеллектом

по некоторым результатам (Arden et al., 2009). В целом большинство данных говорит о том, что преимущества высокого интеллекта в человеческом социуме превысили возможную плату за развитие этой функции.

Хорошо известный труд Ломброзо «Гениальность и помешательство» (Ломброзо, 1892) разбирает исключительные, краевые случаи чрезмерного развития интеллектуальных и творческих способностей, сильно выходящие за стандартные нормы популяции. Выводы о взаимосвязанности творческой одаренности и патологии ЦНС не были подтверждены статистически, на что многократно указывали критики этой работы. Однако в июне этого года появилась публикация в *Nature Neuroscience* (Power et al., 2015), которая заставила вновь вспомнить классическую работу Ломброзо, предоставив данные о сцепленности на генетическом уровне творческих способностей и биполярных расстройств в нескольких крупных выборках населения. Эти факты могли бы указывать на существование определенной «платы за ум», скрытой в человеческом обществе благодаря множественным социальным благам. Однако не исключена и обратная взаимосвязь, например, влияние исходной неоптимальности функционирования ЦНС на компенсаторное улучшение в онтогенезе каких-то других функций, обеспечивающих выживание невротичной особи в социуме.

Эволюционная когнитивистика, занимающаяся исследованиями на животных, также традиционно рассматривает в основном преимущества, которые получает особь и вид от развития интеллекта (Reader, Laland, 2003; Shettleworth, 2009; Clutton-Brock, Sheldon, 2010). К числу таких преимуществ, которые должны быть активно поддерживаемы естественным отбором, наиболее часто относят повышение способности адаптивно менять поведение в ответ на меняющиеся условия окружающей среды. Вопрос о возможной плате за ум ставится немногими авторами (Thornton, Lukas, 2012; Mery, 2013). Однако проведенный ими анализ указывает на то, что постановка этого вопроса необходима для понимания эволюции когнитивных функций.

Сравнительные данные, полученные на животных в естественных условиях обитания, свидетельствуют о существовании следующих закономерностей.

1. Когнитивные способности характеризуются большой индивидуальной внутривидовой и внутривидовой вариативностью у всех исследованных в этом отношении видов животных — от плоских червей до приматов (Thornton, Lukas, 2012; Mery, 2013).

2. Отсутствует явная корреляция интеллекта с высоким рангом в сообществе (Thornton, Lukas 2012), для некоторых видов наблюдалась корреляция с субдоминантным положением (Cole, Quinn, 2011, см. также Крушинская и др., 1982 для лабораторных условий содержания).

3. Развитие когнитивных функций сильно зависит от экологического и социального контекста: у близких видов и даже популяций одного вида, обитающих в разных условиях, эти способности могут разительно отличаться. При этом усиление когнитивных способностей, как правило, характерно для животных, обитающих в меняющихся или более сложных условиях среды обитания. (В этом отношении любопытны так-

же данные об улучшении когнитивных способностей после интенсивной локомоции, в естественных условиях сопровождающейся большей скоростью изменений во внешней среде (Salmon, 2001; Hillman et al., 2008; Дьяконова и др., 2013; 2015).

4. Когнитивные способности как в онтогенезе, так и на временной шкале смены поколений в одной популяции имеют выраженную тенденцию к угасанию при исчезновении фактора, требующего когнитивной нагрузки. Например, при увеличении постоянства среды (Moran, 1992; Pravosudov, Clayton, 2002; Shettleworth, 2009; Mery, 2013) или при снижении давления полового отбора (Hollis, Kawecki, 2014).

В целом эти закономерности указывают на «осторожное» и экономичное отношение биологической эволюции к развитию когнитивных функций, несмотря на казалось бы очевидные преимущества во внутривидовой конкуренции, которые оно обеспечивает. Существование платы за развитие умственных способностей могло бы быть причиной такой экономии. Однако в этологических и сравнительных когнитивных исследованиях, несмотря на их несомненную ценность, мы все еще остаемся в пределах коррелятивных отношений с неясной причинно-следственной структурой.

Прояснить ситуацию могли бы исследования на животных, позволяющие в эксперименте проверить наличие однонаправленной связи: усиление когнитивных функций — снижение эффективности других функций. Экспериментов такого рода немного, но они существуют. Как правило, их исходные цели не были связаны с интересующим нас вопросом, ответ на него иногда был получен случайно. Эксперименты ставились для проверки гипотезы о наследовании когнитивных способностей, возможности их усиления при искусственном отборе, выяснения физиологических и генетических механизмов, отвечающих за ум.

Наиболее ранние шаги в этом направлении были предприняты в лаборатории Л.В. Крушинского. Он рассматривал способность животных оперировать простейшими законами окружающей среды как одно из важнейших проявлений разумного поведения и разработал методы ее количественной и экспериментальной оценки. Так, «знаменитый» тест на экстраполяцию позволял оценить способность животных к пониманию законов движения и неискоряемости (Крушинский Л., 2009). Однако первые попытки провести селекцию крыс на способность к решению экстраполяционной задачи оказались неудачны (Крушинский Л. и др., 1975). Причина этой неудачи как раз интересна в связи с поставленным вопросом о наличии платы за когнитивные способности. Оказалось, что быстрее, чем прогресс в решении задачи, в ряду поколений нарастал страх перед экспериментальной обстановкой, что привело к полной невозможности проводить дальнейшие эксперименты. Только недавно эти эксперименты были продолжены уже на мышах и с введением дополнительного отбора на устойчивость к невроту в экспериментальной ситуации (Голибродо и др., 2014; Perrepelkina et al., 2015). В этом случае удалось получить животных, которые, хотя и не решали задачу на экстраполяцию более успешно, чем контроль, но оказались достоверно лучше в решении другого когнитивно-

го теста (поиск входа в убежище). Кроме того, для них было характерно большее, чем в контроле, потребление пищи, а также сниженная боязнь новой пищи (гипонеофагия). И то и другое любопытно в контексте рассуждений об энергетической плате за ум. В отношении тревожности результаты оказались неоднозначны. В открытом поле мыши, селектированные одновременно на способность решать экстраполяционную задачу и отсутствие боязни новой обстановки, проявляли больший интерес к новому объекту (еде), что свидетельствовало о снижении тревожности, но в другом тесте, предоставляющем возможность покидать освещенные участки, проявляли большую осторожность, что традиционно трактуется как свидетельство повышенной тревожности. Последний факт интересен, ведь мышей отбирали на низкую тревожность, однако получить однозначно менее тревожных животных при одновременной селекции на способность к решению задачи не удалось.

Еще одна поведенческая парадигма, которая принесла ряд неожиданных и интересных результатов, связана с обучением крыс в сложном лабиринте Трайона (Tryon, 1942) и с последующим получением двух линий животных, отобранных по способности к обучению: «умных» (*bright*) и «тупых» (*dull*). Животные этих линий имели выраженные отличия по целому ряду поведенческих, социальных, физиологических и даже биохимических характеристик.

Хорошо обучающиеся животные (линия *bright*) проявляли более выраженную реакцию страха в модели с эмоциональным резонансом, в открытом поле их поведение характеризовалось высокой тревожностью (Хоничева и др., 1986). *Bright* самцы достоверно чаще проигрывали *dull* самцам в драках и занимали подчиненное положение (Золотарева и др., 1987; Крушинская и др., 1988), в их социальном поведении преобладали реакции защитного характера, а у самцов линии *dull* — агрессивного.

Две линии были исследованы по показателям метаболизма, таким как общий уровень глюкозы в периферической крови, скорость выброса глюкозы в ответ на введение адреналина, уровень адреналина и норадреналина в крови и надпочечниках, устойчивость липидов к окислительному стрессу и активность супероксиддисмутазы (Золотарева и др., 1987). Различия были достоверны по всем показателям. У линии *dull* кривые, характеризующие обмен сахара, соответствовали норме, у *bright* они были смещены в сторону диабетического типа. Различия в реакции глюкозы на введение адреналина свидетельствовали о лучших мобилизационных возможностях линии *dull*. Синтез адреналина и норадреналина в надпочечниках оказался примерно на одном уровне, но в крови содержание обоих катехоламинов было в 2.7—3.4 раза выше у линии *bright*. Уровень перекисного окисления липидов у линии *bright* был в два раза выше, несмотря на то что синтез супероксиддисмутазы (СОД), предотвращающей окисление, был также выше в 1.6 раза. Авторы трактовали эти результаты как свидетельство снижения устойчивости липидов и компенсаторной активации СОД у линии *bright* (Хоничева и др., 1986). Кроме того, «хорошие» биохимические показатели коррелировали с вероят-

ностью победы в драке, что, по мнению авторов, объясняло более высокую вероятность проигрыша самцов линии *bright*. Действительно, подбор для драки самцов *bright* и *dull* с близкими биохимическими показателями привел к тому, что победителями чаще становились самцы линии *bright* (Крушинская и др., 1988; Хоничева и др., 1986).

У крыс линии *bright* проявилось еще одно интересное свойство: они демонстрировали предрасположенность к алкоголизму, гораздо более выраженную, чем крысы, полученные в результате направленного искусственного отбора на алкоголизм (Amit, Smith, 1992).

Общий вывод, напрашивающийся из этой серии работ, достаточно очевиден. Отбор на успешность обучения в сложном лабиринте привел к существенному снижению общей приспособленности животных, проявляющейся на поведенческом, социальном и биохимическом уровне. Однозначно рассматривать эти данные как свидетельство высокой платы за когнитивные способности нельзя, поскольку невозможно исключить исходную случайную сцепленность признаков. Только воспроизведение подобных эффектов на других видах и в других экспериментальных ситуациях позволило бы говорить о том, что подобная сцепленность не случайна.

Продолжение темы последовало на далеком в систематическом отношении животном, излюбленном объекте генетиков — дрозофиле. Вели отбор особей, способных устанавливать ассоциацию между сложным запахом и вкусом, контрольная линия находилась в идентичных условиях, но не подвергалась обучению (Mery, Kawecki, 2002; 2003). Через 20 поколений были получены мухи, демонстрировавшие более высокую скорость обучения и лучшую память, но не отличавшиеся по способности воспринимать, различать или «уделять внимание» стимулу. Быстрее обучаться и лучше помнить отобранные мухи могли не только в поведенческой модели, которая использовалась для отбора, но и в других условиях ассоциативного обучения (и с положительным, и с отрицательным подкреплением).

Результаты сравнения «умных» и контрольных мух отражены в публикациях с характерными названиями «A fitness cost of learning ability in *Drosophila melanogaster*» (Mery, Kawecki, 2003) и «Costs of memory: lessons from 'mini' brains» (Burns et al., 2011). Первая находка снижения общей приспособленности умных мух заключалась в том, что их личинки при ограничении пищевого субстрата не могли конкурировать с личинками контрольных линий, выживаемость была драматически снижена. Эффект не связан с имбридингом. Любопытно, что искусственный отбор на выживаемость личинок в условиях дефицита пищевого субстрата симметрично привел к снижению способности обучаться (Kolss, Kawecki, 2008). Сходные симметричные отношения найдены между способностью к обучению и общей продолжительностью жизни дрозофил. Отбор на способность к обучению привел к снижению на 15% продолжительности жизни, а отбор на продолжительность жизни привел к ухудшению на 40% способности обучаться в молодом возрасте (Burger et al., 2008).



О появлении неврозов при попытках решения сложных задач у млекопитающих и птиц достаточно хорошо известно (Крушинский Л. и др., 1975; Семиохина и др., 1976), в некоторых случаях эти патологические проявления вынуждали экспериментаторов снижать сложность задачи (Самулеева и др., 2015). Любопытно, что и у дрозофил когнитивная нагрузка (процедура обучения) вызывала определенные негативные последствия, например, приводила к снижению фертильности и уменьшению на 15% количества яиц. Продолжительные когнитивные тренировки (20 дней) снижали плодовитость на 40% (Mery, Kawecki, 2004). Сходным образом формирование долговременной памяти снижало устойчивость дрозофил к острому стрессу, вызванному резким ограничением в воде и пище (Mery, Kawecki, 2005). Эти данные, по мнению авторов, являются свидетельством того, что плата на улучшение когнитивных способностей проявляется не только при генетическом отборе «более подходящего нейронального субстрата для обучения», но и при непосредственной эксплуатации этого субстрата для решения когнитивных задач.

С другой стороны, у социальных насекомых, пчел, были найдены положительные корреляции между способностью к обучению и устойчивостью к окислительному стрессу и бактериальной инфекции (Alghamdi et al., 2009). Связаны ли эти различия с социальной организацией жизни, снижающей конкуренцию, остается неизвестным.

В отличие от моделей Трайона, у «умных» дрозофил пока не исследованы метаболические, поведенческие и другие возможные причины снижения конкурентноспособности, фертильности и выживаемости. Эта возможность остается и представляет большой интерес. Скорее всего, различия должны проявиться на весьма значимых функциональных направлениях. Показательно, что снижение выживаемости, конкурентноспособности и фертильности характерно для дрозофил при таких масштабных явлениях, как, например, снижение контроля за активностью мобильных элементов в геноме и снижение генетической стабильности. Не снижается ли генетическая стабильность при отборе на когнитивные способности? Ответ на этот вопрос, насколько мне известно, еще не поднимался в современной литературе.

Итак, если перечислить все эмпирически выявленные на сегодняшний день негативные последствия развития когнитивных способностей у организмов разного уровня организации, то получится следующий список:

- гипертормозимость;
- эмоциональная неустойчивость;
- тревожность;
- склонность к алкоголизму;
- снижение адаптивности гликогенового ответа на стресс;
- понижение социального ранга;
- снижение конкурентноспособности в борьбе за ресурсы;
- снижение фертильности, численности и выживаемости потомства;

- снижение общей и метаболической устойчивости к стрессу.

Эти данные свидетельствуют о том, что «плата» за когнитивные способности может затрагивать не только функции нервной системы, но и глобальные метаболические и биохимические процессы в организме.

Данных пока недостаточно, чтобы делать далеко идущие выводы. Существует только набор свидетельств в пользу довольно высокой платы за когнитивные способности. Однако уже имеющиеся свидетельства указывают на неоднозначность «когнитивной продвинутой» для естественного отбора. За несомненно полезное понижение неопределенности внешней среды (Friston, 2010; Carhart-Harris et al., 2014) все-таки, по-видимому, приходится заплатить. Перечень «возможных видов оплаты» хорошо согласуется с такими фактами, как большая индивидуальная вариабельность в отношении когнитивных способностей у всех видов и быстрое снижение умственных способностей при исчезновении внешних факторов, требующих когнитивной нагрузки (Moran, 1992; Pravosudov, Clayton, 2002; Shettleworth, 2009; Mery, 2013; Hollis, Kawecki, 2014). Экономное отношение эволюции к когнитивной функции трудно объяснить в принятых терминах энергетической платы за ум, поскольку энергетика легко восполняется за счет внешних ресурсов, а повышение интеллекта может обеспечить успех в доступе к ним. Плата в терминах снижения упорядоченности мозга или организма (Крушинский А., 2013; 2015) представляется более правдоподобной, поскольку упорядоченность не всегда можно восстановить только за счет притока энергии.

До А.Л. Крушинского при обсуждении возможных причин снижения устойчивости и конкурентноспособности при повышении когнитивных возможностей рассматривалась только энергетическая составляющая (Mery, Kawecki, 2004; 2005; Niven, Laughlin, 2008; Mery, 2013). Логика большинства исследователей прозрачна: работа мозга и формирование в онтогенезе мозга, способного решать более сложные задачи, очевидно, требует энергии, следовательно, энергии может не хватить на какие-то другие органы и системы, не задействованные в решении задач, и это понизит общую приспособленность организма. Однако этому противоречат результаты экспериментов. Например, и дрозофилы, и крысы линий Трайона отбирались в лабораторных условиях, исключая недостаток питания, конкуренцию за него, а следовательно, и недостаток энергии. Энтропийная плата за повышение когнитивных способностей и решение задач, впервые рассмотренная А.Л. Крушинским, с моей точки зрения, больше соответствует эмпирическим данным о снижении общей приспособленности животных в результате отбора на когнитивные способности.



## Литература

- Голибродо В.А., Перепелкина О.В., Лилья И.Г., Полетаева И.И. Поведение мышей, селективных на когнитивный признак, в тесте на гипонеофагию // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2014. Т. 64. № 6. С. 639–645.
- Дьяконова В.Е., Коршунова Т.А., Воронцов Д.Д. Влияние двигательной активности на скорость принятия решения в витальной ситуации у улитки // Материалы конференции «Когнитивная наука в Москве: новые исследования» / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. Москва: БукиВеди, ИППИП, 2015. С. 125–130.
- Дьяконова В.Е., Крушинский А.Л., Щербакова Т.Д. Эволюционные и нейрохимические предпосылки влияния двигательной активности на когнитивные функции // Материалы конференции «Когнитивная наука в Москве: новые исследования» / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. Москва: БукиВеди, 2013. С. 113–117.
- Золотарева Н.Н., Крушинская Н.Л., Дмитриева И.Л. Сравнительная характеристика метаболизма самцов крыс линии Трайона (Tryon maze dull and Tryon maze bright) и возможность прогнозирования их социального статуса по биохимическим показателям // Доклады АН СССР. 1987. Т. 292. № 3. С. 751–755.
- Крушинская Н.Л., Золотарева Н.Н., Дмитриева И.Л. Характер социальных отношений самцов крыс линий Трайона (Tryon maze bright и Tryon maze dull), оцененных по некоторым биохимическим критериям // Журнал общей биологии. 1988. Т. 49. № 2. С. 255–262.
- Крушинская Н.Л., Ляпунова К.Л., Дмитриева И.Л., Сузов А.В. Способность к решению экстраполюционной задачи у самцов *Rattus norvegicus*, занимающих различное ранговое положение в иерархической структуре группы // Журнал общей биологии. 1982. Т. 43. № 1. С. 72–78.
- Крушинский А.Л. Биофизические аспекты рассудочной деятельности // Формирование поведения животных в норме и патологии. к 100-летию со дня рождения Л.В. Крушинского (1911–1984) / Под ред. И.И. Полетаевой, З.А. Зориной. М.: Языки славянской культуры, 2013. С. 424–436.
- Крушинский А.Л. Плата за решение задачи: биофизические предпосылки и возможные эволюционные последствия // Российский журнал когнитивной науки. 2015. Т. 2. № 1. С. 52–61.
- Крушинский Л.В., Астаурова Н.Б., Кузнецова Л.М., Очинская Е.И., Полетаева И.И., Романова Л.Г., Сотская М.Н. Роль генетических факторов в определении способности к экстраполяции у животных // Актуальные проблемы генетики поведения / Под ред. В.К. Федорова, В.В. Пономаренко. Л.: Наука, 1975. С. 98–110.
- Крушинский Л.В. Биологические основы рассудочной деятельности. М.: Изд. МГУ, 2009.
- Ломброзо Ч. Гениальность и помешательство. СПб.: Издание Ф. Павленкова, 1892.
- Самулеева М.В., Смирнова А.А., Обозова Т.А., Зорина З.А. Исследование формирования отношений симметрии между «знаком» и «обозначаемым» у серых ворон // Материалы конференции «Когнитивная наука в Москве: новые исследования» / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. Москва: БукиВеди, ИППИП, 2015. С. 390–394.
- Семиохина А.Ф., Очинская Е.И., Рубцова Н.Б., Крушинский Л.В. Новое в изучении экспериментальных неврозов, вызванных перенапряжением высшей нервной деятельности // Доклады АН СССР. 1976. Т. 231. № 2. С. 503–505.
- Хоничева Н.М., Гуляева Н.В., Жданова И.В., Обедин А.Б., Дмитриева И.Л., Крушинская Н.Л. Тип поведения и активность супероксиддисмутазы в головном мозге у крыс (сравнение 2-х линий крыс) // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1986. Т. 102. № 12. С. 643–645.
- Alghamdi A., Raine N., Rosato E., Mallon E.B. No evidence for an evolutionary trade-off between learning and immunity in a social insect // Biology Letters. 2009. Vol. 5. No. 1. P. 55–57.
- Amit Z., Smith B.R. Differential ethanol intake in Tryon maze-bright and Tryon maze-dull rats: implications for the validity of the animal model of selectively bred rats for high ethanol consumption // Psychopharmacology. 1992. Vol. 108. No. 1-2. P. 136–140. doi:10.1007/BF02245298
- Arden R., Gottfredson L.S., Miller G., Pierce A. Intelligence and semen quality are positively correlated // Intelligence. 2009. Vol. 37. No. 3. P. 277–282. doi:10.1016/j.intell.2008.11.001
- Burger J., Kolss M., Pont J., Kawecki T.J. Learning ability and longevity: A symmetrical evolutionary trade-off in *Drosophila* // Evolution. 2008. Vol. 62. No. 6. P. 1294–1304. doi:10.1111/j.1558-5646.2008.00376.x
- Burns J.G., Foucaud J., Mery F. Costs of memory: lessons from 'mini' brains // Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences. 2011. Vol. 278. No. 1707. P. 923–929. doi:10.1098/rsbl.2008.0514
- Carhart-Harris R.L., Leech R., Hellyer P.J., Shanahan M., Feilding A., Tagliazucchi E., Chialvo D.R., Nutt D. The entropic brain: a theory of conscious states informed by neuroimaging research with psychedelic drugs // Frontiers in Human Neuroscience. 2014. Vol. 8. P. 20. doi:10.3389/fnhum.2014.00020
- Clutton-Brock T., Sheldon B.C. The seven ages of Pan // Science. 2010. Vol. 327. No. 5970. P. 1207–1208. doi:10.1126/science.1187796
- Cole E.F., Quinn J.L. Personality and problem-solving performance explain competitive ability in the wild // Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences. 2011. Vol. 279. P. 1168–1175. doi:10.1098/rspb.2011.1539
- Deary I.J. Looking for 'system integrity' in cognitive epidemiology // Gerontology. 2012a. Vol. 58. No. 6. P. 545–553. doi:10.1159/000341157
- Deary I.J. Intelligence // Annual Review of Psychology. 2012b. Vol. 63. No. 1. P. 453–482. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100353
- Deary I.J., Johnson W., Houlihan L.M. Genetic foundations of human intelligence // Human Genetics. 2009. Vol. 126. No. 1. P. 215–232. doi:10.1007/s00439-009-0655-4
- Deary I.J., Penke L., Johnson W. The neuroscience of human intelligence differences // Nature Reviews Neuroscience. 2010. Vol. 11. No. 3. P. 201–211. doi:10.1038/nrn2793
- Friston K. The free-energy principle: a unified brain theory? // Nature Reviews Neuroscience. 2010. Vol. 11. No. 2. P. 127–138. doi:10.1038/nrn2787
- Hillman C.H., Erickson K.I., Kramer A.F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition // Nature Reviews Neuroscience. 2008. Vol. 9. No. 1. P. 58–65. doi:10.1038/nrn2298
- Hollis B., Kawecki T.J. Male cognitive performance declines in the absence of sexual selection // Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences. 2014. Vol. 281. No. 1781. P. 20132873. doi:10.1098/rspb.2013.2873
- Kolss M., Kawecki T.J. Reduced learning ability as a consequence of evolutionary adaptation to nutritional stress in *Drosophila melanogaster* // Ecological Entomology. 2008. Vol. 33. No. 5. P. 583–588. doi:10.1111/j.1365-2311.2008.01007.x
- Mery F. Natural variation in learning and memory // Current Opinion in Neurobiology. 2013. Vol. 23. No. 1. P. 52–56. doi:10.1016/j.conb.2012.09.001
- Mery F., Kawecki T.J. Experimental evolution of learning ability in fruit flies // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2002. Vol. 99. No. 22. P. 14274–14279. doi:10.1073/pnas.222371199
- Mery F., Kawecki T.J. A fitness cost of learning ability in *Drosophila melanogaster* // Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences. 2003. Vol. 270. No. 1532. P. 2465–2469.
- Mery F., Kawecki T.J. The effect of learning on experimental evolution of resource preference in *Drosophila melanogaster* // Evolution. 2004. Vol. 58. No. 4. P. 757–767. doi:10.1111/j.0014-3820.2004.tb00409.x
- Mery F., Kawecki T.J. A cost of long-term memory in *Drosophila* // Science. 2005. Vol. 308. No. 5725. P. 1148–1148. doi:10.1126/science.1111331

Moran N.A. The evolutionary maintenance of alternative phenotypes // *American Naturalist*. 1992. Vol. 139. P. 971–989. doi:10.1086/285369

Niven J.E., Laughlin S.B. Energy limitation as a selective pressure on the evolution of sensory systems // *Journal of Experimental Biology*. 2008. Vol. 211. No.11. P. 1792–1804. doi:10.1242/jeb.017574

Perepelkina O.V., Lilp I.G., Tarasova A.Y., Golibrodo V.A., Poletaeva I.I. Changes in cognitive abilities of laboratory mice as a result of artificial selection // *The Russian Journal of Cognitive Science*. 2015. Vol. 2. No.2-3. P. 29–35.

Power R.A., Steinberg S., Bjornsdottir G., Rietveld C.A., Abdellaoui A., Nivard M.M., Johannesson M., Galesloot T.E., Hottenga J.J., Willemsen G., Cesarini D., Benjamin D.J., Magnusson P.K., Ullén F., Tiemeier H., Hofman A., van Rooij F.J., Walters G.B., Sigurdsson E., Thorgeirsson T.E., Ingason A., Helgason A., Kong A., Kiemenev L.A., Koellinger P., Boomsma D.I., Gudbjartsson D., Stefansson H., Stefansson K. Polygenic risk scores for schizophrenia and bipolar disorder predict creativity // *Nature Neuroscience*. 2015. Vol. 18. No.7. P. 953–955. doi:10.1038/nn.4040

Pravosudov V.V., Clayton N.S. A test of the adaptive specialization hypothesis: population differences in caching, memory, and the hippocampus in black-capped chickadees (*Poecile atricapilla*) // *Behavioral Neuroscience*. 2002. Vol. 116. No. 4. P. 515–522. doi:10.1037/0735-7044.116.4.515

Prokosch M.D., Coss R.G., Scheib J.E., Blozis S.A. Intelligence and mate choice: intelligent men are always appealing // *Evolution and Human Behavior*. 2009. Vol. 30. No. 1. P. 11–20. doi:10.1016/j.evolhumbehav.2008.07.004

Reader S.M., Laland K.N. *Animal innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2003. doi:10.1093/acprof:oso/9780198526223.001.0001

Salmon P. Effects of physical exercise on anxiety, depression, and sensitivity to stress: a unifying theory // *Clinical Psychology Review*. 2001. Vol. 21. No. 1. P. 33–61. doi:10.1016/S0272-7358(99)00032-X

Shettleworth S.J. *Cognition, evolution, and behavior*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1999.

Thornton A., Lukas D. Individual variation in cognitive performance: developmental and evolutionary perspectives // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2012. Vol. 367. No.1603. P. 2773–2783. doi:10.1098/rstb.2012.0214

Tryon R.C. *Individual differences* // *Comparative psychology* (rev. ed.). / F.A. Moss (Ed.). N.Y.: Prentice-Hall, 1942. P. 330–365. doi:10.1037/11454-012

## discussion

# On the Cost of Cognitive Functions

COMMENTS ON A. L. KRUSHINSKY'S "THE COST OF PROBLEM SOLVING: BIOPHYSICAL BACKGROUND AND PROBABLE EVOLUTIONARY CONSEQUENCES"

Varvara Dyakonova

Institute of Developmental Biology, RAS, Moscow, Russia

**Abstract.** In the present mini-review, I discuss some aspects of the fitness costs of cognitive activity by focusing on biological data obtained in ethological and laboratory experiments. Do these findings fit the idea of entropic cost of problem solving proposed by A. L. Krushinsky?

**Correspondence:** Varvara Dyakonova, [dyakonova.varvara@gmail.com](mailto:dyakonova.varvara@gmail.com), 26 Vavilova str., 119334 Moscow, Russia

**Keywords:** evolution of cognitive functions, cognition, information, entropy, learning, memory, problem solving, extrapolation, ethology

**Copyright** © 2015. Varvara Dyakonova. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

**Acknowledgments.** This work is supported by the Russian Foundation for Basic Research Grant No. 14-04-00537, 14-04-00875. I gratefully acknowledge the contributions of Dmitry Sakharov and an anonymous reviewer in the preparation and improvement of the final draft of the paper.

Received 25 June 2015, accepted 26 September 2015.

## References

- Alghamdi, A., Raine, N., Rosato, E., & Mallon, E.B. (2009). No evidence for an evolutionary trade-off between learning and immunity in a social insect. *Biology Letters*, 5(1), 55–57.
- Amit, Z., & Smith, B.R. (1992). Differential ethanol intake in Tryon maze-bright and Tryon maze-dull rats: implications for the validity of the animal model of selectively bred rats for high ethanol consumption. *Psychopharmacology*, 108(1-2), 136–140. [doi:10.1007/BF02245298](https://doi.org/10.1007/BF02245298)
- Arden, R., Gottfredson, L.S., Miller, G., & Pierce, A. (2009). Intelligence and semen quality are positively correlated. *Intelligence*, 37(3), 277–282. [doi:10.1016/j.intell.2008.11.001](https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.11.001)
- Burger, J., Kolss, M., Pont, J., & Kawecki, T.J. (2008). Learning ability and longevity: A symmetrical evolutionary trade-off in *Drosophila*. *Evolution*, 62(6), 1294–1304. [doi:10.1111/j.1558-5646.2008.00376.x](https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00376.x)
- Burns, J.G., Foucaud, J., & Mery, F. (2011). Costs of memory: lessons from 'mini'brains. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 278(1707), 923–929. [doi:10.1098/rsbl.2008.0514](https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0514)
- Carhart-Harris, R.L., Leech, R., Hellyer, P.J., Shanahan, M., Feilding, A., Tagliazucchi, E., Chialvo, D.R., & Nutt, D. (2014). The entropic brain: a theory of conscious states informed by neuroimaging research with psychedelic drugs. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 20. [doi:10.3389/fnhum.2014.00020](https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00020)
- Clutton-Brock, T., & Sheldon, B.C. (2010). The seven ages of Pan. *Science*, 327(5970), 1207–1208. [doi:10.1126/science.1187796](https://doi.org/10.1126/science.1187796)
- Cole, E.F., & Quinn, J.L. (2011). Personality and problem-solving performance explain competitive ability in the wild. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 279, 1168–1175. [doi:10.1098/rspb.2011.1539](https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1539)
- Deary, I.J. (2012). Looking for 'system integrity' in cognitive epidemiology. *Gerontology*, 58(6), 545–553. [doi:10.1159/000341157](https://doi.org/10.1159/000341157)
- Deary, I.J. (2012). Intelligence. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 453–482. [doi:10.1146/annurev-psych-120710-100353](https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100353)
- Deary, I.J., Johnson, W., & Houlihan, L.M. (2009). Genetic foundations of human intelligence. *Human Genetics*, 126(1), 215–232. [doi:10.1007/s00439-009-0655-4](https://doi.org/10.1007/s00439-009-0655-4)
- Deary, I.J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(3), 201–211. [doi:10.1038/nrn2793](https://doi.org/10.1038/nrn2793)
- Dyakonova, V.E., Korshunova, T.A., & Vorontsov, D.D. (2015). [Effect of previous motor activity on decision-making in vital situations in snails]. In E.V. Pechenkova, & M.V. Falikman (Eds.), *Proceedings of the 3rd conference "Cognitive Science in Moscow: New Research"* (pp. 125–130). Moscow: BukiVedi, IPPiP. (In Russian).
- Dyakonova, V.E., Krushinsky, A.L., & Shcherbakova, T.D. (2013). Jevoljucionnye i nejrohimiicheskie predposylki vlijaniya dvigatel'noj aktivnosti na kognitivnye funkicii [Evolutionary and neurochemical prerequisites of the effect of the motor activity on cognitive functions]. In E.V. Pechenkova, & M.V. Falikman (Eds.), *Proceedings of the 2nd conference "Cognitive Science in Moscow: New Research"* (pp. 113–117). Moscow: BukiVedi. (In Russian).
- Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, 11(2), 127–138. [doi:10.1038/nrn2787](https://doi.org/10.1038/nrn2787)

- Golibrodo, V.A., Perepelkina, O.V., Lilp, I.G., & Poletaeva, I.I. (2014). [The behavior of mice selected for cognitive trait in hyponeophagia test]. *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni IP Pavlova*, 64(6), 639–645. (In Russian).
- Hillman, C.H., Erickson, K.I., & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65. doi:10.1038/nrn2298
- Hollis, B., & Kawecki, T.J. (2014). Male cognitive performance declines in the absence of sexual selection. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 281(1781), 20132873. doi:10.1098/rspb.2013.2873
- Khonicheva, N.M., Gulyaeva, N.V., Zhdanova, I.V., Obidin, A., Dmitrieva, I.L., & Krushinskaya, N.L. (1986). [Type of behavior and activity of superoxide dismutase in the rat brain (comparison of two Tryon strains)]. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 102(6), 1619–1622. (In Russian).
- Kolss, M., & Kawecki, T.J. (2008). Reduced learning ability as a consequence of evolutionary adaptation to nutritional stress in *Drosophila melanogaster*. *Ecological Entomology*, 33(5), 583–588. doi:10.1111/j.1365-2311.2008.01007.x
- Krushinskaya, N.L., Lyapunova, K.L., Dmitrieva, I.L., & Surov, A.V. (1982). Sposobnost' k resheniju jekstrapoljacionnoj zadachi u samcov *Rattus norvegicus*, zanimajushih razlichnoe rangovoe polozhenie v ierarhicheskoj strukture gruppy [Ability to solve extrapolation task in male *Rattus norvegicus* with different ranks in social hierarchy]. *Zhurnal Obshchei Biologii*, 43(1), 72–78. (In Russian).
- Krushinskaya, N.L., Zolotareva, N.N., & Dmitrieva, I.L. (1988). [The pattern of social relations in Tryon maze bright and Tryon maze dull male rats estimated on the basis of some biochemical criteria]. *Zhurnal Obshchei Biologii*, 49(2), 255–262. (In Russian).
- Krushinsky, A.L. (2013). [Biophysical aspects of reasoning ability]. In I.I. Poletaeva, & Z.A. Zorina (Eds.), [The development of behavior: its normal and abnormal aspects. To the 100 anniversary of L.V. Krushinsky] (pp. 424–436). Moscow: LRC Publ. (In Russian).
- Krushinsky, A.L. (2015). [The cost of problem solving: biophysical background and probable evolutionary consequences]. *The Russian Journal of Cognitive Science*, 2(1), 52–61. (In Russian).
- Krushinsky, L.V. (2009). [Biological basis of reasoning ability]. Moscow: Moscow State University. (In Russian).
- Krushinsky, L.V., Astaurova, N.B., Kuznetsova, L.M., Ochinskaya, E.I., Poletaeva, I.I., Romanova, L., & Sotskaya, M.N. (1975). Rol' geneticheskikh faktorov v opredelenii sposobnosti k jekstrapoljicii u zhivotnyh [The role of genotype factors in extrapolation ability determination]. In V.K. Fedorov, & V.V. Ponomarenko (Eds.), *Aktual'nye problemy genetiki povedeniya [Current Problems in Behavior Genetics]* (pp. 98–110). Leningrad: Nauka. (In Russian).
- Lombroso, C. (1892). Genius and insanity. In Lombroso, C. *The man of genius* (pp. 66–99). New York: Charles Scribner's Sons. doi:10.1037/10996-004
- Mery, F. (2013). Natural variation in learning and memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(1), 52–56. doi:10.1016/j.conb.2012.09.001
- Mery, F., & Kawecki, T.J. (2002). Experimental evolution of learning ability in fruit flies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(22), 14274–14279. doi:10.1073/pnas.222371199
- Mery, F., & Kawecki, T.J. (2003). A fitness cost of learning ability in *Drosophila melanogaster*. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 270(1532), 2465–2469.
- Mery, F., & Kawecki, T.J. (2004). The effect of learning on experimental evolution of resource preference in *Drosophila melanogaster*. *Evolution*, 58(4), 757–767. doi:10.1111/j.0014-3820.2004.tb00409.x
- Mery, F., & Kawecki, T.J. (2005). A cost of long-term memory in *Drosophila*. *Science*, 308(5725), 1148–1148. doi:10.1126/science.1111331
- Moran, N.A. (1992). The evolutionary maintenance of alternative phenotypes. *American Naturalist*, 139, 971–989. doi:10.1086/285369
- Niven, J.E., & Laughlin, S.B. (2008). Energy limitation as a selective pressure on the evolution of sensory systems. *Journal of Experimental Biology*, 211(11), 1792–1804. doi:10.1242/jeb.017574
- Perepelkina, O.V., Lilp, I.G., Tarasova, A.Y., Golibrodo, V.A., & Poletaeva, I.I. (2015). Changes in cognitive abilities of laboratory mice as a result of artificial selection. *The Russian Journal of Cognitive Science*, 2(2-3), 29–35.
- Power, R.A., Steinberg, S., Bjornsdottir, G., Rietveld, C.A., Abdellaoui, A., Nivard, M.M., Johannesson, M., Galesloot, T.E., Hottenga, J.J., Willemsen, G., Cesarini, D., Benjamin, D.J., Magnusson, P.K., Ullén, F., Tiemeier, H., Hofman, A., van Rooij, F.J., Walters, G.B., Sigurdsson, E., Thorgeirsson, T.E., Ingason, A., Helgason, A., Kong, A., Kiemene, L.A., Koellinger, P., Boomsma, D.I., Gudbjartsson, D., Stefansson, H., & Stefansson, K. (2015). Polygenic risk scores for schizophrenia and bipolar disorder predict creativity. *Nature Neuroscience*, 18(7), 953–955. doi:10.1038/nn.4040
- Pravosudov, V.V., & Clayton, N.S. (2002). A test of the adaptive specialization hypothesis: population differences in caching, memory, and the hippocampus in black-capped chickadees (*Parus atricapilla*). *Behavioral Neuroscience*, 116(4), 515–522. doi:10.1037/0735-7044.116.4.515
- Prokosch, M.D., Coss, R.G., Scheib, J.E., & Blozis, S.A. (2009). Intelligence and mate choice: intelligent men are always appealing. *Evolution and Human Behavior*, 30(1), 11–20. doi:10.1016/j.evolhumbehav.2008.07.004
- Reader, S.M., & Laland, K.N. (2003). *Animal innovation*. Oxford: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780198526223.001.0001
- Salmon, P. (2001). Effects of physical exercise on anxiety, depression, and sensitivity to stress: a unifying theory. *Clinical Psychology Review*, 21(1), 33–61. doi:10.1016/S0272-7358(99)00032-X
- Samuleeva, M.V., Smirnova, A.A., Obozova, T.A., & Zorina, Z.A. (2015). Associative symmetry in hooded crows. In E.V. Pechenkova, & M.V. Falikman (Eds.), *Proceedings of the 3rd conference "Cognitive Science in Moscow: New Research"* (pp. 390–394). Moscow: BukiVedi, IPPiP. (In Russian).
- Semiokhina, A.F., Ochinskaya, E.I., Rubtsova, N.B., & Krushinsky, L.V. (1976). Novoe v izuchenii jeksperimental'nyh nevrozov, vyzvannyh perenaprjazheniem vysshei nervnoj dejatel'nosti [Advances in research on experimental neuroses evoked by the overexcitation of higher nervous activity]. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 231(2), 503–505. (In Russian).
- Shettleworth, S.J. (1999). *Cognition, evolution, and behavior*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Thornton, A., & Lukas, D. (2012). Individual variation in cognitive performance: developmental and evolutionary perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1603), 2773–2783. doi:10.1098/rstb.2012.0214
- Tryon, R.C. (1942). Individual differences. In F.A. Moss (Ed.), *Comparative psychology (rev. ed.)* (pp. 330–365). N.Y.: Prentice-Hall. doi:10.1037/11454-012
- Zolotareva, N.N., Krushinskaya, N.L., & Dmitrieva, I.L. (1987). [Comparative characteristics of the metabolism of Tryon strain rats (Tryon maze dull and Tryon maze bright) and the possibility of predicting their social status by biochemical indexes]. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 292(3), 751–755. (In Russian).