

# Российский журнал Когнитивной науки

Том 2  
№ 4

Декабрь 2015

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

ISSN 2313-4518



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

Vol. 2  
No. 4

December 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

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

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

## Research Papers

Tatyana N. Kotova, Alexey A. Kotov. <b>The Role of Referential Intention as a Component of Joint Attention in Object-Label Association and Shared Knowledge Acquisition</b> .....	4
Abstract in Russian .....	10
Vladimir F. Spiridonov, Emilia V. Ezrina. <b>The Interaction of Several Languages in the Cognitive System</b> .....	12
Abstract in Russian .....	27
Olga A. Korolkova. <b>The Role of Dynamics in Visual Adaptation to Emotional Facial Expression</b> .....	30
Russian version of the paper.....	43

## Recent Events in the Field

Ilya Yu. Vladimirov, Sergei Yu. Korovkin, Julia V. Nikolaeva. <b>EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science</b> (in Russian).....	58
Abstract in English .....	64
Veronika K. Prokopenya. <b>XVIII European Conference on Eye Movements</b> (in Russian).....	65
Abstract in English .....	69

# Оглавление

## Экспериментальные сообщения

Татьяна Н. Котова, Алексей А. Котов. <b>Роль референциального намерения как компонента совместного внимания в формировании совместного знания и ассоциации между словом и объектом</b> (на английском языке) .....	4
Аннотация статьи на русском языке .....	10
Владимир Феликсович Спиридонов, Эмилия Валерьевна Эзрина. <b>Взаимодействие нескольких языков в когнитивной системе человека</b> (на английском языке).....	12
Аннотация статьи на русском языке .....	27
Ольга Александровна Королькова. <b>Роль динамики в зрительной адаптации к эмоциональным экспрессиям лица</b> (на английском языке) .....	30
Текст статьи на русском языке .....	43

## Научная жизнь

Илья Юрьевич Владимиров, Сергей Юрьевич Коровкин, Юлия Владимировна Николаева. <b>Объединенная Евро-Азиатско-Тихоокеанская конференция по когнитивной науке.</b> .....	58
Аннотация статьи на английском языке .....	64
Вероника Константиновна Прокопья. <b>XVIII Европейская конференция по движению глаз.</b> .....	65
Аннотация статьи на английском языке .....	69

# The Role of Referential Intention as a Component of Joint Attention in Object-Label Association and Shared Knowledge Acquisition

**Tatyana N. Kotova**

The Laboratory of Cognitive Research, Russian Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russia

**Alexey A. Kotov**

Laboratory for Cognitive Research, National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russia

**Abstract.** Discrepancies in the evidence for the influence of joint attention on lexical acquisition seem to have two causes: the variety of possible lexical acquisition outcomes (formation of an association between an object and a word, or emergence of a unit of the symbolic system) and variety in the contents of joint attention (the act of naming, the using of an object, events involving the object). In this study, we varied the moment when an object was named (familiarization with the object; using the object; removing the object). We suppose that providing children with referential intention cues, which are involved in an object’s familiarization, facilitates their discerning of the word as a sign in the symbolic system, in contrast to the joint attention without this component. Based on our results, the choice of an object as a referent of the heard label showed that children established object-label matching in all conditions. The test for the mutual exclusivity phenomenon was passed only in the familiarization condition. Thus, drawing a child’s attention to the act of naming is critical for the formation of a new unit in the symbolic system; that is, for shared knowledge acquisition.

**Correspondence:** Tatyana N. Kotova, [tkotova@gmail.com](mailto:tkotova@gmail.com); The Laboratory of Cognitive Research, RANEPA, Vernadsky pr-t, 82, 107370 Moscow, Russia.

**Keywords:** word learning, referential intention, joint attention, object-label matching, shared knowledge acquisition, social learning

**Copyright** © 2015. Tatyana N. Kotova, Alexey A. Kotov. 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.** The reported study was supported by the President of the Russian Federation Grants Council (Research Project No. MK-3824.2014.6) and partially supported by RFH (research project No. 15-36-01328). We thank Irina Maksimova and kindergarten №288 in Moscow for help with data collection. We also thank the children and parents whose participation made the study possible.

Received 22 August 2015, accepted 1 December 2015.

## Introduction

There are discrepancies in the evidence for the influence of joint attention on lexical acquisition (see review in Akhtar & Gernsbacher, 2007). Some authors suppose that joint attention is an essential element in the process of learning a new word (Baldwin, 1995; Akhtar, Jip-

son, & Callanan, 2001; Diesendruck, Markson, Akhtar, & Reudor, 2004). Their studies revealed that children learn a new artificial label for a new object significantly better when the joint attention of the child and the experimenter is focused on this new object at the moment of the new label pronunciation (Baldwin, Markman, Bill, Desjardins, Irwin, & Tidball, 1996). Furthermore, an unaccompanied

child's mere the observation of the joint attention of others has such an impact (Floor & Akhtar, 2006). In fact, video demonstration or third-party observation of one person labeling an object for another person in reciprocal interaction is effective for word learning, unlike the observation of a one-sided offering of information between the two parties (O'Doherty, Troseth, Shimpfi, Goldenberg, Akhtar, & Saylor, 2011).

Other authors insist that the findings about joint attention's influence can be explained by the contextual nature of attention and memory (Samuelson & Smith, 1998; Smith, Jones, & Landau, 1996; Smith, 2000). A context change usually accompanies an adult's bid for joint attention, and therefore it may be this novelty that grabs a child's attention and provides an opportunity to remember the connection between an object and a word (Samuelson & Smith, 1998).

There is also evidence that grabbing of child's attention does not always increase label learning (Baldwin et al., 1996; Houston-Price, Plunkett, & Duffy, 2006). For example, the 18 to 20-month-olds in the experiment by Baldwin and colleagues did not learn a word uttered by a disembodied voice using infant-directed speech, even though it was contingent on the child's own attention to an object (Baldwin et al., 1996). The utterances lacked cues to reference, which are the most important components of joint attention in the social/communicative account (Baldwin, 1995; Moore, Angelopoulos & Bennett, 1999; Akhtar, 2005; Tomasello, 2001; Sabbagh & Baldwin, 2005). The understanding of a speaker's referential intent is supposed to be the critical factor for word learning in this account, since a word is considered to be a component of the communicative system, and hence, a part of shared knowledge (Tomasello, 2001). The theory based on general cognitive processes appeals to object-label matching (Samuelson & Smith, 1998; Smith, 2000), which may be understood as an association between an object and a word.

We suppose that both of the forms of representation of a connection between a word and an object (the word as a unit of symbolic system and the word-object association) are acquired simultaneously in the natural situation of word learning, but they are provided by different factors. Referential intention cues facilitate the emergence of a unit in the symbolic system as it is formed for communication. Furthermore, word-object association, as with any other matching, is under the impact of attention and memory support.

Interestingly, Fennel and Waxman's (2006) study revealed that referential intention, expressed by the grammatical construction of the phrase "Look at the ...! I like the ...", gave 14-month-olds the opportunity to use phonetic detail ("bin" and "din") to map novel words to objects in a habituation paradigm. The study's participants looked significantly longer in the trials with switched words than in the trials with the same word during the demonstration of the same object, in contrast to toddlers hearing isolated words. These findings demonstrate that referential intention allows children to determine that the present set of sounds is a sign for marking an object. But it does not seem to be necessary for association of the object with the set of sounds.

The current study examines whether referential intention as a possible component of joint attention has a spe-

cial effect on the forming of symbolic system units. We controlled the support for children's attention and memory from joint attention by comparing word learning in joint attention with varied content: familiarization with an object, object using, demonstration and removing the object.

To measure the acquisition of a symbolic system unit in contrast to object-label matching, we used a special test based on the phenomenon of mutual exclusivity (Markman & Wachtel, 1988; Diesendruck & Markson, 2001). Three-year-olds tend to choose a novel object rather than a familiar one when asked for the referent of a novel label. This tendency is considered to reflect children's avoidance of lexical overlapping. The meanings of words cannot be overlapped if the words are elements of one lexical system. Consequently, the mutual exclusivity phenomenon implies that children recognize a demonstrated label as an element of the lexical system in common with other labels. In the present study, a more traditional comprehension test was exploited to examine object-label matching.

## Method

### Participants

Seventy-nine children ( $M = 3$  years 7 months; range = 2 years 11 months to 3 years 11 months;  $SD = 2.3$  months; 38 boys and 41 girls) participated in the study. Additional four participants were excluded from the final analysis because of (a) fussiness (i. e., failing to play on warm-up phase,  $n = 1$ ), (b) experimenter error ( $n = 2$ ), and equipment failure ( $n = 1$ ). Children were recruited from local preschools. Parents of all of the children provided informed consent to participate in the study.

### Stimuli

Two sets of experimental objects (target and test) with varying shapes, parts, colors, textures, and roughly equal size were used in this experiment (see Figure 1). Along with the experimental objects, an additional supporting object was designed for use with the target objects (Figure 1). The set of target objects consisted of three items, each with a small loop which could be attached to the supporting object. One of the three objects was presented during the first phase of the procedure (the Demonstration Phase). A separate set of test objects consisted of four items: one of them was shown in the mutual exclusivity test (paired with a target object) and three of them were shown during the comprehension test (again, accompanied by a target object).

The pseudowords "moza" and "gatsun" were used as novel labels and as an alternative label in the mutual exclusivity test with equal frequency in the different conditions, and were chosen because they obey the rules of Russian phonology.

### Design and Procedure

The study involved a Demonstration Phase (consisting of a Familiarization stage, Using stage and Removing stage) and a Test Phase. The independent variable was the stage of the Demonstration Phase during which an object was labeled. That was the between-subject variable with

the three experimental conditions. All of the experimental conditions (*familiarization*, *using* and *removing*) included cues to support attention and memory in making a connection between a word and an object. Only the *familiarization* condition included referential intention cues, which were implemented in the pragmatic meaning of the novel object's presentation. The linguistic parameters were equalized as much as possible at different stages and consisted of phrases for commenting on the manipulation with the target object.

Along with the experimental conditions, the control condition *without labeling* was introduced in the design of the experiment. A separate group of participants passed through all stages of the Demonstration Phase without any labeling of the target object. This condition allowed us to ascertain whether possible differences in test performances were caused by label availability in the three experimental conditions.

The combination of conditions with the target object was counterbalanced. Children were tested individually in a quiet room at their preschool. After a brief warm-up play session with the experimenter and familiar toys, children were told that they were going to be shown some new things that the experimenter had.

**Demonstration Phase.** During the following stages, the experimenter established joint attention with the child towards a target object: alternating the gaze between the object and the child, and showing the object by turning it in different directions. The experimenter also named the target object four times in each of the stages: with a label in experimental conditions of labeling or with pronouns in experimental conditions of labeling in another stage and in the control condition.

**Familiarization stage.** The experimenter placed a transparent box with a novel object inside it in front of the child and said, "Look, what I have! Let's take the moza/it out of the box? We open the lid and take the moza/it out of the box!" <opened the lid and invited the child to look at the box by the gaze> "Here is the moza/it! We take the moza/it out and close the box, ok?" Then the target object was taken out and exhibited to the child.

**Using stage.** The experimenter then said, "I want to show you how to play with the moza/it! I have a special hook here." <showed the hook on the bottom side of the supporting object> "We hang the moza/it on this hook and swing the moza/it! Cool! Look, the moza/it is swinging! Do you want to do it like that?" The experimenter allowed the child to explore the exemplar for approximately 30 seconds.

**Removing stage.** Next, the experimenter said: "Did you like to play? Now let's return the moza/it to the box! We have the special box for the moza/it!" <placed the box on the table and opened it> "We open the lid and put the moza/it inside! Now the moza/it is in the box! I have other toys, let's play with them now!"

The experimenter then began the interference play with familiar toys for approximately two minutes.

**Test Phase. Mutual exclusivity test.** The experimenter brought out one of the test objects and the target object, placed them in front of the child, and said: "Look, what I have! Let's play with them now!" The child and the experimenter played freely with the objects for about one minute.

Then the objects were set back down in front of the child and the experimenter asked, "Give me the gatzun, please!" 'Gatzun' was an alternative word, which the child had not heard in the Demonstration Phase, when the target object was labeled 'moza', and vice versa. The experimenter waited up to 20 seconds for the child to hand over one of the two objects on the table. When given any object, the experimenter encouraged the child by saying, "Thank you!" Then, the experimenter hid the objects under the table and offered to look for what else she had. If the child was reluctant to choose an object after 20 seconds, the child's results in both tests were excluded ( $n = 1$ ).

**Comprehension test.** The experimenter brought out one of the test objects and the target object, placed them in front of the child, and said: "Look, what I have! Let's play with them now!" The child and the experimenter played freely with the objects for about a minute. Then the objects were set back down in front of the child and the experimenter said, "Give me the moza, please!" 'Moza' was used when it was the pseudoword that the child had heard in the Demonstration Phase in all experimental conditions with labeling; when the target object was labeled 'gatzun', the experimenter asked to give her the 'gatzun'. The experimenter waited up to 20 seconds for the child to hand over one of the four objects on the table. When given any object, the experimenter encouraged the child by saying, "Thank you!" If the child was reluctant to choose an object after 20 seconds, the child's results in both tests were excluded ( $n = 0$ ).

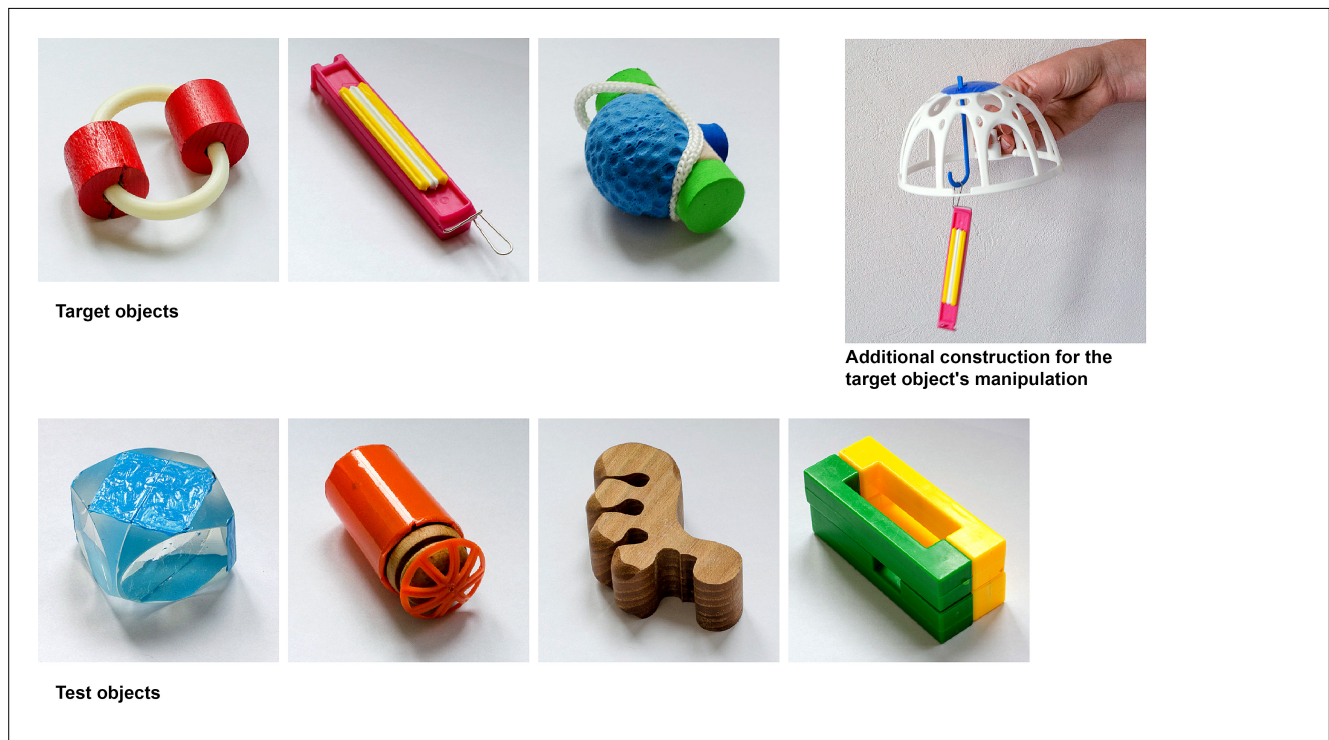
After the tests, the experimenter placed the test objects and the target object in front of the child, and asked the recall question, "Do you remember what we were playing with in the beginning? Which of them? Give it to me, please!" If the child was reluctant to choose an object, the experimenter brought out the supporting object with a hook and asked, "Which of them were we playing with this one?"

The placement of the test objects on the table was determined randomly. All experimental sessions were videotaped for initial and reliability coding.

## Results

Table 1 shows the number of participants in the three experimental conditions and control condition who selected the target object during the comprehension test. The statistical analysis confirmed that in all three experimental conditions, the children performed this test significantly better than would be expected by chance (25%) ( $\chi^2 = 19.11$ ,  $p < .001$ ;  $\chi^2 = 38.23$ ,  $p < .001$  and  $\chi^2 = 10.01$ ,  $p = .002$ ). In the control condition *without labeling*, the children chose a referent for the label as expected by chance (25%),  $\chi^2 = 0.02$ ,  $p = .97$ . The children therefore acquired the object-label matching after four utterances of the label in any stage of the object demonstration: whether upon first familiarization, use of the object, or even moving the object back to its container. It should be noted that the smallest deviation from chance was found in the *removing* condition, and the largest deviation was in the *using* condition.

The mutual exclusivity test was passed only in one condition, namely *familiarization* (see Table 1). Only when the label was uttered in the first stage of the object's dem-



**Figure 1.** Experimental target and test objects and additional construction for the target object's manipulation (supporting object with a hook).

**Table 1.** Number of Children Performing the Comprehension and Mutual Exclusivity Tests in All Conditions

		Comprehension test (%)	Mutual exclusivity test (%)
Familiarization stage	right	11 (57.9)***	14 (73.7)*
	wrong	8 (42.1)	5 (26.3)
Using stage	right	16 (72.7)***	14 (63.6)
	wrong	6 (27.3)	8 (36.4)
Removing stage	right	10 (47.6)**	14 (66.7)
	wrong	11 (52.4)	7 (33.3)
Without labeling	"right"	4 (23.5)	10 (58.8)
	"wrong"	13 (76.5)	7 (41.2)

**Note.** \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

onstrator did the children choose the unfamiliar object as a referent of the unfamiliar label significantly more often than would be expected by chance (50%;  $\chi^2 = 4.26$ ;  $p = .039$  in contradiction to  $\chi^2 = 1.64$ ;  $p = .201$  and  $\chi^2 = 2.33$ ;  $p = .127$ ). In the control condition *without labeling*, the children chose a referent for the label as expected by chance (50%;  $\chi^2 = 0.53$ ,  $p = .78$ ). These findings demonstrate that exposing children to a novel word through familiarization with an object allows children to recognize the word as an element of common knowledge with the experimenter. Exposing the word through the later stages did not have such an effect, although there was the joint attention context through those stages.

In the *familiarization* condition, 5 of 19 participants answered the recall question before supporting object demonstration (26%); in the *using* condition, 7 of 22 participants (32%) did so; in the *removing* condition, 6 of 21 (28%) did so; and in the *without label* condition, 6 of 17 participants (35%) did so. All of the children recalled the target object after the supporting object demonstration.

## Discussion

The current study examined whether providing children with referential intention cues facilitates their discerning of a word as a sign in the symbolic system, in contrast to the joint attention with other content. We expected that joint attention without referential intention cues would support children's general cognitive processes and therefore would allow them to match the pronounced label with the demonstrated object. The obtained data confirmed our expectation.

The inconsistency of results from the two tests provides evidence that object-label matching does not always accompany acquisition of shared knowledge. We observed children who could choose the object correctly when asked for the referent of a presented label, but who did not avoid lexical overlapping of this label and a novel one. We suppose that they did not use the knowledge about matching a presented label with a presented object to match a novel label with a novel object, which would be typical for chil-



dren of this age (Markman & Wachtel, 1988; Diesendruck & Markson, 2001).

The common component of the *familiarization* condition (the only condition of the current study in which the mutual exclusivity test was performed) and the traditional procedure for studying the mutual exclusivity phenomenon is an expression of referential intention. Consequently, it is possible that a referential intention cue is not critical for word learning on the whole, but for its important side that is acquisition of the symbolic system unit.

It is worth pointing out that, in this study, referential intention was not expressed with any linguistic parameters of communication, unlike Diesendruck and Markson's experiment (2001) where naming phrases were used ("Look at this one, it's a zev. ... This is a zev"). It was the pragmatics that conveyed referential intention in the familiarization stage: when an adult shows a novel object and names it in that moment, the child's attention is attracted to the act of naming.

Although an alternation of the gaze between the object and the child is also considered to be a referential cue (Baldwin, 1995), these findings demonstrate that it does not have such an effect on word learning. We suppose that gaze direction gives a child the opportunity to find the named object (the referent), but it does not necessarily indicate a referential intention. Perhaps it is not surprising, then, that joint attention with other content allowed children to perform the comprehension test but not the mutual exclusivity test. Consequently, we found evidence that object-label matching and acquisition of a sign in the symbolic system depend on different factors.

The procedure of the current study did not include a demonstration of test objects along with the target object. This might cause doubt about whether children could choose the target object because of its salience as previously presented. However, in the control condition *without labeling*, children did not prefer the target object in spite of that fact that it was the only previously presented object in this condition.

Furthermore, the children had an opportunity to play freely with the test objects along with the target object for about a minute at the beginning of the tests. We suppose that this play time reduced the salience of the target object, because only a small number of the participants were able to recall the object identified as "what we were playing with in the beginning". However, all of the children could recall the target object when the supporting object was presented; therefore, they seemed to retain the target object demonstration but not to distinguish it as the one that was presented earlier than all the other objects.

In the condition *without labeling*, having seen a novel object in the mutual exclusivity test, some of the children asked the experimenter, "And how to play with this?" This reaction demonstrated that they acquired shared knowledge about the target object when it had not been labeled, but that the knowledge concerned the method of using the object. That fact allows us to assume that intentional demonstration of an object invites children to acquire shared knowledge about it.

It remains unclear whether revealing a speaker's intent to name an object affects shared knowledge acquisition or its combination with naming. Further studies that control for this distinction are needed to investigate the social and statistical learning mechanisms involved with respect to words and other cultural aspects.

## References

- Akhtar, N. (2005). Is joint attention necessary for early language learning. In C. Tamis-LeMonda, & B.D. Homer (Eds.), *The development of social cognition and communication* (pp. 165–179). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Akhtar, N., & Gernsbacher, M.A. (2007). Joint attention and vocabulary development: a critical look. *Language and Linguistics Compass*, 1(3), 195–207. doi:10.1111/j.1749-818X.2007.00014.x
- Akhtar, N., Jipson, J., & Callanan, M.A. (2001). Learning words through overhearing. *Child Development*, 72(2), 416–430. doi:10.1111/1467-8624.00287
- Baldwin, D.A. (1995). Understanding the link between joint attention and language. In C. Moore, & P.J. Dunham (Eds.), *Joint attention: Its origins and role in development* (pp. 131–158). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Baldwin, D.A., Markman, E.M., Bill, B., Desjardins, R.N., Irwin, J.M., & Tidball, G. (1996). Infants' reliance on a social criterion for establishing word-object relations. *Child Development*, 67(6), 3135–3153. doi:10.2307/1131771
- Diesendruck, G., & Markson, L. (2001). Children's avoidance of lexical overlap: a pragmatic account. *Developmental Psychology*, 37(5), 630–641. doi:10.1037/0012-1649.37.5.630
- Diesendruck, G., Markson, L., Akhtar, N., & Reudor, A. (2004). Two-year-olds' sensitivity to speakers' intent: an alternative account of Samuelson and Smith. *Developmental Science*, 7(1), 33–41. doi:10.1111/j.1467-7687.2004.00320.x
- Fennell, C.T., & Waxman, S. (2006). Infants of 14 months use phonetic detail in novel words embedded in naming phrases. In D. Bamman, T. Magnitskaia, & C. Zaller (Eds.), *Proceedings of the 30th annual Boston University conference on language development* (pp. 178–189). Somerville, MA: Cascadia Press.
- Floor, P., & Akhtar, N. (2006). Can 18-month-old infants learn words by listening in on conversations? *Infancy*, 9(3), 327–339. doi:10.1207/s15327078in0903\_4
- Houston-Price, C., Plunkett, K., & Duffy, H. (2006). The use of social and salience cues in early word learning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95(1), 27–55. doi:10.1016/j.jecp.2006.03.006
- Markman, E.M., & Wachtel, G.F. (1988). Children's use of mutual exclusivity to constrain the meanings of words. *Cognitive Psychology*, 20(2), 121–157. doi:10.1016/0010-0285(88)90017-5
- Moore, C., Angelopoulos, M., & Bennett, P. (1999). Word learning in the context of referential and salience cues. *Developmental Psychology*, 35(1), 60–68. doi:10.1037/0012-1649.35.1.60
- O'Doherty, K., Troseth, G.L., Shimpf, P.M., Goldenberg, E., Akhtar, N., & Saylor, M.M. (2011). Third-party social interaction and word learning from video. *Child Development*, 82(3), 902–915. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01579.x
- Sabbagh, M.A., & Baldwin, D. (2005). Understanding the role of communicative intentions in word learning. In N. Eilan, C. Hoerl, T. McCormack, & J. Roessler (Eds.), *Joint attention: Communication and other minds: Issues in philosophy and psychology* (pp. 165–184). New York: Clarendon Press/Oxford Press.
- Samuelson, L.K., & Smith, L.B. (1998). Memory and attention make smart word learning: An alternative account of Akhtar, Carpenter, and Tomasello. *Child Development*, 69(1), 94–104. doi:10.1111/j.1467-8624.1998.tb06136.x

- Smith, L.B. (2000). Avoiding associations when it's behaviorism you really hate. In R.M. Golinkov, K. HirshPasek, L. Bloom, L.B. Smith, A.L. Woodward, N. Akhtar, M. Tomasello, & G. Hollich (Eds.), *Becoming a word learner: A debate on lexical acquisition* (pp. 169–174). Oxford, UK: Oxford University Press Oxford.
- Smith, L.B., Jones, S.S., & Landau, B. (1996). Naming in young children: A dumb attentional mechanism?. *Cognition*, 60(2), 143–171. [doi:10.1016/0010-0277\(96\)00709-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(96)00709-3)
- Tomasello, M. (2001). Perceiving intentions and learning words in the second year of life. In M. Tomasello, & E. Bates (Eds.), *Language development: The essential readings* (pp. 132–158). Malden, MA: Blackwell.

**■ экспериментальные сообщения ■**

# Роль референциального намерения как компонента совместного внимания в формировании совместного знания и ассоциации между словом и объектом

**Татьяна Н. Котова**

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

**Алексей А. Котов**

Лаборатория когнитивных исследований, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

**Аннотация.** Существующие на данный момент разногласия в результатах эмпирических исследований в области влияния совместного внимания на освоение ребенком нового слова, как мы предполагаем, имеют под собой две основные причины: разнообразие возможных результатов лексического научения (формирование ассоциации между звучанием слова и видом объекта или возникновение единицы символической системы) и разнообразие возможных содержаний совместного внимания (сам акт наименования, использование объекта, события, происходящие с объектом). В данном исследовании мы варьировали ту стадию в ходе демонстрации объекта, на которой взрослый называл его ребенку (ознакомление с объектом, использование объекта или убирание объекта). Мы полагаем, что сигналы о референциальном намерении со стороны демонстрирующего объект взрослого, включенные в стадию ознакомления с объектом, приводят к включению слова в знаковую систему ребенка, тогда как совместное внимание без этого компонента не приводит к такому результату. Тест на выбор объекта по слову показал, что дети устанавливают ассоциативную связь между словом и объектом во всех трех условиях. Тогда как МЕ-тест, построенный по процедуре выявления феномена взаимного исключения, был пройден только теми испытуемыми, кто услышал название объекта на стадии ознакомления с ним. Таким образом, мы видим, что привлечение внимания ребенка к акту называния объекта является критически важным для формирования новой единицы знаковой системы.

**Контактная информация:** Татьяна Н. Котова, [tkotova@gmail.com](mailto:tkotova@gmail.com), 107370 Москва, пр-т Вернадского, 82, Лаборатория когнитивных исследований, РАНХиГС.

**Ключевые слова:** освоение нового слова, референциальное намерение, совместное внимание, ассоциация слова с объектом, совместное знание, социальное научение

© 2015 Татьяна Н. Котова, Алексей А. Котов. 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 проведено при поддержке Совета по грантовой поддержке молодых ученых при Президенте РФ (проект № МК-3824.2014.6) и частичной финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 15-36-01328). Мы благодарим Ирину Максимову, а также коллектив детского сада № 288 (Москва) за помощь в сборе данных. Мы признательны детям и их родителям, без участия которых данное исследование не могло бы состояться.

Статья поступила в редакцию 22 августа 2015 г. Принята в печать 1 декабря 2015 г.

## Литература

- Akhtar N.* Is joint attention necessary for early language learning // The development of social cognition and communication / C. Tamis-LeMonda, B.D. Homer (Eds.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2005. P. 165–179.
- Akhtar N., Gernsbacher M.A.* Joint attention and vocabulary development: a critical look // Language and Linguistics Compass. 2007. Vol. 1. No.3. P. 195–207. doi:10.1111/j.1749-818X.2007.00014.x
- Akhtar N., Jipson J., Callanan M.A.* Learning words through overhearing // Child Development. 2001. Vol. 72. No. 2. P. 416–430. doi:10.1111/1467-8624.00287
- Baldwin D.A.* Understanding the link between joint attention and language // Joint attention: Its origins and role in development / C. Moore, P.J. Dunham (Eds.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1995. P. 131–158.
- Baldwin D.A., Markman E.M., Bill B., Desjardins R.N., Irwin J.M., Tidball G.* Infants' reliance on a social criterion for establishing word-object relations // Child Development. 1996. Vol. 67. No. 6. P. 3135–3153. doi:10.2307/1131771
- Diesendruck G., Markson L.* Children's avoidance of lexical overlap: a pragmatic account // Developmental Psychology. 2001. Vol. 37. No. 5. P. 630–641. doi:10.1037/0012-1649.37.5.630
- Diesendruck G., Markson L., Akhtar N., Reudor A.* Two-year-olds' sensitivity to speakers' intent: an alternative account of Samuelson and Smith // Developmental Science. 2004. Vol. 7. No. 1. P. 33–41. doi:10.1111/j.1467-7687.2004.00320.x
- Fennell C.T., Waxman S.* Infants of 14 months use phonetic detail in novel words embedded in naming phrases // Proceedings of the 30th annual Boston University conference on language development / D. Bamman, T. Magnitskaia, C. Zaller (Eds.). Somerville, MA: Cascadilla Press, 2006. P. 178–189.
- Floor P., Akhtar N.* Can 18-month-old infants learn words by listening in on conversations? // Infancy. 2006. Vol. 9. No. 3. P. 327–339. doi:10.1207/s15327078in0903\_4
- Houston-Price C., Plunkett K., Duffy H.* The use of social and salience cues in early word learning // Journal of Experimental Child Psychology. 2006. Vol. 95. No. 1. P. 27–55. doi:10.1016/j.jecp.2006.03.006
- Markman E.M., Wachtel G.F.* Children's use of mutual exclusivity to constrain the meanings of words // Cognitive Psychology. 1988. Vol. 20. No.2. P. 121–157. doi:10.1016/0010-0285(88)90017-5
- Moore C., Angelopoulos M., Bennett P.* Word learning in the context of referential and salience cues // Developmental Psychology. 1999. Vol. 35. No. 1. P. 60–68. doi:10.1037/0012-1649.35.1.60
- O'Doherty K., Troseth G.L., Shimpi P.M., Goldenberg E., Akhtar N., Saylor M.M.* Third-party social interaction and word learning from video // Child Development. 2011. Vol. 82. No. 3. P. 902–915. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01579.x
- Sabbagh M.A., Baldwin D.* Understanding the role of communicative intentions in word learning // Joint attention: Communication and other minds: Issues in philosophy and psychology / N. Eilan, C. Hoerl, T. McCormack, J. Roessler (Eds.). New York: Clarendon Press/Oxford Press, 2005. P. 165–184.
- Samuelson L.K., Smith L.B.* Memory and attention make smart word learning: An alternative account of Akhtar, Carpenter, and Tomasello // Child Development. 1998. Vol. 69. No. 1. P. 94–104. doi:10.1111/j.1467-8624.1998.tb06136.x
- Smith L.B.* Avoiding associations when it's behaviorism you really hate // Becoming a word learner: A debate on lexical acquisition / R.M. Golinkov, K. HirshPasek, L. Bloom, L.B. Smith, A.L. Woodward, N. Akhtar, M. Tomasello, G. Hollich (Eds.). Oxford, UK: Oxford University Press Oxford, 2000. P. 169–174.
- Smith L.B., Jones S.S., Landau B.* Naming in young children: A dumb attentional mechanism? // Cognition. 1996. Vol. 60. No. 2. P. 143–171. doi:10.1016/0010-0277(96)00709-3
- Tomasello M.* Perceiving intentions and learning words in the second year of life // Language development: The essential readings / M. Tomasello, E. Bates (Eds.). Malden, MA: Blackwell, 2001. P. 132–158.

# The Interaction of Several Languages in the Cognitive System

**Vladimir F. Spiridonov**

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Department of Social Sciences, Moscow, Russia;

National Research University Higher School of Economics, Department of Psychology, Moscow, Russia

**Emilia V. Ezrina**

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Department of Social Sciences, Moscow, Russia;

Russian State University for the Humanities, Department of Psychology, Moscow, Russia

**Abstract.** In this paper, we look into the interaction of several languages in a multilingual language system. Studies involving speakers of three or more language are not common, with most research focused instead on various aspects of bilingualism. We believe, however, that research of the processes involved when several (more than two) languages are used could provide the existing body of research with additional data about language interaction. In this study, we attempt to evaluate a multilevel network model shared between several languages which integrates lexical, semantic and syntactic information. To this end, we proposed an experimental paradigm in which trilingual participants translate phrases and sentences from their Language 2 to Language 3 (and vice versa) while they are primed subliminally with single words in Language 1. We carried out a series of experiments where we manipulated prime types as well as the type of phrases and sentences. We hypothesized that Language 1 primes will interfere with the translation between Languages 2 and 3, leading to longer translation times, and that the amount of interference would vary in different conditions. Our hypotheses were partially confirmed for some types of stimuli but not for others. The implications of these results for existing models and theories are discussed.

**Correspondence:** Vladimir F. Spiridonov, [vfspiridonov@yandex.ru](mailto:vfspiridonov@yandex.ru); Emilia V. Ezrina, [ezrina@yandex.ru](mailto:ezrina@yandex.ru), Prospect Vernadskogo 82, Building 9, Office 2402, 119571 Moscow, Russia

**Keywords:** multilinguals, trilinguals, network model, parallel non-selective access, syntactic nodes, subliminal priming, translation, Russian, English, Spanish

**Copyright** © 2015. Vladimir F. Spiridonov, Emilia V. Ezrina. 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 would like to thank Maria Falikman and Eleonora Rossi for providing valuable comments on this study and this manuscript, and Vyacheslav Ivanov for writing the software to run the experiments. We also thank the anonymous students and the administration of School #1252 Cervantes in Moscow for active participation in the experiments, as well as other participants of the experiment. We would like to especially acknowledge the input of the anonymous reviewers that helped us to significantly improve this article.

Received 3 November 2015, accepted 31 December 2015.

## Introduction

The operation and interaction of several languages in the cognitive system (organization of the lexicon, semantic memory and syntactic structures) has been a topic of much discussion in psychological literature for several decades. Most research in this area has involved peo-

ple who speak two languages, both early bilinguals (fluent in both languages since childhood) and late bilinguals (who acquired their second language in school or during adulthood).

There are very few studies dedicated to multilinguals, defined as people fluent in three or more languages, one of which is usually their mother tongue acquired in early

childhood and the other two or more having been learned later in life to a high level of proficiency; early trilinguals and multilinguals are extremely rare. Research of the organization and interaction of several language systems (more than two) can provide some new information that is so far unavailable in bilingual research.

Bilinguals speak two languages, one of which (the native language) seems to be in a privileged position and serves as the basis of concept formation and development of syntactical structures. The other language is typically learned later using previously formed structures and mechanisms. Several decades of research show that the two languages of a bilingual are very closely interconnected (Grosjean, 1989; French & Jacquet, 2004; Kroll, Dussias, Bogulski, & Kroff, 2012; Kroll, Bogulski, & McClain, 2012, Francis, 1999; Kroll, Dussias, Bice, & Perotti, 2015).

It should be taken into account that people who speak more than two languages constitute a significant part of world's population. Precise statistics are unavailable, in part because of the many possible ways to learn more than two languages. Considering this, studies of multilingual systems are very sparse (Proverbio, Roberta, & Alberto, 2007).

Studies of multilingual speakers provide a different approach to the issue of language operations and interactions. In particular, they could potentially answer questions related to the interaction between the second and the third languages (L2 and L3) in multilingual cognitive systems, levels of interaction, the role of the first language in the organization of the cognitive system, and mechanisms responsible for the choice of a certain language in a given task.

In this paper, after a brief overview of several theoretical models of bilingual language systems, we will formulate hypotheses concerning trilinguals and test them in a series of experiments with trilingual participants.

### Multilingual Language System<sup>1</sup>

The interaction of several languages in a bilingual language system is an established fact. Furthermore, this interaction occurs at different levels: the lexical level (Dijkstra & Van Heuven, 2002; Brysbaert, 1998; De Bruijn, Dijkstra, Chwilla, & Schriefers, 2001; Dijkstra, Timmermans, & Schriefers, 2000; Gollan & Kroll, 2001; Jared & Kroll, 2001; Jared & Szucs, 2002; Marian, Spivey, & Hirsch, 2003; Schwartz, Kroll, & Diaz, 2007; Von Studnitz & Green, 2002; Duyck, Assche, Drieghe, & Hartsuiker, 2007), the semantic level, (Schwanenflugel & Rey, 1986; Grainger & Frenck-Mestre, 1998; Potter, So, Eckardt, & Feldman, 1984) and the syntactic level (Bock, 1986; Hartsuiker, Pickering, & Veltkamp, 2004; Loebell & Bock, 2003; Bernolet, Hartsuiker, & Pickering, 2007). Language systems are flexible and permeable, and they interact in the course of reading, listening and speaking (Marian & Spivey, 2003; Van Heuven, Dijkstra, Grainger, & Schriefers, 2001; Kroll, Bobb, & Wodniecka, 2006; Schwartz & Kroll, 2006; Dijkstra, 2005; Strijkers, Costa, & Thierry, 2010; Misra, Guo, Bobb, & Kroll, 2012).

Interaction occurs between languages from the same or different language families (such as English and Japanese, or English and Chinese), as well as between

languages that exist in different modalities (such as written and sign formats) (Gollan et al., 1997; Hoshino & Kroll, 2008; Thierry & Wu, 2007; Morford, Wilkinson, Villwock, Piñar & Kroll, 2011; Emmorey, Luk, Pyers & Bialystok, 2008). Both languages are activated even when only one is currently used (Schwartz & Kroll, 2006; Duyck et al., 2007; Dijkstra, 2005). Not only does the language learned first (L1) influence the language learned second (L2), but L2 can also make a significant impact on L1, even if the former was acquired relatively late in life (Sunderman & Kroll, 2006; Misra et al., 2012; Titone, Libben, Mercier, Whitford, & Pivneva 2011; Dussias & Sagarra, 2007; Van Hell & Dijkstra, 2002; Van Wijnendaele & Brysbaert, 2002; Grosjean, 1989; Linck, Kroll, & Sunderman, 2009).

Furthermore, both languages are activated simultaneously and nonselectively (Dijkstra & Van Heuven, 1998; Dijkstra & Van Heuven, 2002). That means that when a bilingual is presented with a sequence of letters or sounds, several lexical candidates get activated at the same time regardless of the language they belong to. Their activation is determined by similarity to the stimulus and lexical frequency. Subsequently, one of the candidates gets chosen.

It was discovered several decades ago that semantic representations are shared between the two languages in a bilingual system (Schwanenflugel & Rey, 1986; De Bot, 1992; Potter et al., 1984; Francis, 1999). This is assumed in lexical access models such as the Word Association Model, the Concept Mediation Model, both proposed by Potter et al. (1984), and the Revised Hierarchical Model (Kroll & Stewart, 1994). One of the methods used to obtain empirical support for this claim is semantic priming, which is an effect induced by semantically related stimuli. The semantic priming effect has been observed for L1 words on L2 words and vice versa, suggesting evidence for shared semantics (Duñabeitia, Perea, & Carreiras, 2010; Duyck, 2005; Francis, Augustini, & Sáenz, 2003; Grainger & Frenck-Mestre, 1998).

The interaction of languages on a syntactic level is also a topic of interest (e.g., Bock, 1986; Bock & Griffin, 2000; Hartsuiker et al., 2004; Schoonbaert, Hartsuiker, & Pickering 2007).

A number of works using structural priming shows that bilingual participants are likely to repeat a previously presented syntactic structure while completing a task in a different language. In Loebell and Bock's work (2003), this effect was observed for German and English dative constructions in German-English bilinguals. Hartsuiker and colleagues (2004) observed a similar effect for English and Spanish. In Desmet and Declerq's paper (2006), it was shown that in Dutch speakers the primes influence ambiguity resolution in English sentences; the authors used ambiguous sentences with relative clauses (e.g., *Someone shot the servant of the actress who was on the balcony*). In this case the 'who' phrase attachment is not clear, whereas in Dutch the ambiguity can be resolved due to gender agreement.

The structural priming effect shows reliable evidence of shared syntactic structures. This idea is also supported by code-switching studies, demonstrating that bilinguals can switch from one language to the other within a sentence while maintaining its syntactic integrity. The number of studies in this area is increasing (Dussias & Kroff, 2010).

<sup>1</sup> Most studies cited here are dedicated to bilingualism and we will logically assume that all findings are true for multilinguals as well.

We assume that it is possible to apply all of these theories to a multilingual cognitive system by expanding them to three and more languages. In this case, we assume a multilevel network, functioning according to parallel access and non-selectivity principles. The multilevel network has shared concept representations and categorical and combinatorial nodes for three (or more) languages. We omit all the non-network mechanisms, which are, of course, active in any language system. Lemmas are stored in the same shared lexicon and are tagged for each of the three or more languages by a connection to one of the three language nodes. Activation spreads within a single level as well as between them. On the lexical (lemma) level, it spreads from the activated lemma to lemmas which are visually or acoustically similar regardless of their language. On the semantic level, activation from a concept node spreads to the nodes that have similar meaning or whose semantic features overlap; thus, activation of the words that share meaning occurs irrespective of the language.

Another important issue concerns the associative relationships in the network. That is, words can share meaning (or partial meaning) and thus be semantically related, they can co-occur in context and develop associative connections, or both (Charles, Reed, & Derryberry, 1994; Ferrand & New, 2003; Perea & Rosa, 2002; Fellbaum, 1995). Lexical antonyms often happen to be both semantically and associatively related. However, different pairs of antonyms are related to each other in different ways, which is a separate line of research in linguistics (Paradis et al., 2009).

The interaction of syntaxes should be, in large part, similar: the activation of single lexical items regardless of their language spreads to the corresponding categorical and combinatorial nodes (Hartsuiker et al., 2004). This explains cross-language priming.

Notably, that the efficiency of such a language system should increase with greater proficiency in L2 and L3.

According to the proposed model, *all languages of a multilingual (trilingual) are integrated in a single network containing lexical, semantic and syntactic information; conceptual and syntactic (combinatorial and categorical) nodes are at least in part shared by the languages; words are stored in a common lexicon and their activation is parallel and non-selective.*

For empirical verification of the implications of the proposed model, we used a subliminal priming paradigm. The idea behind this procedure is that the subliminal presentation of a stimulus significantly influences the processing of the subsequent stimuli if they share some common properties with the prime. Subliminal priming is achieved by a very brief presentation time (several dozens of milliseconds), low intensity and/or masking. The prime can be perceived and processed by the participant, but the participant has no conscious recollection of ever seeing the prime. We expect the primes to trigger highly automated and fast processes of language and word recognition. This method allows us to introduce an experimental manipulation that does not require the participant to consciously process the stimulus (Bar & Biederman, 1998; Draine & Greenwald, 1998). Furthermore, it allows us to create an ecologically valid situation of L1, L2 and L3 interaction. Cross-language syntactic and semantic priming effects in a multilingual cognitive system are,

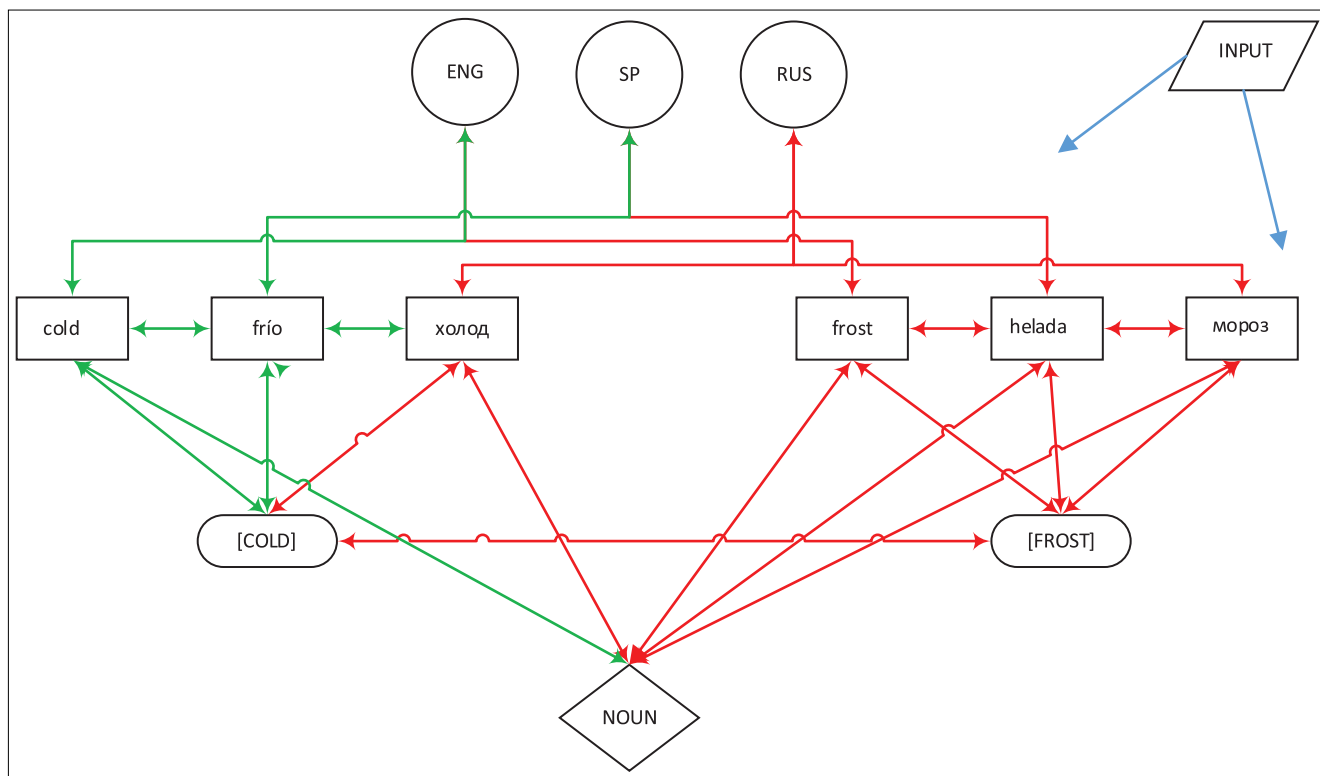
supposedly, based on the integrated network principles described above. Moreover, the proposed model suggests that the activation of a fragment of a syntactic or semantic network could potentially be achieved with single word primes. That is, a unit from one language can influence the units of other languages as long as they are somehow related on either a syntactic or semantic level. A single word can activate the corresponding nodes of the network on every level.

The idea of the experimental study we carried out involves putting the three languages of a trilingual in one task in a way that would allow us to observe the role of L1 in the L2–L3 interaction. Trilingual participants (in our case, Russian-Spanish-English trilinguals) were instructed to translate phrases and simple sentences from their L2 to L3 and vice versa as fast as they could. In the course of the task, they were presented subliminally with single word primes that were either semantically related to one of the words of the construction they had to translate, or were their direct translations. We supposed that the prime would activate all semantically related concepts as well as some syntactic nodes. Comparing the times of translation in the conditions with and without the prime allows us to explore the direction and the degree of the priming effect (or its network representation, to be precise) on the process of translation between the other two languages. This enables us to study the connections between the three languages in the trilingual cognitive system and to identify the levels (lexical, semantic and syntactic) and the extent of their interaction.

In our study, we used phrases and sentences as stimuli for reasons of ecological validity and because we wanted to see the language network in action within a context, namely to explore the influence of single words on various syntactic relationships.

Previous research provides different priming results: priming can both facilitate and inhibit language processing depending on the task. In word recognition tasks, priming often causes facilitation (Schwanenflugger & Rey, 1986; Finkbeiner, Forster, Nicol, & Nakamura, 2004; Grainger & Frenck-Mestre, 1998; Duyck & Brysbaert, 2004). In production tasks, however, participants have to deal with several competing candidates which leads to interference (Kroll & Gollan, 2014; Kroll, Bogulski, & McClain, 2012). This effect is attributed to a combination of activation and inhibition processes occurring in the cognitive system. On the one hand, the more activated by the prime the nodes related to it are, the faster the activation spreads to the corresponding words. On the other hand, the more activated the network segment is, the more time is required to inhibit all the extra activation and to make a choice from one of the competing candidates and to finally extract and articulate it. We speculate that the latter effect will supersede the former because, despite the quantity of the activated candidates, as long as the right concept is activated the activation will find the right target. However, the production phase of translation requires a rigorous selection of multiple recently activated options, which incurs a very high processing cost.

It is worth noting that semantically related lexical distractors are notorious for causing interference (e.g., Miller & Kroll, 2002; Bloem & La Heij, 2003). Miller and Kroll



**Figure 1.** Trilingual language network during L2 (Spanish)-L3 (English) translation with prime in L1 (Russian). Bidirectional arrows indicate the spreading of activation within a trilingual language network with the L1 prime preceding the L2-L3 translation: the activation of interconnected lexical (L1-L3), semantic and syntactic nodes. Green arrows indicate relevant word selection. Red arrows indicate excessive activation; that is, the activation of nodes irrelevant for task completion.

(2002), contrary to what has been said, suggest that bilinguals can activate languages selectively, as the semantically related distractors in their study only caused interference when they were presented in the language of production. It is not clear that this would remain the case for trilinguals where the prime is presented in neither the input nor the production language; it may remain a selection candidate. One of the authors subsequently argued that selective access is a special case, as opposed to nonselective access which is typical in bilinguals (Kroll et al., 2006).

Thus, supposing that in a trilingual language system the languages are stored in an integrated network in which the activation is parallel and non-selective, priming should slow down L2-L3 translation. The primes activate too many competitors for selection, causing excessive competition and creating interference which takes more time to resolve. In this experimental situation, the primes should activate an excessive number of semantic and syntactic representations for L2-L3 translation, impairing the extraction of lexical, semantic and syntactic information. This situation imposes a large amount of inhibition, and therefore slows down the translation. These hypothetical processes in the integrated network of Russian-English-Spanish trilinguals is illustrated in Figure 1.

### Experiment 1<sup>2</sup>

In the first experiment, we tested three hypotheses:

1. L1 primes will interfere with translation in both directions (from L2 (Spanish) into L3 (English) and from L3 into L2).

<sup>2</sup> The results of this experiment were partially published in Ezrina and Spiridonov (2014).

This effect is the consequence of the proposed network organization. L1 primes will activate some unnecessary and excessive lexical, semantic and syntactic nodes. This will cause interference due to the activation of too many candidates at the same time or due to suppression of irrelevant units (there is no way to tease the processes of selection and inhibition apart using this paradigm). This is the consequence of the close connection between the three languages and the parallel non-selective activation principle. Furthermore, some research suggests that L1 has a lower activation threshold than L2, L3, and so on (Gollan, Montoya, Cera & Sandoval, 2008; Murray & Forster, 2004), and therefore its activation is harder to suppress.

2. The strongest effect will be achieved with the presentation of synonym and antonym primes (compared to direct translation primes).

This is also a consequence of the network organization wherein the presence of common semantic and syntactic nodes provides simultaneous activation of words in each language. A certain contribution to the priming effect in this case is due to interference on the lexical level (connections between translation equivalents) and semantic level (activation of various semantic nodes due to possible different meanings, connotations, etc.). The activation is expected to be significantly more pronounced with L1 synonym and antonym primes (primes that would be a synonym/antonym of the direct translation). In this situation, the activation spreads to more lexical and semantic nodes than would occur with direct translation, thus leading to more interference. This means that to make a translation with a synonym prime, more suppression is required in comparison with direct translation.



It is worth mentioning that the interaction of languages at the semantic level will be confirmed only if all primes inhibit the translation.

3. A prime targeted at the head of the phrase will cause stronger interference than a prime targeted at the dependent unit.

Since a complete set and a possible hierarchy of syntactic units in the language system are not defined, we will limit the explanation of the influence of syntactic properties of the prime to the impact associated with the head and the dependent of the phrase. The phrase has a certain hierarchy; that is, the syntactic properties of the head apply to the whole phrase whereas the syntactic properties of the dependent are only applicable to the dependent itself. In network model terms, this means that the syntactic nodes connected to the head of the phrase are more strongly activated than the nodes connected to the dependent unit.

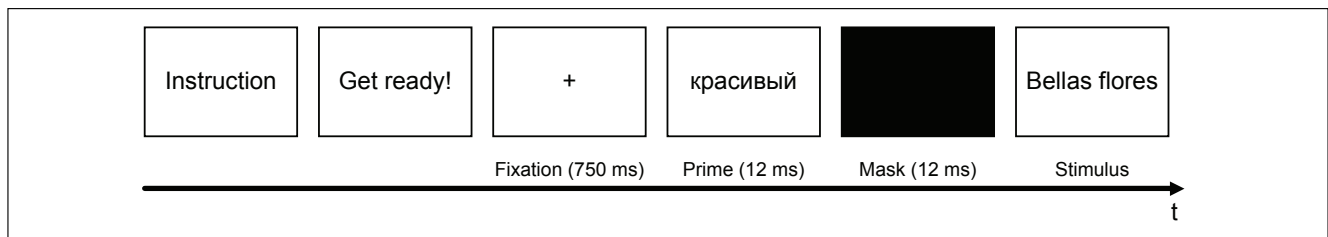
Admittedly, the time interval between the prime onset and target processing will vary, and therefore the first word in a phrase should be primed more strongly than subsequent words. Furthermore, it is unclear when the priming effect should subside. Unfortunately, this paradigm does not account for this possible confound.

The presentation of a Russian prime (in this case, a single word prime without any context) activates all of its syntactic properties (i.e., the nodes related both to its grammatical class and syntactic constructions in which the word can possibly appear). The prime is followed by the presentation of an L2 or L3 phrase in which the head is already defined, causing a number of nodes associated with the head to be activated. Syntactic nodes associated with the dependent unit are significantly less activated. During translation into another language, further (third) activation of the head and lesser activation of the dependent occurs. Thus, a strong interference between the three sets of matched and mismatched activated syntactic nodes is created. However, with the head of the phrase priming, the prime properties interfere with the strongly activated properties of the heads of L2 and L3 phrases, as opposed to the case of dependent priming wherein the interference occurs between less activated dependents. Therefore, in the latter situation the interference is weaker. This means that the syntactic head priming will lead to greater translation times than those for the dependent priming.

**Table 1.** Experiment Design and Examples of the Stimuli (Phrases and Primes) for Each Design Cell

		<b>Noun phrase</b>		<b>Verb phrase</b>	
		<b>Example</b>	<b>Prime</b>	<b>Example</b>	<b>Prime</b>
<b>Spanish</b>	<b>Head target (21)</b>		<b>Head target (28)</b>		
		Una mujer desconocida	Женщина (translation) (10)	Oír una canción	Слушать (translation) (4)
		Un niño maravilloso	Дитя (synonym) (7)	Engañar a la gente	Лгать (synonym) (11)
		La mañana siguiente	Вечер (antonym) (4)	Empezar la partida	Заканчивать (antonym) (7)
	<b>Dependent target (24)</b>		<b>Dependent target (27)</b>		
		Un fiel marido	Верный (translation) (8)	Prestar ayuda	Помощь (translation) (11)
		Una aventura loca	Безумный (synonym) (8)	Pagar el precio	Стоимость (synonym) (7)
		Una puerta abierta	Закрытый (antonym) (8)	Admitir el fracaso	Успех (antonym) (9)
	<b>Baseline</b>		<b>Baseline</b>		
	Una ventana rota	Blank screen (8)	Esperar las noticias	Blank screen (8)	
<b>English</b>	<b>Head target (15)</b>		<b>Head target (31)</b>		
		A red chair	Стул (translation) (4)	To eat the bread	Есть (translation) (13)
		A fulfilled dream	Желание (synonym) (5)	To kill with a knife	Уничтожить (synonym) (7)
		A useful gain	Убыток (antonym) (6)	To find love	Терять (antonym) (11)
	<b>Dependent target (24)</b>		<b>Dependent target (10)</b>		
		A brave man	Смелый (translation) (7)	To waste the time	Время (translation) (3)
		A tired worker	Утомленный (synonym) (7)	To build a house	Здание (synonym) (4)
		An old building	Новый (antonym) (10)	To lose the war	Мир (antonym) (3)
	<b>Baseline</b>		<b>Baseline</b>		
	A cold wind	Blank screen (15)	To grow in the forest	Blank screen (17)	

**Note:** Number of phrases and primes of a given type is shown in parentheses.



**Figure 2.** Experiment 1 trial structure.

## Method

**Participants.** Twelve trilinguals proficient in Russian, Spanish and English participated in this experiment (8 female, 4 male; age  $M = 17.58$ ;  $SD = 3.54$ ). Russian was their native language and it was required that their level of proficiency in Spanish and English be no lower than B2 according to the Common European Framework of Reference (CEFR). The participants were high school and university students as well as university graduates. Their proficiency levels in both languages were confirmed by international certificates (FCE for English and DELE B2 for Spanish or higher level certificates), results of the Unified State Exam taken for both languages (Russian graduation exam required to enter a university, corresponding to the B2 level), or a university degree in both languages. The participants received no compensation for taking part in the experiment. They were informed that participation was voluntary and had no negative consequences, and they were also debriefed after the experiment. All participants gave their informed consent.

**Stimuli.** The participants were required to translate simple phrases from Spanish into English and vice versa (see Table 1 for examples). The following types of phrases were used: noun phrase formed with a noun and an adjective (the noun being the syntactic head of the phrase) and verb phrase formed with a verb and a noun (the syntactic head of the phrase is the verb). We used both plural and singular forms of nouns and adjectives, but only verb infinitives.

Only words appearing in the text of level B2 international examination papers were used. Sample B2 international examination papers were used as sources of the stimuli because words which appear in such papers are considered to be familiar. The chosen words were subsequently searched in the corpora to obtain examples of use. These examples were simplified to accommodate the experimental criteria (the verbs were put in the infinite form, noun phrases were reduced to one noun and one adjective, and verb phrases were reduced to one verb and one noun). Other criteria such as word length were not controlled for, considering the variability among the three languages. In total, there were 224 phrases, 112 for each language. The number of stimuli was unbalanced across design cells given the limited number of words that met the aforementioned criteria. Therefore, data for individual stimuli were not analyzed.

For each of the words in a phrase, there was a corresponding Russian single word prime of one of the following types: a direct translation, a direct translation synonym (understood broadly as a word with similar meaning, but not having the same meaning) and an antonym (see Table 1).

The targets of the prime could be either the head or the dependent. The Russian primes could be nouns, verbs and adjectives used to prime four types of targets: noun (in the head or dependent position), adjectives or verbs. Primes were presented in their dictionary forms: singular nouns, singular number and masculine gender for adjectives, and infinitive verbs. Synonyms and antonyms were selected using synonym dictionaries (Apresian, 2003; Abramov, 1999). The length of the prime varied from 3 to 11 letters. All had translation equivalents in other languages. Stimuli contained no cognates to avoid any cognate facilitation effect.

**Procedure.** The participants had to translate each phrase individually as fast as they could in both directions (L2–L3 and L3–L2). The phrases appeared on a CRT screen (Samsung, 17-inch diagonal, 85 Hz frequency, 960 × 600 pixel resolution). The participants were sat 50 cm away from the screen; the height of the font of the stimuli was 1.5 cm, the length of the longest word reached 12 cm. All phrases were preceded by a 12 ms long subliminal prime and a mask (black screen) of the same onset time. A blank slide was used as the baseline. To ensure that participants were paying attention to the screen, each trial was preceded by a fixation cross which appeared in the center of the screen and was fixated with both eyes. A trial structure is illustrated in Figure 2.

Each participant saw each phrase only once. Each phrase was assigned a fixed prime that never varied in the experiment — all participants were presented with the same set of phrases with the same primes. The stimuli were randomized for every participant. The phrases were organized in four blocks, two for each language; the blocks were presented in the following sequence: Spanish–English–Spanish–English. Participants were notified about the change of language every time. Furthermore, the test trials were preceded by a practice session of 10 phrases.

Before giving a response, participants had to press the space bar that then switched on the audio recording of the answer. The recording stopped when the participants pressed the space bar again.

The experiment was designed in E-Prime 2.0, which was used to create the presentation of stimuli and to time and record the translations. Response time data were collected using Sony Sound Forge 9.0 software.

**Self-report.** In a post-experimental interview, the participants were asked which slides they saw and in what sequence (instruction, fixation cross, stimulus) and whether they noticed anything unusual (e.g., screen blinking).

**Design.** Within-subject factors were Translation Direction (from Spanish to English, or from English to Spanish), Prime Type (translation, synonym, antonym or baseline/blank), Type of Phrase (noun phrase or verb

phrase) and Type of Target (syntactic head [noun or verb], syntactic dependent [adjective or noun] or baseline [for noun phrases or verb phrases]). Consequently, the experiment had an incomplete factorial design; noun phrases with a blank prime were used as the baseline for all other noun phrases with primes, and verb phrases with a blank prime were used as the baseline for all other verb phrases with primes. Since the baseline phrases were preceded by a blank prime, and therefore had no target, a separate baseline for each condition (noun-syntactic head, noun-syntactic dependent, verb and adjective targets) was not provided. Thus, we compared the translation time of the noun phrase with a blank prime with the translation times of the noun phrases where the head nouns or the adjectives were the targets of priming. Similarly, we compared the translation time of a verb phrase with a blank prime with translation times of the verb phrases where the verbs or the dependent nouns were the targets of priming.

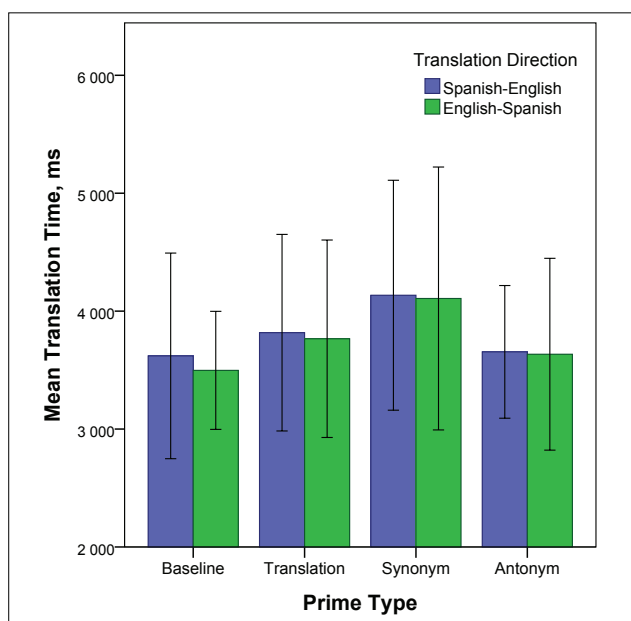
The dependent variable was the response time, which was measured from the onset of the stimulus presentation to the onset of speech.

## Results

All participants were able to perform the task.

Responses were excluded if they contained errors or differed from the mean response time (RT) calculated once over all participants by more than three standard deviations (about 8% of data points were removed in this manner). The average error rate was not analyzed. Mean RT for each participant was calculated over each condition and used for analysis by ANOVA.

Since we were not interested in the interaction between Prime Type and Type of Phrase or Type of Target, the experiment had an incomplete factorial design, and it was impossible to run the four-way or three-way ANOVA. Therefore, we calculated three separate two-way ANOVAs: one with Translation Direction and Prime Type as factors, and two with Translation Direction and Type of Target as factors.



**Figure 3.** Mean translation times for each prime type.

**Analysis of priming effect by prime type.** We ran a  $2 \times 4$  repeated-measures ANOVA with Translation Direction (Spanish–English, English–Spanish), and Prime (translation, synonym, antonym, no prime/baseline) as within-subject factors. The ANOVA revealed a significant influence of Prime Type on translation time in both directions  $F(3.66) = 3.316, p = .025, \eta_p^2 = .131$  (see Figure 3). The factor interaction was not significant  $F(3.66) = .030, p = .993, \eta_p^2 = .001$ . Mauchly's sphericity test was not significant  $W = .840, p = .607$ .

Since the main effect was significant and the interaction of factors was not, we carried out post hoc comparisons of Prime Type (with Bonferroni correction for multiple testing) for the data averaged across Translation Directions. The post hoc analysis revealed a trend that Russian synonym primes slow down translation times comparing to the baseline ( $p = .06$ ).

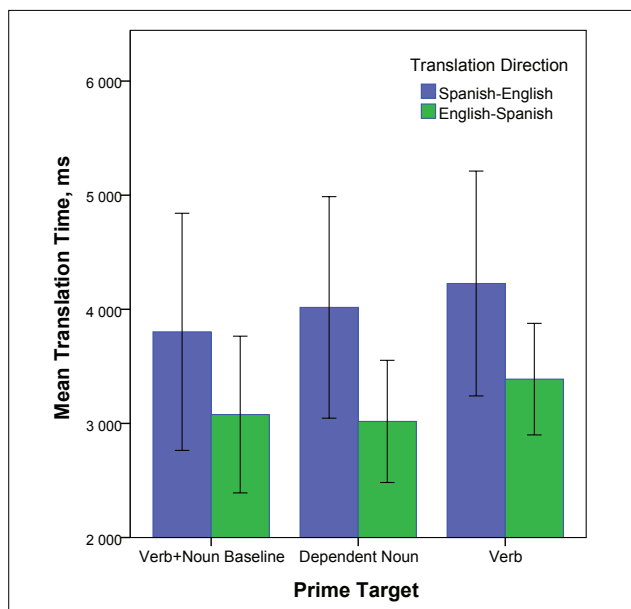
**Effect of Russian primes on Spanish and English noun phrases and verb phrases.** We analyzed the possible influence of Russian primes on translation time between L2 and L3 separately for two types of phrases (noun phrases and verb phrases). We ran two two-way ANOVAs with repeated measures: a) with Translation Direction (Spanish-English, English-Spanish) and Prime Target (verb, dependent noun, baseline verb phrase with a blank prime, i.e. no target) and b) with Translation Direction (Spanish-English, English-Spanish) and Prime Target (head noun, adjective and baseline noun phrase with a blank prime) as within-subject factors. The first ANOVA revealed significant interference caused by the Russian prime on translation time in verb phrases (verb + noun) in both directions, as shown in Figure 4 ( $F(2, 44) = 4.557, p = .016, \eta_p^2 = .172$ ) but not in noun phrases ( $F(2.44) = 1.210, p = .287, \eta_p^2 = .052$ ). The interaction of the factors was not significant ( $F(2.44) = .071, p = .663, \eta_p^2 = .012$ ). The second ANOVA did not reveal a significant interference ( $F(2, 44) = 1.541, p = .226, \eta_p^2 = .065$ ).

Since the main effect of Prime Target was significant and the interaction of factors was not, we carried out post hoc analysis (with Bonferroni correction for multiple testing) for both translation directions. It revealed significantly longer translation times in the case of verb target compared to the baseline ( $p = .025$ ).

**Self-report.** All participants reported having seen only the slides with the instruction, a fixation cross and a task phrase. They did not notice anything unusual during the experiment; they only mentioned the blinking of the screen after being specifically asked about it. They did not pay attention to it, thinking of it as a “program defect”. This suggests that the priming was indeed subliminal and that the participants were not conscious of seeing the primes.

## Discussion

The results show a trend that Russian synonym primes increase translation times between L2 and L3. This appears to be evidence of interference, which almost reaches significance with synonym primes. Also, it is worth pointing out the similarity of the priming effect pattern in both translation directions. However these results cannot provide substantial evidence supporting Hypotheses 1 and 2.



**Figure 4.** Mean translation time in verb phrases.

According to the proposed model, the source of the interference is the excessive activation caused by priming: Russian lexical nodes, activated by the Russian prime, interfere with Spanish and English lexical nodes, which complicates the selection process. The same thing happens when excessive syntactic and semantic nodes are activated. The greatest interference in both translation directions occurs in the case of synonym primes (i.e., primes similar but not fully identical in meaning to one of the words in the target phrase). These primes activate both relevant and excessive fragments of the language network. The processing of “excessive” activation requires more time.

Hypothesis 3 was partially supported by the results: the priming of the syntactic head of one phrase type (the verb in the verb phrase) appears to interfere with the translation process. The priming of the dependent noun and noun and adjective in noun phrases did not cause any significant effect.

This priming effect of Russian verb primes may be due either to interference of activated similar syntactic structures or to mismatching syntactic properties of Russian, Spanish and English words. But the properties of our method do not provide specification for which matching/mismatching categorical and combinatorial features of Russian, Spanish and English cause the observed effect. For example, in the preparation of the experiment, Russian verbs were selected according to their meaning and semantic relatedness to Spanish and English verbs and not based on the similarity of their syntactic properties (which would have been impossible to match across the three languages). One of the significant differences is case grammar in Russian and its absence in English and Spanish. The need to deal with the activation of syntactic nodes that are irrelevant in a given situation would also lead to an increase in translation time.

The syntactic effects of Russian priming are also supported by the following result. The translation of noun phrases from English into Spanish in the baseline condition appeared to be significantly slower than the translation from Spanish into English of the same type of phrases.

A possible explanation of this effect comes from the different word order in noun phrases in English and Spanish. Spanish phrases of this type often begin with a noun (for example *los ojos* (noun) *verdes* (adjective), “green eyes”; *un viento* (noun) *frío* (adjective), “cold wind”) whereas in English the word order is the opposite: the adjective comes before the noun. The need to reverse the word order complicates the translation. However, this effect is mono-directional: a similar translation time difference was not observed in the Spanish-to-English translation direction in the baseline condition.

It appears that the results obtained in this experiment provide evidence of semantic and some syntactic connections between Russian, Spanish and English words involved in translation processes. The semantic connections between the three languages are evidenced by greater L2–L3 and L3–L2 translation times which are observed with direct translation and synonym primes. Moreover, since the activation caused by Russian primes slows down the translation between two non-native languages, the parallel and non-selective activation of the different languages which predetermines the observed inhibition can be supported.

The observed results are consistent, in general, with the network model and with the parallel non-selective language activation approach. A possible difference between bilingual and trilingual language systems is that a trilingual would have to select between a greater number of various activated semantic, syntactic and lexical nodes and to inhibit more language information; therefore, interference between the language nodes will be more pronounced due to the need to balance more languages.

A significant limitation of the first experiment appears to be the use of phrases which substantially restrict the set of syntactic connections involved in the translation process. Experiment 2 aimed to overcome this drawback by using full sentence stimuli.

## Experiment 2

In Experiment 2 we tested the following hypotheses to see how categorical and combinatorial nodes of a trilingual (in this case, a Russian–Spanish–English trilingual) work.

1. Russian primes will slow down the translation of all types of sentences in both translation directions. This hypothesis is motivated by the network organization, in which Russian primes will activate related syntactic nodes. The need to select between several activated items as well as the need to suppress excessive activation will lead to an increase in the time needed to translate in both directions.

2. Russian primes targeted at the subject or the verb will cause more inhibition than primes targeted at the object of the sentence. This hypothesis is based on a theoretical assumption regarding the definite syntactic hierarchy in the sentence: the subject and the verb are syntactic heads governing other words in the sentence. Syntactic nodes corresponding to the heads should be activated more in comparison to those corresponding to the dependents. In other words, with subjects and verbs, Russian words interfere with strongly activated syntactic

**Table 2.** Experiment Design and Examples of the Stimuli (Phrases and Primes) for Each Design Cell

		<b>Active voice (15)</b>		<b>Passive voice (15)</b>		<b>Question (15)</b>	
		<b>Example</b>	<b>Prime</b>	<b>Example</b>	<b>Prime</b>	<b>Example</b>	<b>Prime</b>
<b>Spanish</b>	<b>Subject target (3)</b>	El fuego quemó la casa	Пламя	El trabajo fué hecho por mi marido	Труд	¿Compró el amigo las entradas?	Приятель
	<b>Verb target (3)</b>	El pueblo encontró el dinero	Обнаружить	El coche fué comprado por mi abuelo	Приобретать	¿Tomó muchas cosas el ladrón?	Забрать
	<b>Object target (3)</b>	El chico dice la verdad	Истина	Mis padres están sorprendidos por mi fracaso	Неудача	¿Siente alegría tu abuelo?	Счастье
	<b>Baseline</b>						
		El alumno pregunta al maestro	Blank screen (6)	La llave fué perdida por mi	Blank screen (6)	¿Llegó tarde el invierno?	Blank screen (5)
<b>English</b>	<b>Subject target (3)</b>	The fear stopped the beast	Боязнь	The power is gained by the workers	Мощь	Does the death scare you?	Гибель
	<b>Verb target (3)</b>	The band finished song	Завершить	This town is loved by all	Нравиться	Did the dog dig a hole?	Копать
	<b>Object target (3)</b>	The car crossed the border	Край	The children are scared by the darkness	Мрак	Did the teacher leave the room?	Помещение
	<b>Baseline</b>						
		The stone hit the wall	Blank screen (6)	The king was murdered by a servant	Blank screen (6)	Do the shops sell your book?	Blank screen (5)

**Note:** Number of phrases and primes of a given type is shown in parentheses.

heads of the sentence, and with objects they interfere with the more weakly activated properties of the dependent. Therefore, primes targeted at the subject and the verb should lead to longer translation times.

It is noteworthy that a significant priming effect in this case will evidence the connections between the syntactic structures of the three languages used in the experiment (i.e., common categorical and/or combinatorial nodes).

**Method**

**Participants.** Twenty-nine Russian native speakers (20 female, 9 male; *M* age = 19.35; *SD* = 38.67) volunteered to take part in this experiment. Eleven participants also took part in Experiment 1, and they had not reported seeing the primes after Experiment 1. Their levels of proficiency in Spanish and English were no lower than B2 according to CEFR. The participants had to present international cer-

ificates of language proficiency (FCE or higher for English and DELE B2 or higher for Spanish) or a university degree diploma with a specialization in both languages. This experiment took place six months after Experiment 1. The participants received no compensation for participation in the experiment. They were informed that participation was voluntary and had no negative consequences, and they were also debriefed after the experiment. Each participant consented to participation in the experiment.

**Stimuli.** The stimuli for Experiment 2 were simple Spanish and English sentences each containing a subject, a verb and an object (see Table 2). As in Experiment 1, the sentences consisted of words and grammar appearing in international examinations for the B2 proficiency level. The subjects and verbs exist both in singular and plural forms; only the simple verbal tenses were used. Three types of sentence structure appeared as stimuli: active voice, passive voice and yes/no questions. This would allow comparing the functioning of syntactic nodes primed with Russian single words.

The grammaticality of the sentences was verified using text corpora Corpus de Español [<http://www.corpusdelespanol.org/>], Real Academia Española–Corpus de Referencia del Español Actual [<http://corpus.rae.es/creanet.html>] and the British National Corpus [<http://www.natcorp.ox.ac.uk/>]. Additionally, native speakers of Spanish and English evaluated the grammaticality of the sentences.

The sentences were organized in four blocks, two for each language. The blocks were presented in the following sequence: Spanish–English–Spanish–English. Participants were notified about the change of language every time. Furthermore, the test trials were preceded by a practice run of 10 phrases. The sentences were randomized within each block. There was a total of 90 sentences; 45 for each language, 15 sentences of each type (active voice, passive voice, yes/no question) in each language.

In Experiment 1, the strongest tendency was obtained when the phrases were primed with a synonym (see Table 1 for examples). As in that experiment, the synonyms in Experiment 2 did not fully share meanings with the targets as well as the combinatorial and stylistic features.

Russian primes were presented in their dictionary forms: the singular of nouns and the infinitive of verbs. Synonyms and words with similar meaning were selected using synonym dictionaries (Apresian, 2003; Abramov, 1999). The targets were the subject, the verb and the object. All sentences could be translated to a sentence of similar structure. All words had translation equivalents in all three languages. Importantly, the stimuli did not contain any cognates to avoid an eventual cognate facilitation effect.

Stimuli were distributed in such a way that every combination of conditions was presented to each participant an equal number of times, and each participant saw all the stimuli. An empty slide was used as the prime in the baseline condition.

**Procedure.** The general procedure of this experiment replicated the procedure of Experiment 1. Participants were instructed to translate simple sentences from Spanish into English and vice versa. The sentences were presented one by one on a computer screen (CRT, Samsung, 17-inch

diagonal, 85 Hz frequency, 960×600 pixels resolution). The participants were seated 50 cm away from the screen. The height of the font of the stimuli was 1.5 cm, and the length of the longest word reached 12 cm. Each sentence was preceded by a prime lasting 12 ms and a mask consisting of 12 hashes (#), one character longer than the longest Russian prime. The mask was changed to avoid the blinking effect that was reported by some participants during the previous experiment. The mask onset time was also 12 ms. The prime and mask were preceded by a fixation cross appearing in the center of the screen. The trial structure of this experiment is illustrated in Figure 5.

Before giving their responses, the participants had to press the space bar that switched on the audio recording of the answer. The recording stopped when the participants pressed the space bar again.

The experiment was designed using E-Prime 2.0 software, which carried out the presentation of stimuli and recorded the responses and types of sentences and primes.

Participants were allowed to translate the sentences as they saw fit: any change of structure was accepted on the condition that it did not affect the meaning of the sentence. There were no additional instructions. If a sentence presented in the passive voice was translated into an active voice sentence, then the sentence was analyzed as active and vice versa: if the original sentence was in the active voice but the translation was passive, then it was analyzed as passive. Furthermore, in Spanish, questions with and without inversion are grammatical, and therefore both versions were accepted. For example, the question *¿El amigo compró las entradas?* “Did the friend buy the tickets?” pronounced with question-like intonation was considered correct as was the question with inversion *¿Compró el amigo las entradas?* There is also a colloquial form of a question with direct word order adding the conjunction *si* (“if”): *¿Si el amigo compró las entradas?* This form was also accounted for as a question.

The translation onset time was checked using Sony Sound Forge 9.0.

**Self-report.** In a post experimental interview, participants were asked which slides they saw, in what sequence (instruction, fixation cross, stimulus) and whether they noticed the blinking of the screen.

**Design.** Within-subjects factors were Translation Direction (from Spanish to English or from English to Spanish), Target Type (subject, verb, object or baseline/no target) and Type of Sentence (active, passive, question). The experiment had a 2×3×4 full factorial design.

The dependent variable was the time between the onset of the sentence presentation and the beginning of translation.

## Results

Responses containing errors and responses that differed from the mean response time (calculated once over all participants) by more than three standard deviations were excluded; in all, about 9.5% of data points were removed. The mean RT for each participant was calculated over each condition and used for an ANOVA. See results in Table 3.

All participants were able to perform the task; the average error rate was not analyzed.

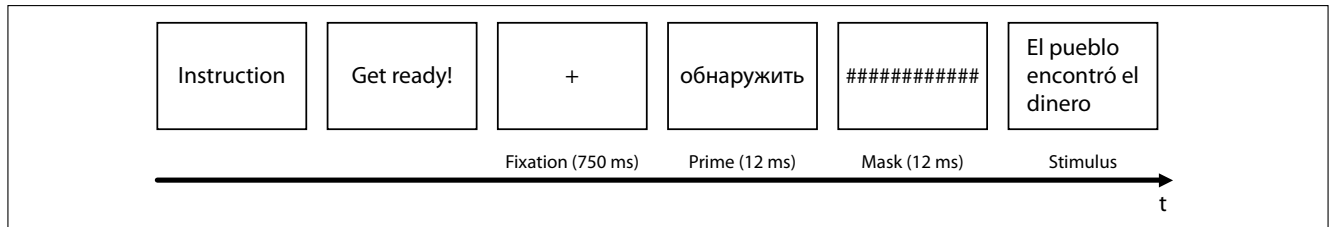


Figure 5. Experiment 2 trial structure.

**Priming effect on active, passive and question sentence types.** We ran a  $4 \times 3 \times 2$  repeated-measures ANOVA with Syntactic Target (subject, verb, object, no prime/baseline), Type of Sentence (active, passive, question) and Translation Direction (Spanish-to-English or English-to-Spanish) as within-subject factors. Mauchly’s sphericity test was significant for all three factors: Syntactic Target ( $W = .542, p = .03$ ), Type of Sentence ( $W = .862, p = .017$ ) and Translation Direction ( $W = .434, p = .001$ ). Consequently, epsilon correction by Jung-Feldt was used.

A three-way ANOVA revealed a significant main effect for Syntactic Target:  $F(3, 168) = 3.391, p = .019, \eta_p^2 = .057$ . The main effect for Type of Sentence was not significant:  $F(2, 112) = 2.629, p = .077, \eta_p^2 = .045$ . The interaction of factors was significant: Syntactic Target  $\times$  Type of Sentence:  $F(6, 336) = 4.423, p < .001, \eta_p^2 = .073$ ; Syntactic Target  $\times$  Translation Direction:  $F(3, 168) = 4.117, p = .012, \eta_p^2 = .069$ ; Type of Sentence  $\times$  Translation Direction:  $F(2, 112) = 8.669, p < .001, \eta_p^2 = .134$ ; Syntactic Target  $\times$  Type of Sentence  $\times$  Translation Direction:  $F(6, 336) = 3.876, p = .001, \eta_p^2 = .065$ .

Since the interaction of factors was significant, we decided to carry out separate analyses for the types of sentences and for each translation direction. We ran a  $2 \times 4$  repeated-measures ANOVA with Translation Direction (Spanish-to-English, English-to-Spanish) and Syntactic Target in the active voice sentences (subject, verb, object, no prime/baseline) as within-subject factors. We ran the same analysis procedure for the passive voice sentences and questions. Only a two-way ANOVA with Syntactic Target in the active voice sentences revealed a significant priming effect of Russian words on transla-

tion time in both directions:  $F(3, 168) = 6.960, p < .001, \eta_p^2 = .111$ . The interaction of factors was also significant:  $F(3, 168) = 8.330, p < .001, \eta_p^2 = .129$ . See results in Table 3.

To assess the differences between conditions, we calculated a one-way repeated measures ANOVA with Target Type as a factor separately for each translation direction for the active voice sentences (the levels in both translation directions were: baseline, subject, verb, object). For the Spanish-to-English translation direction, Mauchly’s sphericity test was not significant:  $W = .664, p = .063$ . ANOVA showed a significant priming effect on translation time:  $F(3, 84) = 9.667, p < .001, \eta_p^2 = .257$ . Post hoc analysis with Bonferroni correction for multiple testing demonstrated that the Spanish-to-English translation time for active voice sentences with the Russian prime targeted at the verb was significantly longer than baseline ( $p = .012$ ), and also significantly longer than when the Russian prime targeted the subject ( $p = .039$ ) or object ( $p < .001$ ).

For the English-to-Spanish translation direction, Mauchly’s sphericity test was not significant:  $W = .754, p = .184$ . ANOVA showed a significant priming effect on translation time  $F(3, 84) = 3.772, p = .014, \eta_p^2 = .119$ . Post hoc analysis with Bonferroni correction for multiple testing demonstrated that the translation time for active voice sentences from English into Spanish with the Russian prime targeted at the subject was significantly longer than baseline ( $p = .05$ ) and also significantly longer than when the Russian prime targeted the verb ( $p = .045$ ).

All other comparisons were not statistically significant.

In the other types of sentences, the two-way ANOVA with repeated measures showed no significant priming effect: results for the passive voice were  $F(3, 168) = 1.706,$

Table 3. Mean Translation Times of Three Sentence Types Primed with Russian Words with Various Syntactic Targets (ms)

Sentence type	Target type	Spanish – English		English – Spanish	
		Mean	SD	Mean	SD
Active	Subject	7561	3811	10190	5191
	Verb	10828	6201	7635	2896
	Object	5858	2732	7920	3770
	Baseline	6930	3272	7287	3142
Passive	Subject	7975	3662	10470	5790
	Verb	8799	3342	8836	4640
	Object	11379	5942	9180	4461
	Baseline	8212	3641	8896	3870
Question	Subject	8831	5560	8868	4088
	Verb	10151	5165	9002	3987
	Object	7534	3477	9497	5305
	Baseline	7385	3011	10194	3545

$p = .168$ ,  $\eta_p^2 = .03$ ; results for the yes/no questions were  $F(3, 168) = 1.417$ ,  $p = .24$ ,  $\eta_p^2 = .025$ . However, the analysis showed a significant interaction of the factors Translation Direction and Target Type in the latter case:  $F(3, 168) = 3.767$ ,  $p = .012$ ,  $\eta_p^2 = .063$ .

## Discussion

In this experiment, we observed longer translation times after the experimental manipulation compared to the baseline only with active voice sentences. Furthermore, this effect appears to be selective, being significant only in two cases: Russian primes targeted at the verb significantly interfere with Spanish translation into English, and primes targeted at the subject interfere with English translation into Spanish compared to the baseline. The translation time of passive voice sentences and questions correlates with the interaction of factors: Translation Direction and Syntactic Target Type. However, no significant increase was observed in translation time (compared to baseline) due to Russian primes. Thus, Hypothesis 1 was not shown to be true in general, but was confirmed for active voice sentences.

Hypothesis 2 was also supported only in part and only on the same type of stimuli. The Russian primes targeted at the subject or the verb with the Spanish-to-English translation direction and targeted at the subject with the English-to-Spanish translation direction interfere significantly only with the translation of active voice sentences in comparison with primes targeted at the object.

The structure of the results shows evidence that the predictions based on the network model are true only with active voice sentences, for which the negative priming effect of Russian primes was observed. Passive voice sentences and questions did not seem to “behave” in accordance with those predictions and appear to be somehow “protected” against the inhibition caused by primes. Therefore, we obtained evidence of the presence of a shared syntactic network of the three languages using only active voice sentence stimuli. This result seems plausible assuming the relative structural similarity of the active voice in Russian, English and Spanish as opposed to passive voice and questions in those languages. Interference caused by Russian primes leads to longer syntactic information processing in this case.

## General Discussion

The two experiments described in this paper allowed us to test the potential of the network model expanded to accommodate the three languages of a trilingual. Following Hartsuiker et al. (2004), we considered a model where semantic and syntactic (categorical and combinatorial) nodes are shared by all languages, their lexical storage is integrated and the activation of lexical nodes of several languages is parallel and nonselective, applying the model to analyze the processes of translation between L2 and L3 in trilinguals.

The results of the first experiment using phrases as stimuli showed some evidence that the languages interact on a semantic level: Russian synonym primes have a tendency to increase the translation times between

L2 and L3. Additionally, we saw the interference of Russian verb primes on the translation of verb + noun phrases in both translation directions. According to our assumption, the source of this effect is the excessive activation increased by subliminal priming: Russian words activate lexical, semantic and syntactic nodes in a trilingual language system that are excessive for Spanish-to-English or English-to-Spanish translation. The extra nodes create “noise” and interfere with the relevant items, possibly also having to be suppressed and requiring additional processing time. Therefore, we observed a negative priming effect.

The results of the second experiment using sentence stimuli provided only limited evidence for the syntactic part of the model: its predictions are to some extent proven only for active voice sentences, where we observed interference in some cases of priming. This effect can also be explained with interference and inhibition of excessive activation caused by Russian words. Thus, evidence of the syntactic nodes shared between Russian, Spanish and English and involved in translation was obtained in only one type of sentence.

## To What Extent is the Language Network Shared? Evidence from Trilinguals

Once expanded, existing network models of parallel non-selective access to all types (lexical, semantic and syntactic) of nodes (Hartsuiker et al., 2004) could be used to analyze trilingual and multilingual language systems.

The research carried out on trilingual participants allowed us to observe the interaction between the three languages, assuming a reasonably high level of proficiency. A significant increase in translation time in the condition of subliminal priming with Russian words semantically related to words in the translation task (Experiment 1) demonstrates that the languages are closely connected at lexical and semantic levels. Furthermore, the activation of semantic connections is more salient with synonym primes.

The syntactic connections between the three languages are evidenced by longer translation times of active sentences primed with Russian words in both directions compared to baseline where in some cases we observed interference (Experiment 2). However, this effect appears to be selective and was not observed with passive voice sentences and questions. Nevertheless, it can be considered evidence of the interaction of syntaxes of several languages in our experimental situation. Thus, the shared parallel and nonselective activation network model expanded to three languages works similarly to the bilingual network model, demonstrating lexical, semantic and syntactic connections. However, the interference and inhibition processes are more pronounced with three languages.

The results, however, cast doubt on the sufficiency of the network model in question for the explanation of translation processes of passive voice sentences and questions with Russian primes. These sentences, unlike active voice sentences, seemed unaffected by priming, appearing somehow resistant to it. This could be due to the particular features of our method, although one possible explanation is that mechanisms of sentence generation that override the priming effect or “protect” from other influence the units that are supposed to be used



(that is, they require significantly more resources than inhibition of primes, making the priming effect insignificant). Such mechanisms could be, for example, the transformation rules that intervene after the activation of certain network segments and use sets of activated lexical units to formulate sentences. In any case, it would appear that the network model in question does not completely illustrate sentence production and should be expanded by a number of procedures that would provide for that, as well as for translation.

It is worth noting a very important procedural issue of the experiment. We did not control the relative difficulty of the primes and the targets (although all stimuli used were taken from sample exam papers for the B2 level) and, more importantly, we did not vary the combinations of phrases/sentences and primes (each phrase/sentence had a “fixed” prime). Therefore, without additional control experiments, it is not possible to exclude the possibility that the effect was caused by a difference in items and not by the absence or presence of a prime.

In conclusion, we suggest that studies involving trilingual participants allow us to approach existing research questions from another point of view and to see some unique features of the multilingual language system even given its unquestioned similarity to that of bilinguals. Therefore, it is important to continue testing the network models developed for bilinguals on trilingual participants in order to assess their possible limitations.

## References

- Abramov, N. (1999). *Slovar' russkikh sinonimov i skhodnykh po smyslu vyrazheniy. Okolo 5000 sinonimicheskikh ryadov [Dictionary of Russian synonyms and semantically similar phrases. About 5000 synonymic rows]*. Moscow: Russkie slovari. (In Russian).
- Apresyan, Y.D. (Ed.). (2003). *Novyy ob'yasnitel'nyy slovar' sinonimov russkogo yazyka [The new explanatory dictionary of synonyms of the Russian language]*. Moscow: Yazyki russkoy kul'tury. (In Russian).
- Bar, M., & Biederman, I. (1998). Subliminal visual priming. *Psychological Science*, 9(6), 464–468. doi:10.1111/1467-9280.00086
- Bernolet, S., Hartsuiker, R.J., & Pickering, M.J. (2007). Shared syntactic representations in bilinguals: Evidence for the role of word-order repetition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(5), 931–939.
- Bloem, I., & La Heij, W. (2003). Semantic facilitation and semantic interference in word translation: Implications for models of lexical access in language production. *Journal of Memory and Language*, 48(3), 468–488. doi:10.1016/S0749-596X(02)00503-X
- Bock, J.K. (1986). Syntactic persistence in language production. *Cognitive Psychology*, 18(3), 355–387. doi:10.1016/0010-0285(86)90004-6
- Bock, K., & Griffin, Z.M. (2000). The persistence of structural priming: Transient activation or implicit learning? *Journal of Experimental Psychology: General*, 129(2), 177–192. doi:10.1111/1467-9280.00086
- Brysbaert, M. (1998). Word recognition in bilinguals: Evidence against the existence of two separate lexicons. *Psychologica Belgica*, 38(3–4), 163–175.
- Charles, W.G., Reed, M.A., & Derryberry, D. (1994). Conceptual and associative processing in antonymy and synonymy. *Applied Psycholinguistics*, 15(03), 329–354.
- De Bot, K. (2004). The multilingual lexicon: Modelling selection and control. *International Journal of Multilingualism*, 1(1), 17–32.
- De Bruijn, E.R., Dijkstra, T., Chwilla, D.J., & Schriefers, H.J. (2001). Language context effects on interlingual homograph recognition: evidence from event-related potentials and response times in semantic priming. *Bilingualism: Language and Cognition*, 4(02), 155–168.
- Desmet, T., & Declercq, M. (2006). Cross-linguistic priming of syntactic hierarchical configuration information. *Journal of Memory and Language*, 54(4), 610–632. doi:10.1016/j.jml.2005.12.007
- Dijksta, T. (2005). Bilingual visual word recognition and lexical access. In J.F. Kroll, & A.M.B. de Groot (Eds.), *Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches* (pp. 179–201). New York: Oxford University Press.
- Dijkstra, T., Timmermans, M., & Schriefers, H. (2000). On being blinded by your other language: Effects of task demands on interlingual homograph recognition. *Journal of Memory and Language*, 42(4), 445–464. doi:10.1006/jmla.1999.2697
- Dijkstra, T., & Van Heuven, W.J. (1998). The BIA model and bilingual word recognition. In *Localist connectionist approaches to human cognition* (pp. 189–225). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Dijkstra, T., & Van Heuven, W.J. (2002). The architecture of the bilingual word recognition system: From identification to decision. *Bilingualism: Language and Cognition*, 5(03), 175–197.
- Draine, S.C., & Greenwald, A.G. (1998). Replicable unconscious semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127(3), 286–303.
- Duñabeitia, J.A., Perea, M., & Carreiras, M. (2010). Masked translation priming effects with highly proficient simultaneous bilinguals. *Experimental Psychology*, 57(2), 98–107. doi:10.1027/1618-3169/a000013
- Dussias, P.E., & Kroff, J.V. (2010). Encompassing multiple perspectives in code-switching research. *PsycCRITIQUES*, 55(1). doi:10.1037/a0018343
- Dussias, P.E., & Sagarra, N. (2007). The effect of exposure on syntactic parsing in Spanish–English bilinguals. *Bilingualism: Language and Cognition*, 10(01), 101–116.
- Duyck, W. (2005). Translation and associative priming with cross-lingual pseudohomophones: evidence for nonselective phonological activation in bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1340–1359.
- Duyck, W., Assche, E.V., Drieghe, D., & Hartsuiker, R.J. (2007). Visual word recognition by bilinguals in a sentence context: evidence for nonselective lexical access. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(4), 663–679.
- Duyck, W., & Brysbaert, M. (2004). Forward and backward number translation requires conceptual mediation in both balanced and unbalanced bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30(5), 889–906.
- Emmorey, K., Luk, G., Pyers, J.E., & Bialystok, E. (2008). The source of enhanced cognitive control in bilinguals evidence from bimodal bilinguals. *Psychological Science*, 19(12), 1201–1206. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02224.x
- Ezrina, E.V., & Spiridonov, V.F. (2014). [Mechanisms of interaction of several languages in the cognitive system of trilinguals.] *Vestnik Yaroslavl'skogo gosudarstvennogo universiteta im. P. G. Demidova. Series the Humanities*, 28(2), 107–112. (In Russian).
- Fellbaum, C. (1995). Co-occurrence and antonymy. *International Journal of Lexicography*, 8(4), 281–303. doi:10.1093/ijl/8.4.281
- Ferrand, L., & New, B. (2003). Semantic and associative priming in the mental lexicon. In P. Bonin (Ed.), *Mental lexicon: Some words to talk about words* (pp. 25–43). New York: Nova Science Publishers.

- Finkbeiner, M., Forster, K., Nicol, J., & Nakamura, K. (2004). The role of polysemy in masked semantic and translation priming. *Journal of Memory and Language*, 51(1), 1–22. doi:10.1016/j.jml.2004.01.004
- Francis, W.S. (1999). Cognitive integration of language and memory in bilinguals: semantic representation. *Psychological Bulletin*, 125(2), 193–222. doi:10.1037/0033-2909.125.2.193
- Francis, W.S., Augustini, B.K., & Sáenz, S.P. (2003). Repetition priming in picture naming and translation depends on shared processes and their difficulty: Evidence from Spanish-English bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(6), 1283–1297.
- French, R.M., & Jacquet, M. (2004). Understanding bilingual memory: Models and data. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(2), 87–93. doi:10.1016/j.tics.2003.12.011
- Gollan, T.H., Forster, K.I., & Frost, R. (1997). Translation priming with different scripts: Masked priming with cognates and noncognates in Hebrew-English bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(5), 1122–1139.
- Gollan, T.H., & Kroll, J.F. (2001). Bilingual lexical access. In B. Rapp (Ed.), *The handbook of cognitive neuropsychology: What deficits reveal about the human mind* (pp. 321–345). New York: Psychology Press.
- Gollan, T.H., Montoya, R.I., Cera, C., & Sandoval, T.C. (2008). More use almost always means a smaller frequency effect: Aging, bilingualism, and the weaker links hypothesis. *Journal of Memory and Language*, 58(3), 787–814. doi:10.1016/j.jml.2007.07.001
- Grainger, J., & Frenck-Mestre, C. (1998). Masked priming by translation equivalents in proficient bilinguals. *Language and Cognitive Processes*, 13(6), 601–623. doi:10.1080/016909698386393
- Grosjean, F. (1989). Neurolinguists, beware! The bilingual is not two monolinguals in one person. *Brain and Language*, 36(1), 3–15. doi:10.1016/0093-934X(89)90048-5
- Hartsuiker, R.J., Pickering, M.J., & Veltkamp, E. (2004). Is syntax separate or shared between languages? Cross-linguistic syntactic priming in Spanish-English bilinguals. *Psychological Science*, 15(6), 409–414. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00693.x
- Hoshino, N., & Kroll, J.F. (2008). Cognate effects in picture naming: Does cross-language activation survive a change of script? *Cognition*, 106(1), 501–511. doi:10.1016/j.cognition.2007.02.001
- Jared, D., & Kroll, J.F. (2001). Do bilinguals activate phonological representations in one or both of their languages when naming words? *Journal of Memory and Language*, 44(1), 2–31. doi:10.1006/jmla.2000.2747
- Jared, D., & Szucs, C. (2002). Phonological activation in bilinguals: Evidence from interlingual homograph naming. *Bilingualism: Language and Cognition*, 5(03), 225–239.
- Kroll, J.F., Bobb, S.C., & Wodniecka, Z. (2006). Language selectivity is the exception, not the rule: Arguments against a fixed locus of language selection in bilingual speech. *Bilingualism: Language and Cognition*, 9(02), 119–135.
- Kroll, J.F., Bogulski, C.A., & McClain, R. (2012). Psycholinguistic perspectives on second language learning and bilingualism: The course and consequence of cross-language competition. *Linguistic Approaches to Bilingualism*, 2(1), 1–24. doi:10.1075/lab.2.1.01kro
- Kroll, J.F., Dussias, P.E., Bice, K., & Perrotti, L. (2015). Bilingualism, mind, and brain. *Annual Review of Linguistics*, 1(1), 377–394. doi:10.1146/annurev-linguist-030514-124937
- Kroll, J.F., Dussias, P.E., Bogulski, C.A., & Kroff, V.J.R. (2012). 7 Juggling two languages in one mind: What bilinguals tell us about language processing and its consequences for cognition. In B.H. Ross (Ed.), *Psychology of learning and motivation*, Vol. 56 (pp. 229–255). USA: Academic Press.
- Kroll, J.F., Gollan, T., Goldrick, M., Ferreira, V., & Miozzo, M. (2014). Speech planning in two languages: What bilinguals tell us about language production. In M. Goldrick, V. Ferreira, & M. Miozzo (Eds.), *The Oxford handbook of language production* (pp. 165–181). New York: Oxford University Press.
- Kroll, J.F., & Stewart, E. (1994). Category interference in translation and picture naming: Evidence for asymmetric connections between bilingual memory representations. *Journal of Memory and Language*, 33(2), 149–174. doi:10.1006/jmla.1994.1008
- Linck, J.A., Kroll, J.F., & Sunderman, G. (2009). Losing access to the native language while immersed in a second language: Evidence for the role of inhibition in second-language learning. *Psychological Science*, 20(12), 1507–1515. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02480.x
- Loebell, H., & Bock, K. (2003). Structural priming across languages. *Linguistics*, 41(5), 791–824. doi:10.1515/ling.2003.026
- Marian, V., & Spivey, M. (2003). Competing activation in bilingual language processing: Within-and between-language competition. *Bilingualism: Language and Cognition*, 6(02), 97–115.
- Marian, V., Spivey, M., & Hirsch, J. (2003). Shared and separate systems in bilingual language processing: Converging evidence from eyetracking and brain imaging. *Brain and Language*, 86(1), 70–82. doi:10.1016/S0093-934X(02)00535-7
- Miller, N.A., & Kroll, J.F. (2002). Stroop effects in bilingual translation. *Memory & Cognition*, 30(4), 614–628. doi:10.3758/BF03194963
- Misra, M., Guo, T., Bobb, S.C., & Kroll, J.F. (2012). When bilinguals choose a single word to speak: Electrophysiological evidence for inhibition of the native language. *Journal of Memory and Language*, 67(1), 224–237. doi:10.1016/j.jml.2012.05.001
- Morford, J.P., Wilkinson, E., Villwock, A., Piñar, P., & Kroll, J.F. (2011). When deaf signers read English: Do written words activate their sign translations? *Cognition*, 118(2), 286–292. doi:10.1016/j.cognition.2010.11.006
- Murray, W.S., & Forster, K.I. (2004). Serial mechanisms in lexical access: the rank hypothesis. *Psychological Review*, 111(3), 721–756. doi:10.1037/0033-295X.111.3.721
- Paradis, C., Willners, C., & Jones, S. (2009). Good and bad opposites using textual and experimental techniques to measure antonym canonicity. *The Mental Lexicon*, 4(3), 380–429. doi:10.1075/ml.4.3.04par
- Perea, M., & Rosa, E. (2002). The effects of associative and semantic priming in the lexical decision task. *Psychological Research*, 66(3), 180–194. doi:10.1007/s00426-002-0086-5
- Potter, M.C., So, K.-F., Von Eckardt, B., & Feldman, L.B. (1984). Lexical and conceptual representation in beginning and proficient bilinguals. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23(1), 23–38. doi:10.1016/S0022-5371(84)90489-4
- Proverbio, A.M., Roberta, A., & Alberto, Z. (2007). The organization of multiple languages in polyglots: Interference or independence? *Journal of Neurolinguistics*, 20(1), 25–49.
- Schoonbaert, S., Hartsuiker, R.J., & Pickering, M.J. (2007). The representation of lexical and syntactic information in bilinguals: Evidence from syntactic priming. *Journal of Memory and Language*, 56(2), 153–171. doi:10.1016/j.jml.2006.10.002
- Schwanenflugel, P.J., & Rey, M. (1986). Interlingual semantic facilitation: Evidence for a common representational system in the bilingual lexicon. *Journal of Memory and Language*, 25(5), 605–618. doi:10.1016/0749-596X(86)90014-8
- Schwartz, A.I., & Kroll, J.F. (2006). Bilingual lexical activation in sentence context. *Journal of Memory and Language*, 55(2), 197–212. doi:10.1016/j.jml.2006.03.004
- Schwartz, A.I., Kroll, J.F., & Diaz, M. (2007). Reading words in Spanish and English: Mapping orthography to phonology in two languages. *Language and Cognitive Processes*, 22(1), 106–129. doi:10.1080/01690960500463920

- Strijkers, K., Costa, A., & Thierry, G. (2010). Tracking lexical access in speech production: electrophysiological correlates of word frequency and cognate effects. *Cerebral Cortex*, 20(4), 912–928. doi:10.1093/cercor/bhp153
- Sunderman, G., & Kroll, J.F. (2006). First language activation during second language lexical processing: An investigation of lexical form, meaning, and grammatical class. *Studies in Second Language Acquisition*, 28(03), 387–422. doi:10.1017/S0272263106060177
- Thierry, G., & Wu, Y.J. (2007). Brain potentials reveal unconscious translation during foreign-language comprehension. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(30), 12530–12535. doi:10.1073/pnas.0609927104
- Titone, D., Libben, M., Mercier, J., Whitford, V., & Pivneva, I. (2011). Bilingual lexical access during L1 sentence reading: The effects of L2 knowledge, semantic constraint, and L1–L2 intermixing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(6), 1412–1431.
- Van Hell, J.G., & Dijkstra, T. (2002). Foreign language knowledge can influence native language performance in exclusively native contexts. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 780–789.
- Van Heuven, W.J., Dijkstra, T., Grainger, J., & Schriefers, H. (2001). Shared neighborhood effects in masked orthographic priming. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(1), 96–101. doi:10.3758/bf03196144
- Van Wijnendaele, I., & Brysbaert, M. (2002). Visual word recognition in bilinguals: phonological priming from the second to the first language. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(3), 616–627.
- Von Studnitz, R.E., & Green, D.W. (2002). Interlingual homograph interference in German–English bilinguals: Its modulation and locus of control. *Bilingualism: Language and Cognition*, 5(01), 1–23.

**■ экспериментальные сообщения ■**

# Взаимодействие нескольких языков в когнитивной системе человека

**Владимир Феликсович Спиридонов**

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Институт общественных наук, Москва, Россия;  
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Департамент психологии, Москва, Россия

**Эмилия Валерьевна Эзрина**

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Институт общественных наук, Москва, Россия;  
Российский государственный гуманитарный университет, Институт психологии, Москва, Россия

**Аннотация.** В этой работе рассматривается взаимодействие нескольких языков в когнитивной системе мультилингва. Большая часть исследований посвящена различным аспектам билингвизма, а исследования трилингвов и полиглотов проводятся достаточно редко. Тем не менее нам кажется, что изучение когнитивных процессов, задействованных при использовании трех и более языков, может дать дополнительные сведения об их взаимодействии. В этой работе делается попытка оценить единую для нескольких языков многоуровневую сетевую модель, включающую лексический, семантический и синтаксический компоненты. С этой целью мы предложили экспериментальную парадигму, в которой испытуемые переводят словосочетания или предложения с одного неродного языка на другой в обоих направлениях, в ходе чего им предъявляются подпороговые праймы на родном языке. Мы провели серию экспериментов, в которой варьировались типы праймов и типы словосочетаний и предложений. Мы предположили, что праймы на родном языке создадут интерференцию и приведут к увеличению времени перевода между неродными языками. Также время перевода будет варьироваться в зависимости от условий. Наши гипотезы подтвердились частично, только на некоторых типах стимулов. В работе обсуждаются связи полученных результатов с существующими моделями и теориями.

**Контактная информация:** Владимир Феликсович Спиридонов, [vfspiridonov@yandex.ru](mailto:vfspiridonov@yandex.ru); Эмилия Валерьевна Эзрина, [ezrina@yandex.ru](mailto:ezrina@yandex.ru), Проспект Вернадского, 82, корпус 9, ауд. 2402, 119571 Москва, Россия.

**Ключевые слова:** билингвы, трилингвы, билингвизм, трилингвизм, сетевая модель, неизбирательный доступ, синтаксические узлы, семантические узлы, сублиминальный прайминг, подпороговый прайминг, перевод, русский язык, испанский язык, английский язык

© 2015 Владимир Феликсович Спиридонов, Эмилия Валерьевна Эзрина. 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.** Мы благодарим Марию Фаликман и Элеонору Росси за ценные комментарии к рукописи и Вячеслава Иванова за написание программы для проведения экспериментов. Мы также благодарим учеников и администрацию школы № 1252 им. Сервантеса, г. Москва, за участие в экспериментах, а также других участников экспериментов. Мы выражаем благодарность анонимным рецензентам, которые помогли значительно улучшить эту статью.

Статья поступила в редакцию 3 ноября 2015 г. Принята в печать 31 декабря 2015 г.

## Литература

- Абрамов Н. Словарь русских синонимов и сходных по смыслу выражений. Около 5000 синонимических рядов. М.: Русские словари, 1999.
- Новый объяснительный словарь синонимов русского языка. Вып. 3 / Под ред. Ю.Д. Апресяна. М.: Языки русской культуры, 2003.
- Эзрина Э.В., Спиридонов В.Ф. Механизмы взаимодействия нескольких языков в когнитивной системе трилингвов // Вестник ЯрГУ. Серия: Гуманитарные науки. 2014. Т. 28. №2. С. 107–112.
- Bar M., Biederman I. Subliminal visual priming // *Psychological Science*. 1998. Vol. 9. No.6. P. 464–468. doi:10.1111/1467-9280.00086
- Bernolet S., Hartsuiker R.J., Pickering M.J. Shared syntactic representations in bilinguals: Evidence for the role of word-order repetition // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2007. Vol. 33. No. 5. P. 931–939.
- Bloem I., La Heij W. Semantic facilitation and semantic interference in word translation: Implications for models of lexical access in language production // *Journal of Memory and Language*. 2003. Vol. 48. No.3. P. 468–488. doi:10.1016/S0749-596X(02)00503-X
- Bock J.K. Syntactic persistence in language production // *Cognitive Psychology*. 1986. Vol. 18. No.3. P. 355–387. doi:10.1016/0010-0285(86)90004-6
- Bock K., Griffin Z.M. The persistence of structural priming: Transient activation or implicit learning? // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2000. Vol. 129. No.2. P. 177–192. doi:10.1111/1467-9280.00086
- Brybaert M. Word recognition in bilinguals: Evidence against the existence of two separate lexicons // *Psychologica Belgica*. 1998. Vol. 38. No.3–4. P. 163–175.
- Charles W.G., Reed M.A., Derryberry D. Conceptual and associative processing in antonymy and synonymy // *Applied Psycholinguistics*. 1994. Vol. 15. No.03. P. 329–354.
- De Bot K. The multilingual lexicon: Modelling selection and control // *International Journal of Multilingualism*. 2004. Vol. 1. No. 1. P. 17–32.
- De Bruijn E.R., Dijkstra T., Chwilla D.J., Schriefers H.J. Language context effects on interlingual homograph recognition: evidence from event-related potentials and response times in semantic priming // *Bilingualism: Language and Cognition*. 2001. Vol. 4. No.02. P. 155–168.
- Desmet T., Declercq M. Cross-linguistic priming of syntactic hierarchical configuration information // *Journal of Memory and Language*. 2006. Vol. 54. No.4. P. 610–632. doi:10.1016/j.jml.2005.12.007
- Dijkstra T. Bilingual visual word recognition and lexical access // *Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches* / J.F. Kroll, A.M.B. de Groot (Eds.). New York: Oxford University Press, 2005. P. 179–201.
- Dijkstra T., Timmermans M., Schriefers H. On being blinded by your other language: Effects of task demands on interlingual homograph recognition // *Journal of Memory and Language*. 2000. Vol. 42. No. 4. P. 445–464. doi:10.1006/jmla.1999.2697
- Dijkstra T., Van Heuven W.J. The BIA model and bilingual word recognition // *Localist connectionist approaches to human cognition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1998. P. 189–225.
- Dijkstra T., Van Heuven W.J. The architecture of the bilingual word recognition system: From identification to decision // *Bilingualism: Language and Cognition*. 2002. Vol. 5. No.03. P. 175–197.
- Draine S.C., Greenwald A.G. Replicable unconscious semantic priming // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1998. Vol. 127. No. 3. P. 286–303.
- Duñabeitia J.A., Perea M., Carreiras M. Masked translation priming effects with highly proficient simultaneous bilinguals // *Experimental Psychology*. 2010. Vol. 57. No.2. P. 98–107. doi:10.1027/1618-3169/a000013
- Dussias P.E., Kroff J.V. Encompassing multiple perspectives in code-switching research // *PsycCRITIQUES*. 2010. Vol. 55. No. 1. doi:10.1037/a0018343
- Dussias P.E., Sagarra N. The effect of exposure on syntactic parsing in Spanish–English bilinguals // *Bilingualism: Language and Cognition*. 2007. Vol. 10. No.01. P. 101–116.
- Duyck W. Translation and associative priming with cross-lingual pseudohomophones: evidence for nonselective phonological activation in bilinguals // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2005. Vol. 31. No.6. P. 1340–1359.
- Duyck W., Assche E.V., Drieghe D., Hartsuiker R.J. Visual word recognition by bilinguals in a sentence context: evidence for nonselective lexical access // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2007. Vol. 33. No.4. P. 663–679.
- Duyck W., Brybaert M. Forward and backward number translation requires conceptual mediation in both balanced and unbalanced bilinguals // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2004. Vol. 30. No.5. P. 889–906.
- Emmorey K., Luk G., Pyers J.E., Bialystok E. The source of enhanced cognitive control in bilinguals evidence from bimodal bilinguals // *Psychological Science*. 2008. Vol. 19. No.12. P. 1201–1206. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02224.x
- Fellbaum C. Co-occurrence and antonymy // *International Journal of Lexicography*. 1995. Vol. 8. No.4. P. 281–303. doi:10.1093/ijl/8.4.281
- Ferrand L., New B. Semantic and associative priming in the mental lexicon // *Mental lexicon: Some words to talk about words* / P. Bonin (Ed.). New York: Nova Science Publishers, 2003. P. 25–43.
- Finkbeiner M., Forster K., Nicol J., Nakamura K. The role of polysemy in masked semantic and translation priming // *Journal of Memory and Language*. 2004. Vol. 51. No. 1. P. 1–22. doi:10.1016/j.jml.2004.01.004
- Francis W.S. Cognitive integration of language and memory in bilinguals: semantic representation // *Psychological Bulletin*. 1999. Vol. 125. No. 2. P. 193–222. doi:10.1037/0033-2909.125.2.193
- Francis W.S., Augustini B.K., Sáenz S.P. Repetition priming in picture naming and translation depends on shared processes and their difficulty: Evidence from Spanish-English bilinguals // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol. 29. No. 6. P. 1283–1297.
- French R.M., Jacquet M. Understanding bilingual memory: Models and data // *Trends in Cognitive Sciences*. 2004. Vol. 8. No. 2. P. 87–93. doi:10.1016/j.tics.2003.12.011
- Gollan T.H., Forster K.I., Frost R. Translation priming with different scripts: Masked priming with cognates and noncognates in Hebrew-English bilinguals // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1997. Vol. 23. No.5. P. 1122–1139.
- Gollan T.H., Kroll J.F. Bilingual lexical access // *The handbook of cognitive neuropsychology: What deficits reveal about the human mind* / B. Rapp (Ed.). New York: Psychology Press, 2001. P. 321–345.
- Gollan T.H., Montoya R.I., Cera C., Sandoval T.C. More use almost always means a smaller frequency effect: Aging, bilingualism, and the weaker links hypothesis // *Journal of Memory and Language*. 2008. Vol. 58. No.3. P. 787–814. doi:10.1016/j.jml.2007.07.001
- Grainger J., Frenck-Mestre C. Masked priming by translation equivalents in proficient bilinguals // *Language and Cognitive Processes*. 1998. Vol. 13. No.6. P. 601–623. doi:10.1080/016909698386393
- Grosjean F. Neurolinguists, beware! The bilingual is not two monolinguals in one person // *Brain and Language*. 1989. Vol. 36. No. 1. P. 3–15. doi:10.1016/0093-934X(89)90048-5
- Hartsuiker R.J., Pickering M.J., Veltkamp E. Is syntax separate or shared between languages? Cross-linguistic syntactic priming in Spanish-English bilinguals // *Psychological Science*. 2004. Vol. 15. No. 6. P. 409–414. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00693.x

- Hoshino N., Kroll J.F. Cognate effects in picture naming: Does cross-language activation survive a change of script? // *Cognition*. 2008. Vol. 106. No.1. P. 501–511. doi:10.1016/j.cognition.2007.02.001
- Jared D., Kroll J.F. Do bilinguals activate phonological representations in one or both of their languages when naming words? // *Journal of Memory and Language*. 2001. Vol. 44. No. 1. P. 2–31. doi:10.1006/jmla.2000.2747
- Jared D., Szucs C. Phonological activation in bilinguals: Evidence from interlingual homograph naming // *Bilingualism: Language and Cognition*. 2002. Vol. 5. No. 03. P. 225–239.
- Kroll J.F., Bobb S.C., Wodniecka Z. Language selectivity is the exception, not the rule: Arguments against a fixed locus of language selection in bilingual speech // *Bilingualism: Language and Cognition*. 2006. Vol. 9. No. 02. P. 119–135.
- Kroll J.F., Bogulski C.A., McClain R. Psycholinguistic perspectives on second language learning and bilingualism: The course and consequence of cross-language competition // *Linguistic Approaches to Bilingualism*. 2012. Vol. 2. No. 1. P. 1–24. doi:10.1075/lab.2.1.01kro
- Kroll J.F., Dussias P.E., Bice K., Perrotti L. Bilingualism, mind, and brain // *Annual Review of Linguistics*. 2015. Vol. 1. No. 1. P. 377–394. doi:10.1146/annurev-linguist-030514-124937
- Kroll J.F., Dussias P.E., Bogulski C.A., Kroff V.J.R. 7 Juggling two languages in one mind: What bilinguals tell us about language processing and its consequences for cognition // *Psychology of learning and motivation / B.H. Ross (Ed.)*. USA: Academic Press, 2012. P. 229–255.
- Kroll J.F., Gollan T., Goldrick M., Ferreira V., Miozzo M. Speech planning in two languages: What bilinguals tell us about language production // *The Oxford handbook of language production / M. Goldrick, V. Ferreira, M. Miozzo (Eds.)*. New York: Oxford University Press, 2014. P. 165–181.
- Kroll J.F., Stewart E. Category interference in translation and picture naming: Evidence for asymmetric connections between bilingual memory representations // *Journal of Memory and Language*. 1994. Vol. 33. No. 2. P. 149–174. doi:10.1006/jmla.1994.1008
- Linck J.A., Kroll J.F., Sunderman G. Losing access to the native language while immersed in a second language: Evidence for the role of inhibition in second-language learning // *Psychological Science*. 2009. Vol. 20. No. 12. P. 1507–1515. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02480.x
- Loebell H., Bock K. Structural priming across languages // *Linguistics*. 2003. Vol. 41. No. 5. P. 791–824. doi:10.1515/ling.2003.026
- Marian V., Spivey M. Competing activation in bilingual language processing: Within-and between-language competition // *Bilingualism: Language and Cognition*. 2003. Vol. 6. No. 02. P. 97–115.
- Marian V., Spivey M., Hirsch J. Shared and separate systems in bilingual language processing: Converging evidence from eyetracking and brain imaging // *Brain and Language*. 2003. Vol. 86. No. 1. P. 70–82. doi:10.1016/S0093-934X(02)00535-7
- Miller N.A., Kroll J.F. Stroop effects in bilingual translation // *Memory & Cognition*. 2002. Vol. 30. No. 4. P. 614–628. doi:10.3758/BF03194963
- Misra M., Guo T., Bobb S.C., Kroll J.F. When bilinguals choose a single word to speak: Electrophysiological evidence for inhibition of the native language // *Journal of Memory and Language*. 2012. Vol. 67. No. 1. P. 224–237. doi:10.1016/j.jml.2012.05.001
- Morford J.P., Wilkinson E., Villwock A., Piñar P., Kroll J.F. When deaf signers read English: Do written words activate their sign translations? // *Cognition*. 2011. Vol. 118. No. 2. P. 286–292. doi:10.1016/j.cognition.2010.11.006
- Murray W.S., Forster K.I. Serial mechanisms in lexical access: the rank hypothesis // *Psychological Review*. 2004. Vol. 111. No. 3. P. 721–756. doi:10.1037/0033-295X.111.3.721
- Paradis C., Willners C., Jones S. Good and bad opposites using textual and experimental techniques to measure antonym canonicity // *The Mental Lexicon*. 2009. Vol. 4. No. 3. P. 380–429. doi:10.1075/ml.4.3.04par
- Perea M., Rosa E. The effects of associative and semantic priming in the lexical decision task // *Psychological Research*. 2002. Vol. 66. No. 3. P. 180–194. doi:10.1007/s00426-002-0086-5
- Potter M.C., So K.-F., Von Eckardt B., Feldman L.B. Lexical and conceptual representation in beginning and proficient bilinguals // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1984. Vol. 23. No. 1. P. 23–38. doi:10.1016/S0022-5371(84)90489-4
- Proverbio A.M., Roberta A., Alberto Z. The organization of multiple languages in polyglots: Interference or independence? // *Journal of Neurolinguistics*. 2007. Vol. 20. No. 1. P. 25–49.
- Schoonbaert S., Hartsuiker R.J., Pickering M.J. The representation of lexical and syntactic information in bilinguals: Evidence from syntactic priming // *Journal of Memory and Language*. 2007. Vol. 56. No. 2. P. 153–171. doi:10.1016/j.jml.2006.10.002
- Schwanenflugel P.J., Rey M. Interlingual semantic facilitation: Evidence for a common representational system in the bilingual lexicon // *Journal of Memory and Language*. 1986. Vol. 25. No. 5. P. 605–618. doi:10.1016/0749-596X(86)90014-8
- Schwartz A.L., Kroll J.F. Bilingual lexical activation in sentence context // *Journal of Memory and Language*. 2006. Vol. 55. No. 2. P. 197–212. doi:10.1016/j.jml.2006.03.004
- Schwartz A.L., Kroll J.F., Diaz M. Reading words in Spanish and English: Mapping orthography to phonology in two languages // *Language and Cognitive Processes*. 2007. Vol. 22. No. 1. P. 106–129. doi:10.1080/01690960500463920
- Strijkers K., Costa A., Thierry G. Tracking lexical access in speech production: electrophysiological correlates of word frequency and cognate effects // *Cerebral Cortex*. 2010. Vol. 20. No. 4. P. 912–928. doi:10.1093/cercor/bhp153
- Sunderman G., Kroll J.F. First language activation during second language lexical processing: An investigation of lexical form, meaning, and grammatical class // *Studies in Second Language Acquisition*. 2006. Vol. 28. No. 03. P. 387–422. doi:10.1017/S0272263106060177
- Thierry G., Wu Y.J. Brain potentials reveal unconscious translation during foreign-language comprehension // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104. No. 30. P. 12530–12535. doi:10.1073/pnas.0609927104
- Titone D., Libben M., Mercier J., Whitford V., Pivneva I. Bilingual lexical access during L1 sentence reading: The effects of L2 knowledge, semantic constraint, and L1–L2 intermixing // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2011. Vol. 37. No. 6. P. 1412–1431.
- Van Hell J.G., Dijkstra T. Foreign language knowledge can influence native language performance in exclusively native contexts // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2002. Vol. 9. No. 4. P. 780–789.
- Van Heuven W.J., Dijkstra T., Grainger J., Schriefers H. Shared neighborhood effects in masked orthographic priming // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2001. Vol. 8. No. 1. P. 96–101. doi:10.3758/bf03196144
- Van Wijnendaele I., Brysbaert M. Visual word recognition in bilinguals: phonological priming from the second to the first language // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2002. Vol. 28. No. 3. P. 616–627.
- Von Studnitz R.E., Green D.W. Interlingual homograph interference in German–English bilinguals: Its modulation and locus of control // *Bilingualism: Language and Cognition*. 2002. Vol. 5. No. 01. P. 1–23.

# The Role of Dynamics in Visual Adaptation to Emotional Facial Expressions

**Olga A. Korolkova**

Center for Experimental Psychology MSUPE, Moscow, Russia; Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow, Russia

**Abstract.** The effect of adaptation to emotional facial expressions occurs after a prolonged observation of an intense display of a basic emotion (the adaptor) which biases the perception of a subsequent briefly presented face away from the adaptor. Previous studies of this effect mostly explored static images of facial expressions. We conducted two experiments to examine the features of adaptation to dynamic facial expressions. In Experiment 1, we created three types of adaptors based on video clips of the face of a female model who demonstrated the transitions between expressions of happiness and sadness. The adaptors included static expressions, dynamic expressions and dynamic changes from one expression to another. We expected the perception of the test stimuli to be biased away from the emotion displayed in the static adaptors or from the emotion at the end of the dynamic adaptors. The results showed that the static and dynamic expressions resulted in adaptation effects of the same size, and no adaptation occurred to the dynamic changes between two expressions. In Experiment 2, we tested the hypothesis that adaptation to dynamic changes of expression occurs if the duration of the adaptor is doubled (from 5 to 10 seconds). The results of the experiment supported the hypothesis. Overall, we confirmed the effect of adaptation to the emotional content of a facial expression. No adaptation to the temporal structure of the expression (forward versus reversed in time) was found.

**Correspondence:** Olga A. Korolkova, [olga.korolkova@gmail.com](mailto:olga.korolkova@gmail.com); Center for Experimental Psychology MSUPE, 2a Shelepikhinskaya Quay, 123390 Moscow, Russia

**Keywords:** face, emotions, face perception, facial expression, dynamic facial expression, adaptation effect, perceptual adaptation

**Copyright** © 2015. Olga A. Korolkova. 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.

Note. The preliminary results of this study were discussed and published in the Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Conference on Cognitive Science in Moscow: New Studies (June 16, 2015; Moscow, Russia) and the 38<sup>th</sup> European Conference on Visual Perception — ECV<sup>P</sup> 15 (August 23–27, 2015; Liverpool, UK).

**Acknowledgments.** The study was supported by the RFH, Project № 15-36-01281a2 “Structure of perception of the dynamic facial expressions”. The author thanks two anonymous reviewers for their constructive and valuable comments on earlier drafts of this paper.

Received 21 November 2015, accepted 26 December 2015.

## Introduction

Among the basic features of visual perception is its dependence on context. In the presence of additional information, recognition and categorization of various objects may be altered. One specific manifestation of the context-dependent nature of perception is the adaptation effect: a temporary bias in the perception of objects evoked by a preceding prolonged exposure to an adap-

tor. In the form of a perceptual ‘preset’, this has been explored previously on a wide range of objects from different modalities (Uznadze, 2001). Unlike particular types of positive priming which lead to enhanced object recognition after a short (and often unconscious) demonstration of an object from the same category, long adaptation biases the perception away from the adaptor, thus allowing the observer to detect even minor differences between the subsequent object and the adaptor itself. Adaptation

effects emerge at different levels of information processing, from sensation to categorization to decision making (Clifford et al., 2007; Dickinson & Badcock, 2013; Clifford & Rhodes (eds.), 2005; Storrs, 2015; Webster, 2012). These effects contribute to the perceptual constancy of the world around us by continuous recalibration of the perception and its adjusting to the changing environment (Clifford & Rhodes (eds.), 2005).

In particular, the adaptation effect (AE) has been found in face identification and facial expression recognition (Leopold, O'Toole, Vetter, & Blanz, 2001; Rhodes & Leopold, 2011; Webster & MacLeod, 2011). The experimental paradigm to reveal AE to expression includes the following. An observer is exposed to a face depicting an easily recognized emotion (adaptor) for several seconds. After that, another face is briefly shown with an expression that is difficult to recognize. The observer is asked which emotion was shown on the second face, given alternative choices. The adaptation effect appears as the influence of the emotion shown on the first face, which causes the observer to categorize the second face as the same emotion less frequently. Using this task, a number of studies have confirmed that prolonged exposure to an emotional expression may indeed reduce the observer's ability to detect this emotion and enhance the ability to perceive other emotions (Butler, Oruc, Fox, & Barton, 2008; Carbon et al., 2007; Cheal, Heisz, Walsh, Shedden, & Rutherford, 2014; Cook, Matei, & Johnston, 2011; de la Rosa, Giese, Bülthoff, & Curio, 2013). Recent extensive research of this phenomenon allows to summarize the main findings obtained to the date.

The face adaptation involves both low-level sensory processes that do not require awareness of visual stimuli, as well as higher-level ones, such as conscious representation of the face and its categorization. Presumably, the mechanisms of sensory adaptation (also known as after-effect) involve early visual processing of information that is eye-specific. This is supported by the findings that in binocular rivalry, which is known to disrupt higher-level processing much stronger than low-level one, full suppression of face perception leads to a significantly lower AE to distorted face shape, observed only if the retinal images of the adaptor and the test image are identical (Stein & Sterzer, 2011). However, if in these conditions the observer is at least minimally aware of the exposed face or attends to its spatial location, the AE to face shape, gender or emotion occurs even when the physical dimensions of the adaptor and the test are different, or when they are exposed to different eyes (Adams, Gray, Garner, & Graf, 2010; Shin, Stolte, & Chong, 2009; Stein & Sterzer, 2011; Yang, Hong, & Blake, 2010).

The higher-level impact on adaptation is supported by a transfer of the effect between different identities, different angles of view or even different modalities. However, the size of the AE in this case may be reduced. The effect is most pronounced if the adaptor and test represent the same identity (Fox & Barton, 2007). Partial transfer to the faces of other identities does not depend on their gender, and the relative AE size — the difference between the adaptation to one emotion compared to another — in this case is reduced more than twice. On the contrary, the size of adaptation to the identity

does not depend on the displayed emotion (Fox, Oruc, & Barton, 2008). If the physical dimension of the adaptor is twice as large as of the test, or the viewpoint is changed, the AE still occurs (Benton et al., 2007; Hsu & Young, 2004). Visual exposure to an emotion name, or listening to an expressive speech in unknown language, do not lead to adaptation (Fox & Barton, 2007). However, haptical perception of an expressive mask may evoke AE in visual perception (Matsumiya, 2013).

AE to facial expression is modulated by the detailization of a face or the presence of holistic face configuration. Full-color photorealistic faces account for the relative AE of about 45%. This is measured as the difference score between the frequency of categorizing the test faces as one of the two adapted emotions, after exposure to one or the other of them. High-contrast black-and-white faces reduce the relative AE size to 25%, and highly schematic faces comprised of lines and dots reduce the AE size to less than 10% (Butler et al., 2008). If these lines and dots are scrambled such that they do not represent any specific facial configuration and do not resemble face parts, the AE is totally absent, although scrambled black-and-white faces do induce AE.

Longer adaptation time leads to a stronger effect (Hsu & Young, 2004). When the adaptor (facial expression of happiness, sadness or fear) is presented for 5 s, and the subsequent test image (linear morph, or interpolation, in a specific proportion of images of one of these expressions with a neutral face) is presented for 50 ms, the AE is manifested after a rather short interstimulus interval (ISI) — 100 ms, as well as after an ISI of 1 second. However, when the adaptor is presented for only 500 ms, no effect occurs. The influence of adaptor duration on AE size is probably due to low-level mechanisms. The same study also revealed a tendency to better recognition of happiness/neutral morphs after adaptation to a purely sad expression, but not to pure fear. Similarly, sadness/neutral morphs were better recognized after adaptation to pure happiness. This may support the reciprocity of happiness and sadness in the face space (Russell & Fehr, 1987; Valentine, 1991).

The adaptation effect so far have been explored mostly in static images of facial expressions. Although the recent tendency to enhance the ecological validity of experimental studies of face perception has led to the research on the role of dynamics in expression recognition, the effect of adaptation to dynamic faces has not drawn much attention yet. To date, only a few studies have explored this topic, and the results are highly controversial. In an early study (Dubé, 1997), the adaptors were based on video records of volunteers who were asked to express one of the basic emotions on their face, and subsequently change it to the neutral expression, and after that to another emotion. Each adaptor included half of the original record: dynamic change from a neutral face to one of the basic emotions, which was demonstrated either as forward or backwards. The adaptation effects to static happy versus sad expressions, as well as to the dynamic changes from a neutral face to the same expressions were explored. The presentation time of all the adaptors was equal. Test stimuli were static intermediate morphs between the two static adaptors. In accordance to the other research, this study revealed that there is indeed an AE to static faces



that change the perception of subsequently presented morphs. At the same time, no effect was observed after adaptation to dynamic stimuli. Later studies conducted with the use of artificial dynamic adaptors revealed that adaptation to computer-animated avatars can be shown but only when both the intrinsic non-rigid facial movement and rigid head movement are present. Separately, none of the movement types can cause adaptation (de la Rosa et al., 2013; Curio, Giese, Breidt, Kleiner, & Bühlhoff, 2010). This disagreement in the results of early and later studies needs to be further explored. Are the adaptation effects to static and dynamic expressions different, or do they share the same underlying mechanisms?

Possible hypotheses about the mechanisms of dynamic expression adaptation may be derived from yet another area of research where a similar AE is shown: studies of biological motion. One of the factors that can cause an AE to a video clip of a walking person is the motion direction (Barraclough, Ingham, & Page, 2012). Considering facial dynamics as a particular type of biological motion, one may suggest that the direction, or temporal organization of the process of changing one expression to another, may also serve as a special adaptor type different from the emotional content of the expression. Recent fMRI studies have shown distinct activation patterns to the perception of natural versus reversed temporal direction of facial expressions and to increasing or decreasing intensity of the displayed expression, so that the activation to a natural increase or decrease of emotion is not the same as to their temporal reversion (Reinl & Bartels, 2014; 2015). Expressions inverted in time are perceived by observers as unnatural.

The aim of our study was to explore the possible mechanisms of adaptation to dynamic facial expressions. We suggested that in addition to the adaptation to the emotional content of an expression, there may exist a separate mechanism of adaptation to its dynamic structure. Indeed, during real communication, the direction in which the facial expression of the conversation partner changes may carry relevant information and thus may influence the subjective impression in the observer. If this is true, then the prolonged observing of a dynamic facial expression activates both mechanisms of emotional content and temporal structure, whereas the observing of a static expression activates only the former. To decompose the adaptation effect, three adaptor types could be used: 1) evoking AE both to the emotional content and to the temporal structure; 2) evoking AE only to the emotional content; 3) evoking AE only to the temporal structure. Adaptors of the first type could be dynamic faces with expression changed from an ambiguous face to one of the two intense basic emotions. Adaptors of the second type could be two different static intense basic emotions. The third adaptor type should include the differences in dynamics but cause no adaptation to the content. It is possible in the case of displaying the same dynamic transition between two intense basic emotions both forward and backward. To equalize the sensory after-effects between the three types of adaptors, faces should belong to the same identity, be of the same size and view angle, be presented in full color and high quality, and their presentation duration should be the same.

We conducted two experiments: in the first, we were interested in the role of dynamics in the adaptation effect. In the second, which was a follow-up study based on the results of the first one, we explored the role of the duration of the dynamic adaptor. Both experiments were based on a paradigm previously used for static expression adaptation (Hsu & Young, 2004). The emotions to adapt to were happiness and sadness: in static faces, they consistently show an AE regardless of the theoretical assumptions of the studies (Dubé, 1997; Hsu & Young, 2004; Rutherford, Chattha, & Krysko, 2008).

## Experiment 1

### Method

**Hypothesis.** The adaptation effect occurs after observing static and dynamic facial expressions of happiness and sadness, and dynamic changes between two expressions. As a result of adaptation, the perception of mixed ambiguous facial expressions should be biased away from the adaptor. The intensity of adaptation depends on adaptor type and qualitative differences between natural emotional displays.

**Design.** The adaptors varied according to a full factorial design: 3 (between-group)  $\times$  2 (within-group)  $\times$  2 (within-group).

The between-group factor was Adaptor Type: (1) static expression; (2) dynamic expression; or (3) dynamic change of expression. The first within-group factor was Emotional Transition, from which the stimuli were derived (see Appendix): (1) happiness-to-sadness or (2) sadness-to-happiness. The second within-group factor was Adapted Expression: (1) first or (2) second in the transition.

In the static adaptors, the first expression was the starting frame of the video record, and the second expression was its last frame. Both images differed only in emotional content and displayed either happy or sad intense emotions. In the happy-to-sad transition, the first expression represented happiness. We expected the ambiguous test stimulus perception to be biased away from the first expression; that is, to be recognized as happiness less frequently than after adaptation to the second expression. The second expression in the same transition represented sadness, and we expected test stimuli to be recognized as sadness less frequently. Similarly, in the sad-to-happy transition, the first expression (sadness) should bias perception away from sadness, and the second one (happiness) away from happiness.

In the dynamic expression adaptors, the first expression was reversed in time relative to the original video record, and the second one maintained the frame order. The first expression in the happy-to-sad transition represented the dynamic change from ambiguous face to intense happiness; according to our hypothesis, it should bias the perception of the test stimulus away from happiness. The second expression from the same transition (ambiguous face switching to intense sadness) should bias the perception away from sadness. The first expression in the sad-to-happy transition (switching from ambiguous to sad display) should bias the perception

away from sadness, and the second one (switching from ambiguous to happy display) should bias perception away from happiness.

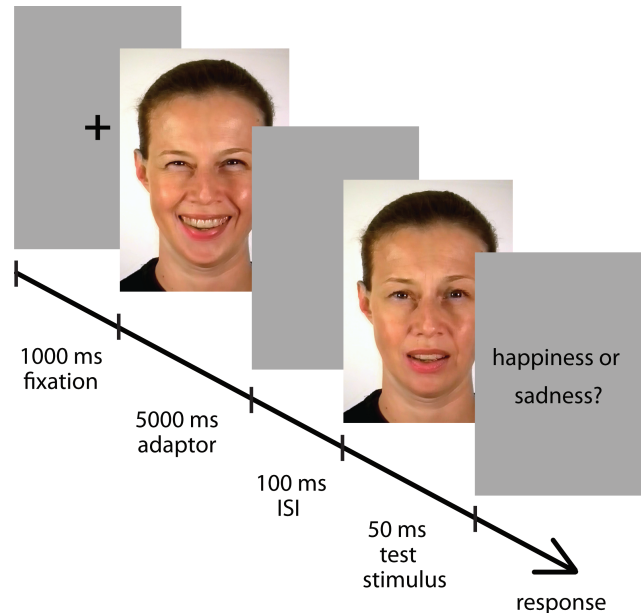
In the dynamic changes of expression, the first expression represented the expression change from the last frame to the first one and was, therefore, inverted in time. The inversion does not change the emotional content of the adaptor, but it changes its temporal structure. In the happy-to-sad transition, the first expression represented the change from intense sadness to intense happiness. We expected that it would bias the perception away from happiness. The adaptation to the second expression in the same transition, which represented the change from intense happiness to intense sadness, should bias the perception away from sadness. Similarly, the first expression in the sad-to-happy transition (dynamic change from happiness to sadness) would bias the perception away from sadness, and the second one (dynamic change from sadness to happiness) away from happiness.

Test stimuli were 10 intermediate frames from each video record. They were always static images. Each test stimulus was presented with the adaptors from the same transition. Theoretical distance was estimated between the start of the transition and each test image (see Appendix).

**Participants.** Sixty-four participants took part in the study (45 females and 19 males, age range 18–49 years, median age 24). They had normal or corrected-to-normal vision. The participants were randomly assigned to one of the three conditions: (1) static expressions ( $n = 22$ ); (2) dynamic expressions ( $n = 21$ ); and (3) dynamic changes of expression ( $n = 21$ ). For three participants, the identification of the first and last test stimuli did not differ (all the test faces looked similar), so their results were not included in the analysis. In total, the data of 61 participants were analyzed. A pilot experiment ( $n = 8$ , 4 females and 4 males, age range 19–33 years, median age 21) was conducted to select the range of the test stimuli.

**Stimuli.** We used static images and dynamic video clips of the face of a female poser who expressed happiness, sadness and transitions between the two emotions. Unlike linear computer morphing, the dynamics of the natural transitions even between the same basic facial expressions is non-linear and shows the ‘perceptual hysteresis’ effect; therefore, transition type should be considered as one of the factors that may influence the adaptation. Examples of the stimuli and description of their preparation are provided in Appendix.

The static adaptors included only one emotion, either happiness or sadness, and no facial dynamic. We expected that the adaptation effect in this case would be due to the difference in the emotional content of the two adapted expressions. Dynamic expressions of happiness or sadness started from an intermediate, ambiguous face; they included differences in dynamics and only one intense emotion. Adaptation both to emotional content and dynamics was expected. The dynamic changes of expressions included differences in dynamics and both basic emotions. We expected the adaptation effect in this case to be caused only by temporal organization, not by the emotional content.



**Figure 1.** The experimental trial outline.

**Apparatus.** Static or dynamic faces were presented on a CRT screen (ViewSonic G90f, 100 Hz) connected to a PC, in a room with ambient light. The stimuli size was  $16 \times 20^\circ$ , and distance to the screen was 60 cm.

**Procedure.** PXLab software (Irtel, 2007) was used to display the stimuli and record the data. In each trial, the following items were sequentially presented in the center of the screen on a light-gray background:

- 1) fixation cross;
- 2) static or dynamic adaptor;
- 3) interstimulus interval (blank screen);
- 4) test stimulus; and
- 5) prompt to the response: “happiness or sadness?”.

The instruction to participants included the task to look freely at the first face in each trial and to respond as fast as possible about which emotion was displayed on the second face: more happiness or more sadness. Participants responded by pressing left (“happiness”) or right (“sadness”) arrow buttons on a standard keyboard. In total, each participant performed 160 trials (2 transitions  $\times$  2 adaptors  $\times$  10 test stimuli  $\times$  4 repetitions). The trials order was randomized. Before the start of the main experiment, each participant conducted eight practice trials with the same adaptors. The practice test stimuli were derived from the same transitions and represented happy or sad expressions that were easy to identify. They were not presented in the subsequent experiment. Figure 1 shows the outline of presentation.

**Data analysis.** The data were analyzed using SPSS 20.0 and R 3.2.2 statistical environment (R core team, 2015). The *quickpsy* library (Linares & Lopez-Moliner, 2015) was used to fit the psychometric functions in R. For each participant, we fitted the functions in the form of cumulative normal distribution with lapses, relating the proportion of identification of each test stimulus as the second emotion in the transition (responses ‘sadness’ in the happy-to-sad transition and responses ‘happiness’ in the sad-to-happy transition) to the theoretical distance from the start of the transition. We estimated the points of subjective equivalence (PSEs) at which the proportions

of identification of the test stimuli as happy and sad were equal (.5). Then the estimated individual PSEs were analyzed with repeated-measures ANOVA with the between-group factor Adaptor Type (static expression; dynamic expression; dynamic change of expression) and within-group factors Transition (happiness-to-sadness or sadness-to-happiness) and Adapted Expression (first or second in the transition).

*Post hoc* analysis included the comparison of PSE estimates for the significant factor interactions with Benjamini–Hochberg corrected repeated measures Student’s *t*-test. For each adaptor type, the presence of the adaptation effect was revealed as a significant difference between the PSEs for the first versus the second adapted expressions. Then the PSEs for first and second adaptors separately were compared in a pairwise manner between the three adaptor types with Benjamini–Hochberg corrected Student’s *t*-test with Welsh approximation for difference in dispersion.

## Results

Figures 2 and 3 show the proportion of identification of each test stimulus with the second emotion in the transition as a function of the theoretical distance from the start of the transition, for different adaptor types, adapted expressions and transitions. Confidence intervals were estimated with the nonparametric bootstrap. The left-wise biases caused by adaptation to the first expression compared to the right-wise biases caused by adaptation to the second expression reveal that the same test stimuli in the former case is perceived as more similar to the second expression than in the latter. In particular, after the adaptation to the static expression of happiness from the happy-to-sad transition, the ambiguous faces were perceived as more sad than after the adaptation to the static sad expression from the same transition. Therefore, the effect of adaptation is observed (see Figure 2). The same bias is observed for the dynamic expression of happiness versus the dynamic expression of sadness from the same transition. Similar results are shown in the sad-to-happy transition (see Figure 3). Visual inspection of the results after adaptation to the dynamic change from happiness to sadness and from sadness to happiness leads to an expectation of no adaptation effect for both transitions.

To test whether the obtained PSEs indeed differ statistically, and to explore the influence of each factor, the individual PSEs were analyzed with ANOVA. Box’s *M* test was significant ( $M = 86.81$ ;  $p < .001$ ), so the univariate approach was used. Mauchly’s test of sphericity was non-significant. Levene’s test of dispersion homogeneity showed the between-group difference only in the case

of adaptation to the first adapted expression from the sad-to-happy transition ( $F(2, 58) = 4.92$ ;  $p = .011$ ), but not for the other conditions.

The ANOVA revealed significant effects of Transition ( $F(1, 58) = 33.26$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .36$ ), Adapted Expression ( $F(1, 58) = 41.8$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .42$ ) and Adaptor Type ( $F(2, 58) = 3.97$ ;  $p = .024$ ;  $\eta^2_p = .12$ ), as well as of the Adapted Expression  $\times$  Adaptor Type interaction ( $F(2, 58) = 22.32$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .44$ ). The interactions Transition  $\times$  Adaptor Type ( $F(2, 58) = 0.06$ ;  $p = .946$ ;  $\eta^2_p < .01$ ), Adapted Expression  $\times$  Transition ( $F(1, 58) < 0.01$ ;  $p = .992$ ;  $\eta^2_p < .01$ ), and Adapted Expression  $\times$  Transition  $\times$  Adaptor Type ( $F(2, 58) = 2.99$ ;  $p = .058$ ;  $\eta^2_p = .09$ ) were non-significant. The size of the adaptation effect was identical for both transitions, either from happiness to sadness or from sadness to happiness.

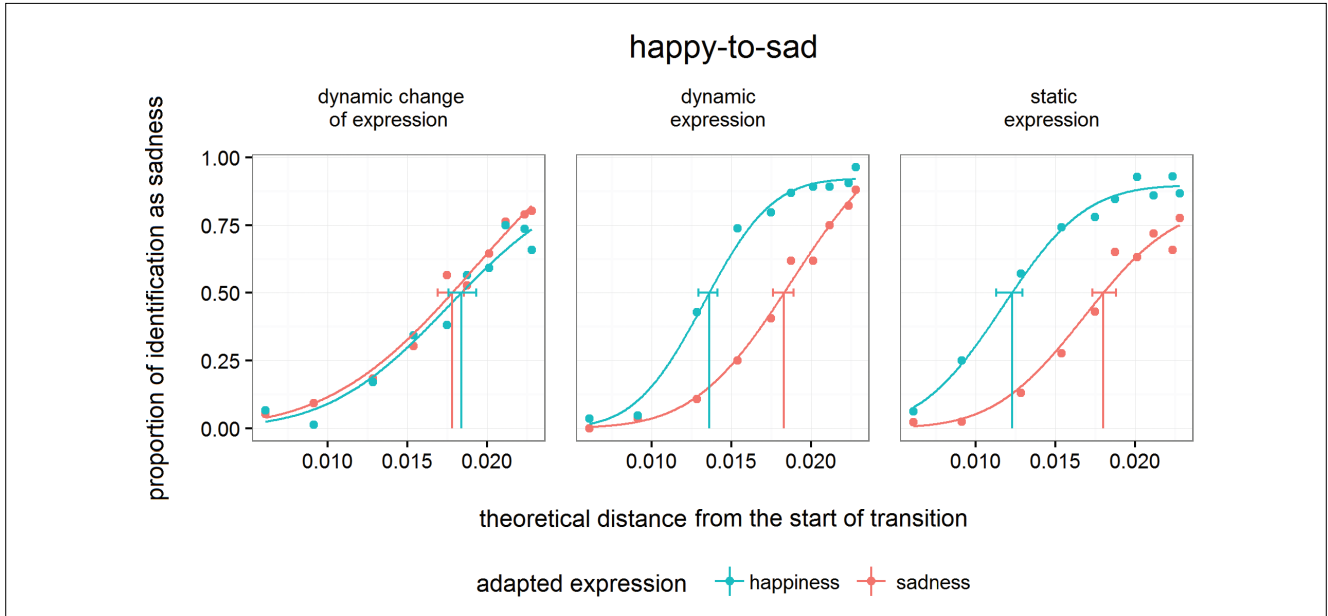
*Post hoc* comparisons of the PSEs were conducted for the Adapted Expression  $\times$  Adaptor Type interaction. The Transition factor did not show any significant interactions, so the PSEs were averaged on this factor. The differences between the PSEs after adaptation to the first compared to the second expression were significant for static adaptors (all *p*-levels were Benjamini–Hochberg corrected):  $t(20) = -9.45$ ,  $p < .001$ ,  $M = -0.007$ ,  $CI = [-0.008, -0.005]$  and dynamic expressions:  $t(20) = -7.67$ ,  $p < .001$ ,  $M = -0.004$ ,  $CI = [-0.005, -0.003]$ . The adaptation to dynamic change of expression does not cause any perception bias:  $t(18) = 0.71$ ,  $p = .488$ ,  $M = 0.001$ ,  $CI = [-0.002, 0.003]$ . Therefore, the adaptation effects were shown for static and dynamic expressions, but not for the dynamic changes of expression.

Even with the AE of the same size, there may be differences in the perception of test stimuli depending on the adaptor type. We conducted pairwise comparisons of the absolute values of the PSEs between the three types of adaptors, independently for the first and for the second adapted expression. The results are summarized in Table 1. In both transitions, differences were observed after the adaptation to the dynamic changes of the expression, compared to the static or dynamic adaptors, but only for the first adapted expression. There were no differences between static or dynamic first adaptors, or between second adaptors of any type. This indicates that the same test images are perceived similarly after adaptation to the first static expression and the first dynamic expression. Compared to the first static adaptors, the perception significantly changes after adaptation to the time-inverted dynamic expression changes. In adaptation to the second expressions, the perception of the same test images does not change regardless of the adaptor type.

**Table 1.** Pairwise Comparisons of PSEs for Different Adaptor Types in Adaptation to the First and Second Expressions

Adapted expression	Adaptor type	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
First	static expression vs. dynamic expression	-1.52	24.48	.281
	dynamic expression vs. dynamic change of expression	-4.93	23.98	.000
	static expression vs. dynamic change of expression	-4.62	37.23	.000
Second	static expression vs. dynamic expression	1.02	29.70	.379
	dynamic expression vs. dynamic change of expression	0.39	27.19	.697
	static expression vs dynamic change of expression	1.13	37.95	.379

**Note.** Welsh corrected *t*-tests with Benjamini–Hochberg correction for multiple comparisons.



**Figure 2.** Proportions of test stimuli identified as sadness in the happy-to-sad transition (Experiment 1). The first adapted expression (happiness) is depicted in blue, and the second adapted expression (sadness) in red. Points are mean proportions for each test stimulus, and curves are fitted psychometrical functions. Vertical lines indicate PSEs, and horizontal lines indicate confidence intervals.



**Figure 3.** Proportions of test stimuli identified as happiness in the sad-to-happy transition (Experiment 1). The first adapted expression (sadness) is depicted in red, and the second adapted expression (happiness) in blue. Points are mean proportions for each test stimulus, and curves are fitted psychometrical functions. Vertical lines indicate PSEs, and horizontal lines indicate confidence intervals.

**Discussion**

Experiment 1 revealed that our hypotheses are partially supported: the adaptation effect was shown to static and dynamic expressions, but not to the dynamic changes between expressions. The size of the relative adaptation (shift of the PSE after adaptation to the first expression in transition versus second expression) was equal for static and dynamic adaptors, and there was no adaptation effect at all to the dynamic expression change. The size of the AE did not change regardless of the qualitative differences between the transitions expressed by the poser.

As expected, the adaptation effect to static facial expressions previously shown in a number of studies (Butler et al., 2008; Cook et al., 2011; Fox & Barton, 2007; Hsu & Young, 2004) has been replicated in our experiment. The static AE size did not depend on the qualitative dif-

ferences between the depicted transitions (from happiness to sadness and vice versa) from which the adaptors and tests were derived. The existence of adaptation in this case may be explained by the influence of the emotional content of the adapted expressions that causes a temporary shift of the central point in the perceptual face space. The static adaptation effect — the difference in the perception of ambiguous facial expressions after adaptation to happiness and sadness — served as a baseline for comparison to the results obtained in the dynamic conditions.

Next, our results support the hypothesis that dynamic facial expressions can also evoke adaptation, of a size similar to that of static expression adaptation. To the best of our knowledge, our study was the first to show a significant AE to the natural dynamic facial expression depicted by a poser. This result is in agreement with the earlier

studies on dynamic morphing sequences and dynamic avatars (de la Rosa et al., 2013; Curio et al., 2010), but does not replicate the absence of an AE on natural dynamic facial expressions (Dubé, 1997).

In the work by de la Rosa et al. (2013), the size of the AE to static adaptors was significantly larger than to the dynamic adaptors. Our data (equal AE size in the two conditions) do not replicate this finding. This may be due to the natural type of our stimuli compared to the animated ones in de la Rosa et al. (2013), as well as procedure differences (de la Rosa et al. in each trial demonstrated the adaptor for 1 second four times sequentially with ISIs of 100 ms after each adaptor; and the test stimuli were dynamic and also lasted for about 1 second) and possibly due to the modalities of the adapted expressions (de la Rosa et al. used happiness and disgust). On the other hand, our data confirm the conclusions of Curio et al. (2010) about the equal size of the AE to static and dynamic faces.

The main reason that is provided in the unpublished dissertation by Dubé (1997) when accounting for the lack of adaptation to dynamic expressions concerns the following. In adaptation to static images, our visual system integrates the information of facial configurations over time so the processing on sensory level is primarily affected. With equal adaptor exposure times, the peak expression is presented longer in static adaptors than in dynamic ones and therefore causes greater AE. Another possible explanation provided by Dubé is that static and dynamic information processing could involve different brain systems, and the dynamic system is less rigid than the static one and has higher 'refresh rate', so the input is processed faster (and too fast to induce any AE). Our data does not support the latter explanation, as we obtained AE to dynamic stimuli.

Exposure to dynamic expression changes with the time-inverted frame order in our experiment led to a change of ambiguous face perception when compared to the static adaptors condition. However, we did not observe any AE to dynamic expression changes, and therefore we cannot say that the timeline inversion alone influenced the results. This means that our initial hypothesis about the existence of a special mechanism of adaptation to the temporal organization of facial expressions was not supported. The hypothesis of the time-inversion influence on AE has been previously tested only once (Curio et al., 2010) and also was not supported. The authors of that study used computer avatars animated with the movements captured from a real poser, and it was shown that the forward (as expressed by the poser) and backward (time-inverted) presentation of the dynamic adaptors led to an AE of the same size. Our results are in accordance with these data.

In summary, our study did not reveal an adaptation effect to the dynamic change from one expression to another. Taking into account the equal AE to static and dynamic expressions, one can conclude that the differences in the temporal structure of the expressions do not influence the adaptation, and dynamic expression adaptors do not differ from static ones as they change the perception of subsequently presented faces mainly due to emotional content.

Nonetheless, there is another possible explanation of the lack of AE to the dynamic expression change, based on the information summation over time. As in the study by Dubé (1997), there could have been an influence of the difference in the peak expression duration shown to the observers. Indeed, in our experiment, the peak expression in static adaptation was demonstrated during the whole adaptation period. In the adaptation to dynamic expressions with total duration the same as in the static adaptors, part of the exposure time was taken by the ambiguous face, so the total number of frames displaying pure happiness or sadness and therefore their cumulative exposure time were reduced, which could lead to a lower AE size in the dynamic conditions (as in de la Rosa et al., 2013).

To test the influence of the summation over time on the AE, we conducted a second experiment. For adaptors, we used dynamic changes between expressions with the exposure time twice as long as in Experiment 1. The adaptors were identical to each other except for their temporal organization (forward or reversed frames order). If in this case there would be no AE, this would mean that either the adaptation time is still too short, or that in this condition the AE does not depend on temporal summation. On the contrary, the existence of a significant AE would make it possible to conclude that after enough adaptation time, even the availability of information about the full range of the adapted emotions does not prevent a perception bias. We did not replicate the series with static and dynamic expressions, because significant adaptations to them was already shown in Experiment 1.

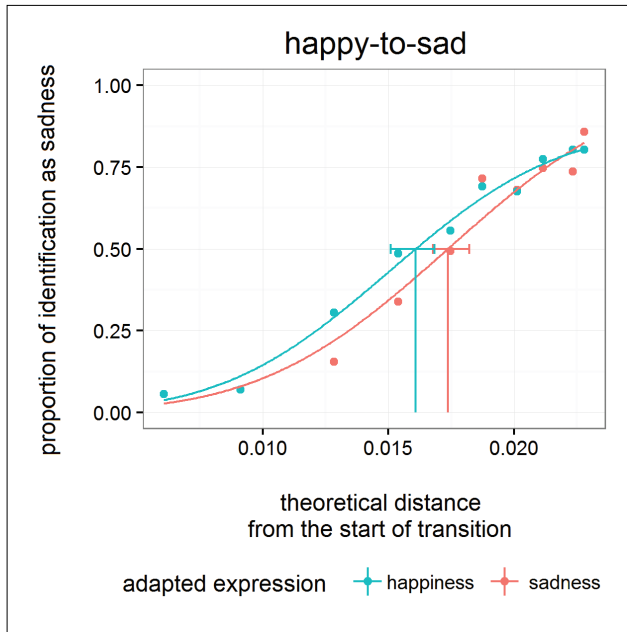
## Experiment 2

### Method

**Hypothesis.** The effect of adaptation to the dynamic change of emotional expression will be revealed when the duration of the adaptor is doubled.

**Design.** The within-group factors were Transition (happy-to-sad or sad-to-happy) and Adapted Expression: (1) first in the transition (inverted in time) or (2) second in the transition (shown in forward direction). The Adaptor Type was always the same: dynamic change between the two expressions. After adaptation to the first expression in the happy-to-sad transition, we expected a perception bias away from happiness, and after adaptation to the second expression, we expected a bias away from sadness. The adaptation to the first expression in the sad-to-happy transition, would bias the perception away from sadness, and adaptation to the second expression — away from happiness.

**Participants.** Nineteen subjects took part in the study (14 females and 5 males, age range 19–52 years, median age 23 years). They belonged to the same population as the participants who took part in Experiment 1 and had normal or corrected-to-normal vision. Their age and sex distribution did not differ from Experiment 1. The results of one participant were excluded from the analysis because she did not report differences between the test stimuli.



**Figure 4.** Proportions of test stimuli identified as sadness in the happy-to-sad transition (Experiment 2). The first adapted expression (happiness) is depicted in blue, and the second adapted expression (sadness) in red. Points are mean proportions for each test stimulus, and curves are fitted psychometrical functions. Vertical lines indicate PSEs, and horizontal lines indicate confidence intervals.

**Stimuli.** The adaptors used in the experiment were dynamic changes from one expression to another. They were comprised of the pairs of dynamic expressions from Experiment 1. The total duration of the resulting dynamic sequences was 10 seconds. The adaptors showed the change of one of the pure emotional expressions to the ambiguous face and then to the other pure emotional expression. The duration of pure happiness and pure sadness in each adaptor was equalized. A full description and examples of the adaptors are provided in Appendix and the online supplementary videos. The test images were the same as in Experiment 1.

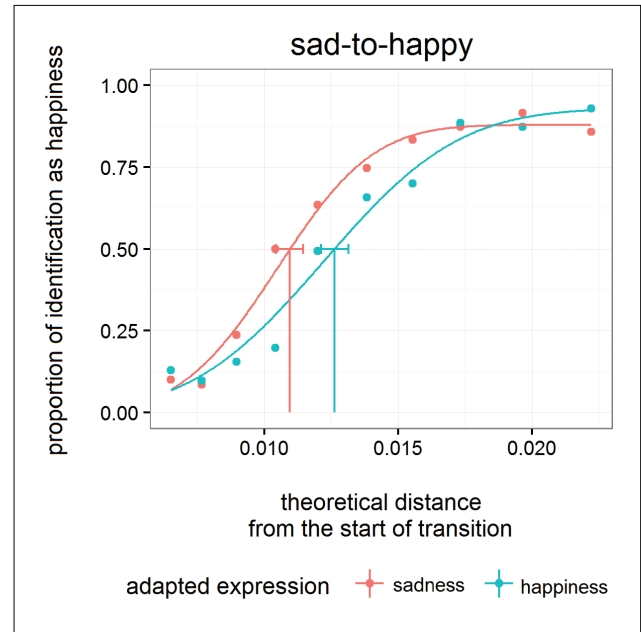
**Apparatus, Procedure and Data analysis** were the same as in Experiment 1.

## Results

Figures 4 and 5 show the group psychometric functions for all test images, each transition and timeline direction. The individual PSE estimates analyzed with ANOVA revealed the significant influence of Adapted Expression ( $F(1, 17) = 6.22; p = .023; \eta_p^2 = .27$ ), but not of the Transition ( $F(1, 17) = 1.33; p = .264; \eta_p^2 = .07$ ) and not of the interaction Adapted Expression  $\times$  Transition ( $F(1, 17) = 0.94; p = .347; \eta_p^2 = .05$ ). Thus, with exposure time prolonged to 10 seconds, the AE to the dynamic changes of expression was observed. As in Experiment 1, the size of the AE did not depend on transition type (from happiness to sadness or vice versa).

## Discussion

Experiment 2 has shown that when the exposure time of the dynamic change of expressions used as the adaptor was doubled, an effect of adaptation indeed occurred. Presumably, the obtained results can be explained mainly by the influence of the last 5 seconds of the adaptors, which



**Figure 5.** Proportions of test stimuli identified as happiness in the sad-to-happy transition (Experiment 2). The first adapted expression (sadness) is depicted in red, and the second adapted expression (happiness) in blue. Points are mean proportions for each test stimulus, and curves are fitted psychometrical functions. Vertical lines indicate PSEs, and horizontal lines indicate confidence intervals.

were equal to the dynamic expressions from Experiment 1. The duration of the peak expression was enough to evoke the AE, and the changes in the perception were probably due to the emotion exposed just before the test image. The influence of the emotion displayed at the beginning of the dynamic adaptor was reduced, and the relative size of the AE revealed in Experiment 2 was somewhat smaller than in the adaptation to static or dynamic expressions in Experiment 1. The comparison of the results of the two experiments allows us to suggest that even with long enough exposure to adaptor, the presence of information about the whole emotional range may reduce the AE. A further increase of the adaptor exposure time would probably enlarge the AE in the case of dynamic expression change. One may expect that, similarly to the size of the AE to spatial face warping or to face identification, it will increase as a logarithm of the adaptor duration and exponentially decrease with the growth of the test exposure time (Leopold, Rhodes, Muller, & Jeffery, 2005; Rhodes, Jeffery, Clifford, & Leopold, 2007). This assumption, however, needs further empirical testing.

## General Discussion

The aim of the present study was to explore the effect of adaptation to dynamic emotional facial expressions. In the two experiments, we tested the hypotheses that not only the emotional content of the adapted expressions, but the features of their dynamics — particularly, the temporal organization of the expression and the duration of the change from one expression into another — influence adaptation. The main result of our study is that the presence of dynamics does not enhance the adaptation effect compared to the static face: the size of the effect is the same in static and dynamic

emotional expression adaptation. The dynamic change between two basic expressions leads to adaptation only when the exposure time is twice as long as the duration of the static or dynamic expressions. The duration of the peak emotion presentation in the latter case is also doubled. The temporal structure of the dynamic face itself does not influence the adaptation. The disagreement between the results of the previous studies on the existence of the AE to dynamic expressions (Curio et al., 2010; Dubé, 1997; de la Rosa et al., 2013) may be due to the differences in peak expression duration. As in our study, neither influence of movement nor that of timeline inversion was previously found.

The equal size of the AE to static and dynamic facial expressions obtained in our study allows us to suggest that the influence of the reduced exposure time of peak emotions could be partially balanced by the perceptual advantage of dynamic expressions over static expressions in emotion recognition (for reviews, see Alves, 2013; Krumhuber, Kappas, & Manstead, 2013). This assumption, though, needs additional testing. One should take into account that the dynamic advantage in expression recognition grows with the greater amount of visual information (the number of expression stages present in a stimulus) in the dynamic face compared to the static one. Also the more effort it takes to recognize a static expression (when it is masked, schematic, presented under noise, or at a shorter time), the larger the advantage of dynamics (Ambadar, Schooler, & Conn, 2005; Fiorentini & Viviani, 2011; Jiang et al., 2014; Kätsyri & Sams, 2008; Matsuzaki & Sato, 2008; Wallraven, Breidt, Cunningham, & Bühlhoff, 2008; Wehrle, Kaiser, Schmidt, & Scherer, 2000). If the same is true for adaptation, one can expect that under constrained conditions perception, the greater amount of information contained in the dynamic adaptors may lead to a more distinct representation of dynamic expression than of a static one, and, therefore, strengthen the adaptation effect.

The lack of influence of temporal structure on adaptation may be balanced by the prolonged exposure of the peak emotions. We chose the adaptors' duration based on the results obtained using static images (Hsu & Young, 2004). In the study with dynamic adaptors by Dubé (1997), the exact durations of the adaptors are not specified, but from the description of the initial video records one can infer that the adaptors were 2.5 to 12 seconds long. Indeed, the shortest of them may be too short to induce an adaptation effect, but in the Dubé's study, no significant effect was observed. In our Experiment 2, we observed adaptation after doubling the adaptors' duration.

Revealing the mechanisms of adaptation may shed some light on the structure and characteristics of the perceptual space of faces and facial expressions. One widely accepted theory suggests that the center of the face space is represented by a prototypical, average face, and all the individual faces or their expressions are perceived as deviations from this central tendency (Valentine, 1991). Particularly, for emotional expressions, the adaptation to, for example, a natural happy expression leads to a perceptual bias towards artificially constructed 'anti-happiness' but does not change the perception of orthogonally placed expressions (Cook et al., 2011). To the question on how we perceive this 'anti-happiness' and whether

it is recognized as sadness, anger, or even a non-emotional expression, different theories give alternative answers. The constructivist approach to emotion (Russell & Fehr, 1987) would place happiness and sadness on opposite sides of a valence dimension and expect higher rates for identification of an expression of sadness after adaptation to happiness, and vice versa. The center of such face space does not seem to represent a particular category and does not induce adaptation (Burton, Jeffery, Calder, & Rhodes, 2015). From the theory of qualitative differences of basic emotions, which cannot be decomposed to underlying dimensions, the adaptation is the result of desensitization of a specific basic emotion detector (Prkachin & Prkachin, 1994), which leads to difficulties in its recognition but does not affect the perception of any other emotion. Recent studies have shown that none of these theories can fully account for the empirical data: the adaptation to facial expressions of sadness, fear, anger or disgust biases perception towards happiness, but the adaptation to surprise could bias perception both towards anger and disgust (Rutherford et al., 2008; Skinner & Benton, 2010). Lately, research has emerged that suggests that the multidimensional representation of emotion does not necessarily include mutually exclusive bipolar organization. For example, one can feel happiness and sadness at the same time (Larsen & McGraw, 2011). Our data does not allow any final conclusion in the discussion on the structure of dynamic expression perceptual space, whether it is based on bipolar axes (positive/negative valence, high/low arousal, etc.) or on qualitatively different basic emotional categories. The clarification of this question needs further research with inclusion of extended set of emotion modalities as adaptors and tests.

The conducted study has several methodological limitations. First, only two emotions expressed by only one model were used as stimuli. This prevents us from generalization to a wider range of emotions and faces. Next, these expressions could be called natural only partially, because they were not the result of a spontaneous emotional display but were performed voluntarily. The question of whether the perception of spontaneous and arbitrary expressions differs is debated rather widely (e.g., Tcherkassof, Bollon, Dubois, Pansu, & Adam, 2007). In particular, the dynamics of spontaneous and posed smiles can differ (Hess & Kleck, 1990), but they are not always differentiated correctly by observers (Hess & Kleck, 1994). Among the relevant characteristics that help to recognize a fake smile is the speed of its onset and offset (Krumhuber & Kappas, 2005; Schmidt, Ambadar, Cohn, & Reed, 2006). At the same time, both spontaneous and posed expressions are asymmetrical with a tendency to higher activation of the left-side muscles (Borod, Koff, & White, 1983; Schmidt et al., 2006). Further studies comparing adaptation to spontaneous versus posed expressions may reveal additional dynamic characteristics on which observers' decisions are based.

It should also be mentioned that in our study, as well as in the previous works on adaptation, the so-called Hawthorne effect (Wickström & Bendix, 2000) has not been controlled for. It is related to the hypotheses on the real aim of the study that a participant could develop during task performance. Since in our experiments all participants were in equalized conditions and with equal probability could

assume that the aim of the study was to assess the influence of a prolonged adaptor on the test stimuli perception, it seems reasonable to compare different series to each other. Further studies should definitely control for this effect.

The method of using a high-speed video record of a poser's face allowed us to capture the non-linear changes in natural facial expressions with sufficient temporal resolution. This realistic dynamic has been proven to be perceived differently from a linear morphing sequence (Dobs et al., 2014). The non-linearity of a real expression makes it necessary to search for an adequate measure of differences between the consecutive video frames. Obviously, the time from the expression's start cannot be used as such a measure. In case of linear morphing or parametrically described avatars, one can measure the percent of impact of each intense expression onto the final image. To describe differences on a real face, we used theoretical distance measure, the mathematical meaning of which is one minus correlation between two images. It equals zero for two identical images and one for pure white versus pure black pictures (Zhegallo, 2007). This is not the only possible metric: other alternatives include principal components analysis (Calder, Burton, Miller, Young, & Akamatsu, 2001) or wavelet analysis (Lyons, Akamatsu, Kamachi, & Gyoba, 1998). For a quantitative description of a natural dynamic face, it could be useful to track the main facial features in space and time. Also, the use of three-dimensional avatars animated with realistic non-linear dynamics seems to be a promising technique (Dobs et al., 2014).

## Conclusion

To conclude, we summarize the main results of the study. The prolonged exposure of intense facial expressions of happiness and sadness leads to the adaptation effect: the perception of ambiguous expressions is biased away from the adaptor. This phenomenon is equally present in adaptation to static as well as to dynamic expressions. In the case of dynamic change from one expression into another, the adaptation effect occurs only with a doubled adaptor duration. The observed effects are based both on the recalibration of the system of perceptual categories when the range of observed expressions is limited, and on the summation of the information of the facial expression configuration over time. No advantage of dynamic expression over static expression has been found in adaptation, nor did we find any separate mechanism of adaptation to temporal structure of an expression. The results of the study may contribute to the understanding of the mechanisms of perception and identification of a real expressive face of a conversation partner in the situation of communication.

## References

- Adams, W.J., Gray, K.L.H., Garner, M., & Graf, E.W. (2010). High-level face adaptation without awareness. *Psychological Science*, 21(2), 205–210. doi:10.1177/0956797609359508
- Alves, N.T. (2013). Recognition of static and dynamic facial expressions: a study review. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 18(1), 125–130. doi:10.1590/S1413-294X2013000100020
- Ambadar, Z., Schooler, J.W., & Conn, J.F. (2005). Deciphering the enigmatic face: The importance of facial dynamics in interpreting subtle facial expressions. *Psychological Science*, 16(5), 403–410. doi:10.1111/j.0956-7976.2005.01548.x
- Barracough, N.E., Ingham, J., & Page, S.A. (2012). Dynamics of walking adaptation aftereffects induced in static images of walking actors. *Vision Research*, 59, 1–8. doi:10.1016/j.visres.2012.02.011
- Benton, C.P., EtcHELLS, P.J., Porter, G., Clark, A.P., Penton-Voak, I.S., & Nikolov, S.G. (2007). Turning the other cheek: the viewpoint dependence of facial expression after-effects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological sciences* 274, 2131–2137. doi:10.1098/rspb.2007.0473
- Borod, J.C., Koff, E., & White, B. (1983). Facial asymmetry in posed and spontaneous expressions of emotion. *Brain and Cognition*, 2(2), 165–175. doi:10.1016/0278-2626(83)90006-4
- Burton, N., Jeffery, L., Calder, A.J., & Rhodes, G. (2015). How is facial expression coded? *Journal of Vision*, 15(1), 15:1–13. doi:10.1167/15.1.1
- Butler, A., Oruc, I., Fox, C.J., & Barton, J.J. (2008). Factors contributing to the adaptation aftereffects of facial expression. *Brain Research*, 1191, 116–126. doi:10.1016/j.brainres.2007.10.101
- Calder, A.J., Burton, A., Miller, P., Young, A.W., & Akamatsu, S. (2001). A principal component analysis of facial expressions. *Vision Research*, 41(9), 1179–1208. doi:10.1016/S0042-6989(01)00002-5
- Carbon, C.-C., Strobach, T., Langton, S.R.H., Harsányi, G., Leder, H., & Kovács, G. (2007). Adaptation effects of highly familiar faces: Immediate and long lasting. *Memory & Cognition*, 35(8), 1966–1976. doi:10.3758/BF03192929
- Cheal, J.L., Heisz, J.J., Walsh, J.A., Shedden, J.M., & Rutherford, M. (2014). Afterimage induced neural activity during emotional face perception. *Brain Research*, 1549, 11–21. doi:10.1016/j.brainres.2013.12.020
- Clifford, C.W., Webster, M.A., Stanley, G.B., Stocker, A.A., Kohn, A., Sharpee, T.O., & Schwartz, O. (2007). Visual adaptation: Neural, psychological and computational aspects. *Vision Research*, 47(25), 3125–3131. doi:10.1016/j.visres.2007.08.023
- Clifford, C.W., & Rhodes, G. (Eds.). (2005). *Fitting the mind to the world: Adaptation and aftereffects in high-level vision*, Vol. 2. New York: Oxford University Press.
- Cook, R., Matei, M., & Johnston, A. (2011). Exploring expression space: Adaptation to orthogonal and anti-expressions. *Journal of Vision*, 11(4), 2:1–9. doi:10.1167/11.4.2
- Curio, C., Giese, M.A., Breidt, M., Kleiner, M., & Bühlhoff, H.H. (2010). Recognition of dynamic facial action probed by visual adaptation. In C. Curio, H.H. Bühlhoff, & M.A. Giese (Eds.), *Dynamic faces: Insights from experiments and computation* (pp. 47–65). Cambridge, MA: MIT Press.
- Dickinson, J.E., & Badcock, D.R. (2013). On the hierarchical inheritance of aftereffects in the visual system. *Frontiers in Psychology*, 4, 472:1–15. doi:10.3389/fpsyg.2013.00472
- Dobs, K., Bühlhoff, I., Breidt, M., Vuong, Q.C., Curio, C., & Schultz, J. (2014). Quantifying human sensitivity to spatio-temporal information in dynamic faces. *Vision Research*, 100, 78–87. doi:10.1016/j.visres.2014.04.009
- Dubé, S.P. (1997). *Visual bases for the perception of facial expressions: A look at some dynamic aspects*. Unpublished doctoral dissertation, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada.
- Ekman, P. (1993). *Pictures of facial affect*. Oakland, CA: Paul Ekman.
- Fiorentini, C., & Viviani, P. (2011). Is there a dynamic advantage for facial expressions? *Journal of Vision*, 11(3), 17:1–15. doi:10.1167/11.3.17
- Fox, C.J., & Barton, J.J.S. (2007). What is adapted in face adaptation? The neural representations of expression in the human visual system. *Brain Research*, 1127(1), 80–89. doi:10.1016/j.brainres.2006.09.104
- Fox, C.J., Oruc, I., & Barton, J.J.S. (2008). It doesn't matter how you feel. The facial identity aftereffect is invariant to changes



- in facial expression. *Journal of Vision*, 8(3), 11:1–13. doi:10.1167/8.3.11
- Hess, U., & Kleck, R.E. (1990). Differentiating emotion elicited and deliberate emotional facial expressions. *European Journal of Social Psychology*, 20(5), 369–385. doi:10.1002/ejsp.2420200502
- Hess, U., & Kleck, R.E. (1994). The cues decoders use in attempting to differentiate emotion-elicited and posed facial expressions. *European Journal of Social Psychology*, 24(3), 367–381. doi:10.1002/ejsp.2420240306
- Hsu, S., & Young, A.W. (2004). Adaptation effects in facial expression recognition. *Visual Cognition*, 11(7), 871–899. doi:10.1080/13506280444000030
- Irtel, H. (2007). PXLab: The psychological experiments laboratory [online]. Version 2.1.11. Mannheim (Germany): University of Mannheim. Retrieved from <http://www.pxlab.de/>
- Jiang, Z., Li, W., Recio, G., Liu, Y., Luo, W., Zhang, D., & Sun, D. (2014). Time pressure inhibits dynamic advantage in the classification of facial expressions of emotion. *PLoS ONE*, 9(6), e100162 :1-7. doi:10.1371/journal.pone.0100162
- Kätysyi, J., & Sams, M. (2008). The effect of dynamics on identifying basic emotions from synthetic and natural faces. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(4), 233–242. doi:10.1016/j.ijhcs.2007.10.001
- Krumhuber, E., & Kappas, A. (2005). Moving smiles: The role of dynamic components for the perception of the genuineness of smiles. *Journal of Nonverbal Behavior*, 29(1), 3–24. doi:10.1007/s10919-004-0887-x
- Krumhuber, E.G., Kappas, A., & Manstead, A.S.R. (2013). Effects of dynamic aspects of facial expressions: A review. *Emotion Review*, 5(1), 41–46. doi:10.1177/1754073912451349
- Larsen, J.T., & McGraw, A.P. (2011). Further evidence for mixed emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 100(6), 1095–1110. doi:10.1037/a0021846
- Leopold, D.A., O'Toole, A.J., Vetter, T., & Blanz, V. (2001). Prototype-referenced shape encoding revealed by high-level aftereffects. *Nature Neuroscience*, 4(1), 89–94. doi:10.1038/82947
- Leopold, D.A., Rhodes, G., Muller, K.-M., & Jeffery, L. (2005). The dynamics of visual adaptation to faces. *Proceedings of the Royal Society B: Biological sciences*, 272(1566), 897–904. doi:10.1098/rspb.2004.3022
- Linares, D., & Lopez-Moliner, J. (2015). quickpsy: Fits psychometric functions for multiple groups. R package version 0.1.0. Retrieved from <http://cran.r-project.org/package=quickpsy>
- Lyons, M., Akamatsu, S., Kamachi, M., & Gyoba, J. (1998). Coding facial expressions with Gabor wavelets. In *Proceedings of the Third IEEE International conference on automatic face and gesture recognition* (pp. 200–205). IEEE Comput. Soc. doi:10.1109/AFGR.1998.670949
- Matsumiya, K. (2013). Seeing a haptically explored face: Visual facial-expression aftereffect from haptic adaptation to a face. *Psychological Science*, 24(10), 2088–2098. doi:10.1177/0956797613486981
- Matsuzaki, N., & Sato, T. (2008). The perception of facial expressions from two-frame apparent motion. *Perception*, 37(10), 1560–1568. doi:10.1068/p5769
- Prkachin, G.C., & Prkachin, K.M. (1994). Adaptation to facial expressions of emotion. *Cognition & Emotion*, 8(1), 55–64. doi:10.1080/02699939408408928
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. Retrieved from <http://www.r-project.org/>.
- Reinl, M., & Bartels, A. (2014). Face processing regions are sensitive to distinct aspects of temporal sequence in facial dynamics. *NeuroImage*, 102, 407–415. doi:10.1016/j.neuroimage.2014.08.011
- Reinl, M., & Bartels, A. (2015). Perception of temporal asymmetries in dynamic facial expressions. *Frontiers in Psychology*, 6, 1107:1–8. doi:10.3389/fpsyg.2015.01107
- Rhodes, G., Jeffery, L., Clifford, C.W.G., & Leopold, D.A. (2007). The timecourse of higher-level face aftereffects. *Vision Research*, 47(17), 2291–2296. doi:10.1016/j.visres.2007.05.012
- Rhodes, G., & Leopold, D.A. (2011). Adaptive norm-based coding of face identity. In A.J. Calder, G. Rhodes, M.H. Johnson, & J.V. Haxby (Eds.), *The Oxford handbook of face perception* (pp. 263–286). Oxford: Oxford University Press. doi:10.1093/oxfordhb/9780199559053.013.0014
- de la Rosa, S., Giese, M., Bulthoff, H.H., & Curio, C. (2013). The contribution of different cues of facial movement to the emotional facial expression adaptation aftereffect. *Journal of Vision*, 13(1), 23:1–15. doi:10.1167/13.1.23
- Russell, J.A., & Fehr, B. (1987). Relativity in the perception of emotion in facial expressions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116(3), 223–237. doi:10.1037/0096-3445.116.3.223
- Rutherford, M.D., Chattha, H.M., & Krysko, K.M. (2008). The use of aftereffects in the study of relationships among emotion categories. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(1), 27–40. doi:10.1037/0096-1523.34.1.27
- Schmidt, K.L., Ambadar, Z., Cohn, J.F., & Reed, L.I. (2006). Movement differences between deliberate and spontaneous facial expressions: Zygomaticus major action in smiling. *Journal of Nonverbal Behavior*, 30(1), 37–52. doi:10.1007/s10919-005-0003-x
- Shin, K., Stolte, M., & Chong, S.C. (2009). The effect of spatial attention on invisible stimuli. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71(7), 1507–1513. doi:10.3758/APP.71.7.1507
- Skinner, A.L., & Benton, C.P. (2010). Anti-expression aftereffects reveal prototype-referenced coding of facial expressions. *Psychological Science*, 21(9), 1248–1253. doi:10.1177/0956797610380702
- Stein, T., & Sterzer, P. (2011). High-level face shape adaptation depends on visual awareness: Evidence from continuous flash suppression. *Journal of Vision*, 11(8), 5:1–14. doi:10.1167/11.8.5
- Storrs, K.R. (2015). Are high-level aftereffects perceptual? *Frontiers in Psychology*, 6, 157: 1–4. doi:10.3389/fpsyg.2015.00157
- Tcherkassof, A., Bollon, T., Dubois, M., Pansu, P., & Adam, J.-M. (2007). Facial expressions of emotions: a methodological contribution to the study of spontaneous and dynamic emotional faces. *European Journal of Social Psychology*, 37(6), 1325–1345. doi:10.1002/ejsp.427
- Uznadze, D.N. (2001). *Psikhologiya ustanovki. [The psychology of set.]* Saint Petersburg: Piter. (In Russian).
- Valentine, T. (1991). A unified account of the effects of distinctiveness, inversion, and race in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 43(2), 161–204. doi:10.1080/14640749108400966
- Wallraven, C., Breidt, M., Cunningham, D.W., & Bulthoff, H.H. (2008). Evaluating the perceptual realism of animated facial expressions. *ACM Transactions on Applied Perception*, 4(4), 4: 1–20. doi:10.1145/1278760.1278764
- Webster, M. (2012). Evolving concepts of sensory adaptation. *F1000 Biology Reports*, 4, 21: 1–7. doi:10.3410/B4-21
- Webster, M.A., & MacLeod, D.I.A. (2011). Visual adaptation and face perception. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1571), 1702–1725. doi:10.1098/rstb.2010.0360
- Wehrle, T., Kaiser, S., Schmidt, S., & Scherer, K.R. (2000). Studying the dynamics of emotional expression using synthesized facial muscle movements. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(1), 105–119. doi:10.1037/0022-3514.78.1.105
- Wickström, G., & Bendix, T. (2000). The “Hawthorne effect” — what did the original Hawthorne studies actually show? *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 26(4), 363–367. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40967074>.
- Yang, E., Hong, S.-W., & Blake, R. (2010). Adaptation aftereffects to facial expressions suppressed from visual awareness. *Journal of Vision*, 10(12), 24:1–13. doi:10.1167/10.12.24
- Zhegallo, A.V. (2007). *Identifikatsia emocional'nyh sostoyaniy litsa cheloveka v mikrointeravalah vremeni. [Identification of emotional states of a human face during microintervals of time.]* Unpublished doctoral dissertation, IPRAS. (In Russian).

## Appendix. Stimuli Description

To prepare the stimuli, we used video records of a female model (age 47 years, Caucasian), familiar with the Facial Expression Coding System – FACS (Ekman, 1993). She was asked to express one of the basic emotions on her face and after that to switch to another basic expression. Specifically, the model expressed transitions from happiness to sadness and from sadness to happiness. Before and during the filming, she could look at the FACS images of basic expressions and read their verbal descriptions. Video images of her face were captured with a Fujitsu video camera (120 Hz). During the filming, we controlled for extensive head motion and blinking. After the filming, the obtained records were corrected for brightness, gamma and rotation.

Fragments of 1-second duration were chosen from each transition. This time was enough for the model to express a natural-looking transition between the basic emotions. The first and last frames of each video fragment depicted intense happiness or sadness, and the intermediate frames depicted the transition between them. Unlike Dubé (1997), we did not ask our model to fixate the neutral expression on her face; therefore, the transitions did not include the neutral phase but represented ambiguous mixed expressions that are difficult to categorize. Figures A1 and A2 show the first and the last frame in each transition labelled with the letters A and B, respectively. Theoretical distances between the first frame of the transitions and each

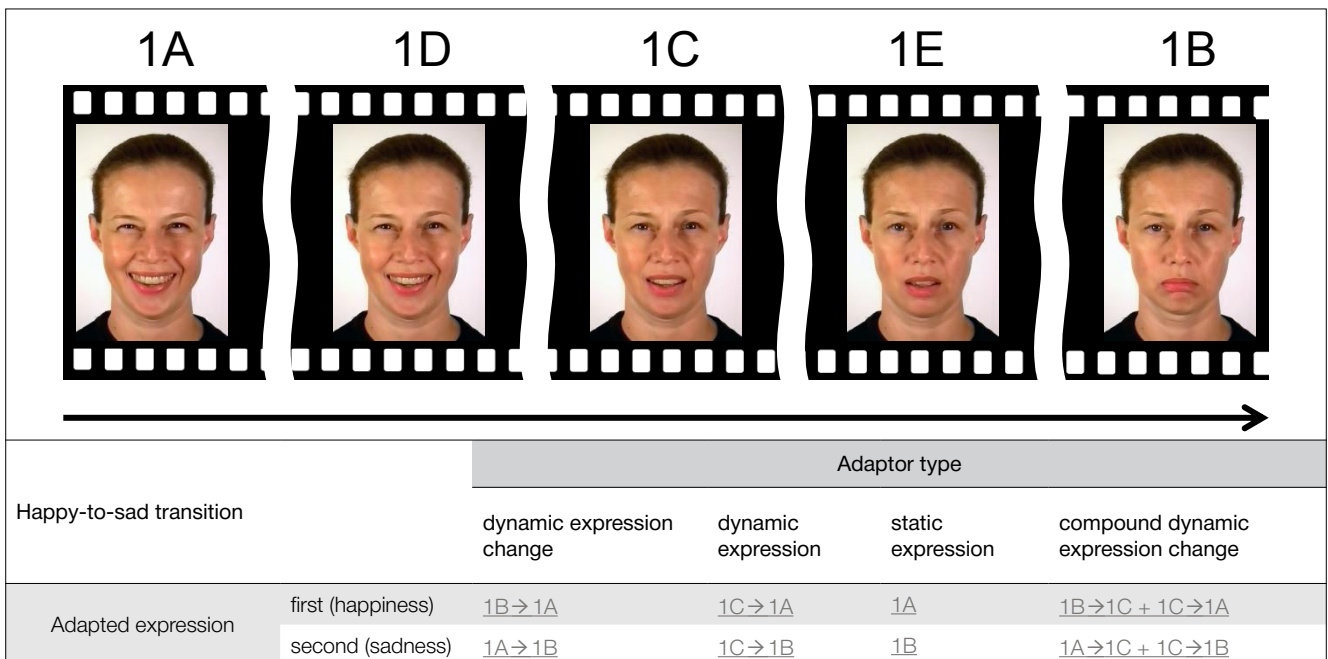


Figure A1. Happy-to-sad transition and different adaptor types.

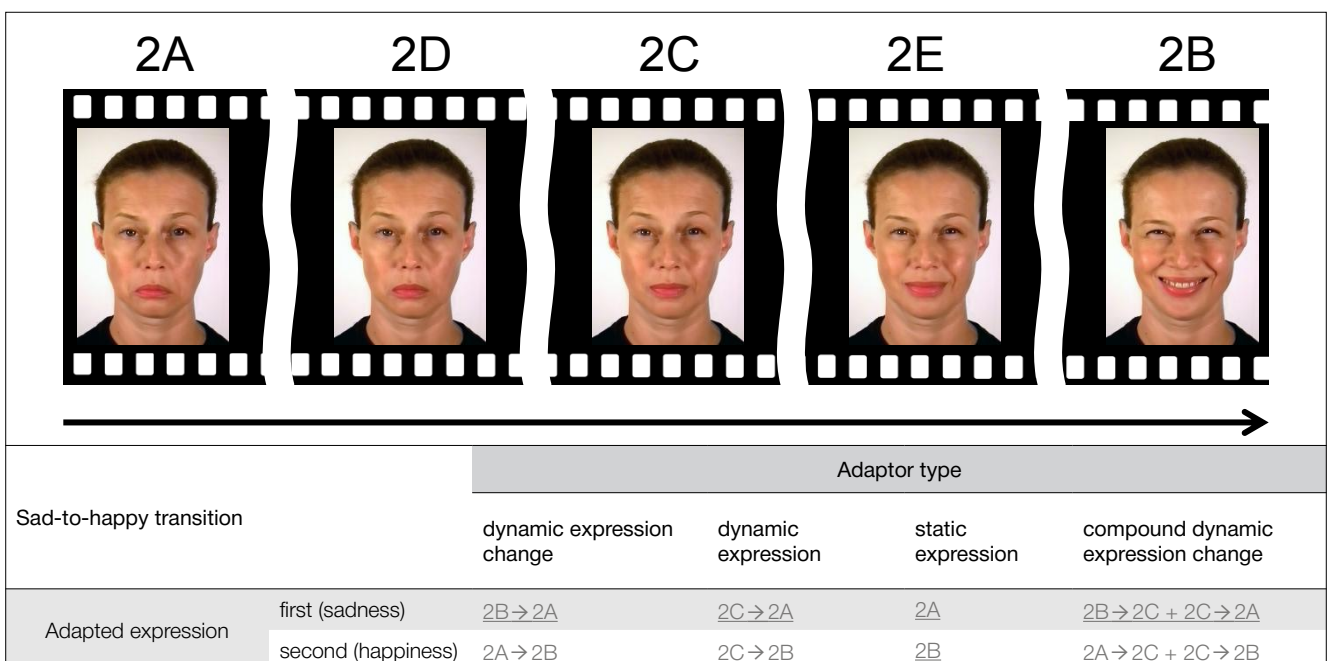


Figure A2. Sad-to-happy transition and different adaptor types.

of the other frames were estimated as one minus dot product of the two normalized vectors comprised of colors of each pixel of the images (Zhegallo, 2007). This measure allowed us to parametrically describe the differences between images regardless of their content. Theoretical distance would be zero between two equal images, and one between white and black images. Theoretical distances were used to estimate physical differences between the stimuli and to fit the psychometric functions. In different transitions, the maximal theoretical distance from the first to the last frame varied: in the happy-to-sad transition it equaled .033, and in the sad-to-happy transition it equaled .053.

Based on the video records, we constructed static and dynamic stimuli. For Experiment 1, three types of adaptors were prepared.

### 1. Dynamic changes of basic emotional expressions.

This type of adaptor included the frame sequences  $A \rightarrow B$  or their inversion in time:  $B \rightarrow A$  (see Figures A1 and A2), where A is the first frame in video record, and B is the last frame (the arrows mark the direction of frame sequence shown to the participants). The sadness  $\rightarrow$  happiness adaptor exposed in the forward direction ( $2A \rightarrow 2B$ ) is not exactly the same sequence as the happiness  $\rightarrow$  sadness adaptor exposed in the reversed direction ( $1B \rightarrow 1A$ ), because they belonged to different video records. The speed of the dynamic changes of expression was reduced from the initial 120 frames per second (fps) to 24 fps to ensure equal presentation time of all adaptor types (five seconds).

**2. Dynamic expressions.** To obtain dynamic expressions, the full video records were divided into two parts:  $C \rightarrow B$  (with the normal frame order) and  $C \rightarrow A$  (with reversed frame order). We estimated the position of the frame C based on the results of a pilot study. In each transition, this was the image categorized as happiness and as sadness with equal probability in the two-alternative forced choice task after adaptation to static expressions (responses were averaged between the two adaptors). Dynamic expressions therefore always started from an ambiguous face and ended with intense happiness or sadness. The position of the frame C (cut point) was not in the middle of the transition, and the number of frames was different in each dynamic expression. In the happy-to-sad transition, the  $C \rightarrow A$  part included 31 frames and the  $C \rightarrow B$  part included 91 frames. In the sad-to-happy transition, the  $C \rightarrow A$  part included 41 frames and

the  $C \rightarrow B$  part included 81 frames. The frame C was included in both parts. In both transitions, the second expression took longer to depict than the first one, and the dynamics were highly non-linear. The frame rate in each part was different, but the exposure time was the same (five seconds).

**3. Static expressions.** Static adaptors were A and B images: the first and the last frame in each video record. Their exposure time was also five seconds. Earlier studies have shown that the adaptation for five seconds is enough to reveal a significant effect on static expressions, and that a shorter duration would lead to AE reduction (Hsu & Young, 2004). We used this time for both static and dynamic adaptors; therefore, the dynamic expressions and dynamic changes of expression were presented with reduced speed.

For Experiment 2, we constructed adaptors that comprised pairs of the dynamic expressions used in Experiment 1.

### 4. Compound dynamic changes of expression.

Dynamic sequences included the fragments  $A \rightarrow C$  and  $C \rightarrow B$  (adaptors with normal frame order), and  $B \rightarrow C$  and  $C \rightarrow A$  (adaptors with reversed frame order). The resulting stimuli included pairs of dynamic expressions of equal duration: the first expression changed to an ambiguous face during the first five seconds, and the second expression emerged from the ambiguous face during the next five seconds. Each adaptor therefore lasted 10 seconds. The natural speed of the model's expressions was thus reduced to different extents during different parts of the adaptors.

Test objects in both experiments were 10 static frames from the middle of each transition. In the original video record they were separated by 40 ms (each third frame). Their range was selected based on the results of the pilot experiment and included the images mainly categorized as happiness and images mainly categorized as sadness. Theoretical distances from the start of the transitions to the test stimuli in the happy-to-sad transitions were .0061 – .023 and in the sad-to-happy transition were .0065 – .022. The test stimuli from each transition looked different: in particular, the stimuli from happy-to-sad transitions presented the expressions with the open mouth, and the stimuli from the sad-to-happy transitions featured expressions with the mouth closed. In Figures A1 and A2, the first and last test stimuli are labelled with the letters D and E, respectively.

**■ экспериментальные сообщения ■**

# Роль динамики в зрительной адаптации к эмоциональным экспрессиям лица

**Ольга Александровна Королькова**

Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия;  
Московский институт психоанализа, Москва, Россия

**Аннотация.** Эффект адаптации к эмоциональной экспрессии лица человека состоит в том, что продолжительное рассматривание адаптора — лица, выражающего сильную базовую эмоцию, влияет на восприятие экспрессии лица, предъявленного вслед за адаптором. Оно реже категоризируется как эмоция-адаптор. Ранее исследования этого эффекта преимущественно проводились на материале статических фотоизображений экспрессий. Мы провели два эксперимента с целью изучить особенности адаптации к динамическим экспрессиям лица. Для эксперимента 1 на основе видеозаписей лица натурщицы, демонстрирующей переходы между экспрессиями радости и печали, были созданы три типа адапторов, каждый продолжительностью пять секунд: статические экспрессии, динамические экспрессии и динамические смены одной экспрессии на другую. Ожидался сдвиг оценок в направлении от эмоции, которая содержалась в статическом адапторе или которой заканчивался динамический адаптор. Результаты показали, что статические и динамические экспрессии вызывают эффекты адаптации равной величины, а адаптации к динамической смене экспрессий не происходит. В эксперименте 2 проверялась гипотеза о том, что эффект адаптации будет наблюдаться при двукратном увеличении продолжительности экспозиции адаптора — динамической смены экспрессий (10 секунд). Полученные результаты подтвердили данную гипотезу. Основной вывод исследования: подтверждено наличие адаптации к эмоциональному содержанию выражения лица; адаптации к временной структуре экспрессии не выявлено.

**Контактная информация:** Ольга Александровна Королькова, [olga.kurakova@gmail.com](mailto:olga.kurakova@gmail.com), 123390 Москва, Шелепихинская наб., д. 2а, Центр экспериментальной психологии МГППУ.

**Ключевые слова:** лицо, эмоции, восприятие лица, лицевая экспрессия, динамическая экспрессия лица, эффект адаптации, перцептивная адаптация

© 2015 Ольга Александровна Королькова. 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.

Предварительные результаты данного исследования обсуждались и были опубликованы в материалах Третьей конференции «Когнитивная наука в Москве: новые исследования» (16 июня 2015 г., Москва, ИП РАН) и на 38-й Европейской конференции по зрительному восприятию — ECVP’15 (23–27 августа 2015 г., Ливерпуль, Великобритания).

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ, проект № 15-36-01281а2 «Структура восприятия динамических экспрессий лица». Автор выражает благодарность двум анонимным рецензентам за их ценные и конструктивные комментарии к ранним версиям данной статьи.

Статья поступила в редакцию 21 ноября 2015 г. Принята в печать 26 декабря 2015 г.

## Введение

Одним из свойств зрительного восприятия является его контекстная обусловленность, состоящая в том, что распознавание и категоризация объектов могут меняться под воздействием дополнительной информации. Частным случаем проявления контекстного характера восприятия выступает эффект адаптации (далее — ЭА): влияние продолжительной экспозиции адаптора, или установочного стимула, приводящее к временному изменению восприятия следующих за ним объектов. При этом действует своего рода перцептивная установка, ранее неоднократно продемонстрированная на материале различных модальностей (см.: Узнадзе, 2001). В отличие от некоторых видов положительного прайминга, связанных с повышением точности распознавания после короткой (и зачастую неосознаваемой) экспозиции представителя той же категории, длительная адаптация смещает оценки наблюдателя в сторону от адаптора и позволяет выявить малейшие отклонения характеристик следующего воспринимаемого объекта от характеристик самого адаптора. Эффекты адаптации проявляются на разных уровнях переработки информации, начиная с сенсорного и заканчивая категоризацией и принятием решений (Clifford et al., 2007; Dickinson, Badcock, 2013; Fitting the Mind to the World, 2005; Storrs, 2015; Webster, 2012). Они обеспечивают сохранение константности восприятия внешнего мира, которое достигается путем непрерывной «перекалибровки» восприятия и его подстройки к изменяющимся условиям среды (Fitting the Mind to the World, 2005).

В частности, подобный эффект адаптации наблюдается при узнавании лица человека и восприятии его выражения (Leopold et al., 2001; Rhodes, Leopold, 2011; Webster, MacLeod, 2011). Экспериментальная процедура выявления эффекта адаптации к экспрессии лица обычно выглядит следующим образом. Наблюдателю в течение достаточно продолжительного времени (порядка нескольких секунд) демонстрируется изображение лица, выражающего некоторую легко распознаваемую эмоцию. Затем быстро предъявляется другое лицо, однозначно определить выражение которого сложно. Наблюдателю предлагается в форме альтернативного выбора дать ответ, какая эмоция была выражена на втором лице. Эффект адаптации проявляется в случае, если второе лицо реже категоризируется как выражающее ту же эмоцию, что и первое. В исследованиях, использующих данную задачу, было показано, что длительная экспозиция тех или иных эмоциональных экспрессий действительно приводит к уменьшению чувствительности наблюдателя к проявлениям экспонированной эмоции и повышению готовности воспринять другие эмоции (Butler et al., 2008; Carbon et al., 2007; Cheal et al., 2014; Cook et al., 2011; de la Rosa et al., 2013; и др.). Интенсивные исследования этого феномена, проводящиеся в последнее время, позволяют обобщить основные результаты, полученные на сегодняшний день.

В эффект адаптации к лицу вносят вклад как низкоуровневые сенсорные процессы, не требующие

осознанного восприятия зрительного материала, так и высокоуровневые — формирование образа лица в сознании наблюдателя и его категоризация. Предположительно, механизмы сенсорной адаптации (также известной как эффект последствия) связаны с работой ранних стадий зрительного анализатора, на которых происходит раздельная переработка информации от каждого глаза. Это подтверждается данными о том, что полное подавление осознаваемого восприятия лица в условиях бинокулярного соревнования, разрушающего высокоуровневую обработку зрительной информации намного сильнее, чем низкоуровневую, приводит к тому, что значительно более слабый ЭА к искажению формы лица регистрируется только при совпадении сетчаточного образа установочного и тестового изображений (Stein, Sterzer, 2011). Но если лицо, экспонируемое в таких условиях, хотя бы минимально представлено в сознании, либо если внимание наблюдателя направлено на то место, где ожидается появление лица, ЭА к форме лица, полу натурщика или эмоциональной экспрессии частично сохраняется даже при изменении размеров тест-объекта относительно адаптора или при его экспозиции на противоположный глаз (Adams et al., 2010; Shin et al., 2009; Yang et al., 2010).

Наличие высокоуровневой адаптации подтверждается данными о переносе эффекта между лицами разных людей, разными ракурсами их экспозиции и даже разными модальностями. Величина эффекта при этом может снижаться. Так, она максимальна, если тестовое и установочное изображения принадлежат одному натурщику (Fox, Barton, 2007). Частичный перенос эффекта на лица других натурщиков не зависит от их пола, при этом величина относительного ЭА — различие оценок тест-объекта при адаптации к одной экспрессии по сравнению с адаптацией к другой — уменьшается более чем вдвое. Обратного влияния не происходит: ЭА при опознании натурщиков не зависит от выражаемых ими экспрессий (Fox et al., 2008). При двукратном увеличении линейных размеров адаптора по сравнению с тестовым изображением или при изменении ракурса демонстрируемого лица ЭА сохраняется (Benton et al., 2007; Hsu, Young, 2004). Если в качестве адаптора используется слово, обозначающее эмоцию, или предъявляемая на слух экспрессивная речь на незнакомом языке, адаптации не наблюдается (Fox, Barton, 2007). При этом перенос с гаптической модальности на зрительную возможен (Matsumiya, 2013).

На проявления эффекта адаптации могут влиять и другие факторы, такие как степень реалистичности лица и наличие целостной конфигурации. Показано, что для полноцветных фотоизображений экспрессий относительный ЭА составляет около 45%. Он оценивался как различие в частоте категоризации переходных изображений-морфов как одной из эмоций после адаптации к одной из них либо к другой. При использовании высококонтрастных черно-белых лиц относительный ЭА уменьшается до 25%, а на схематических экспрессиях, представленных набором линий и точек, не превышает 10% (Butler et al., 2008). Если же эти линии и точки перемешать так, что они перестанут формировать характерный лицевой паттерн и не будут по-

хожи на черты лица, то ЭА полностью нивелируется. ЭА к перемешанным частям черно-белого лица частично сохраняется.

Увеличение времени экспозиции адаптора приводит к тому, что сила ЭА возрастает (Hsu, Young, 2004). При 5-секундной длительности адаптора (экспрессии радости, страха либо печали) и 50-миллисекундной экспозиции тест-объекта (линейного компьютерного «морфа», который получается путем смещения в различной пропорции изображений одной из этих экспрессий и нейтрального лица), ЭА возникает как при достаточно коротком межстимульном интервале (100 мс), так и при его увеличении до одной секунды. Однако при снижении времени экспозиции адаптора до 500 мс ЭА исчезает. Влияние времени экспозиции на силу ЭА объясняется скорее низкоуровневыми механизмами. При этом наблюдается тенденция к более точному распознаванию морфов «радости» при адаптации к прототипу «печали», но не к «страху», и морфов «печали» — при адаптации к «радости», что может являться свидетельством реципрокности этих двух экспрессий в перцептивном пространстве (Russell, Fehr, 1987; Valentine, 1991).

Рассмотренные закономерности относятся преимущественно к эффекту адаптации к статическим изображениям экспрессий. Несмотря на то, что в последние годы намечается тенденция к повышению экологической валидности лабораторных исследований восприятия лица, в частности проводится анализ роли движения в восприятии лицевых экспрессий, проявления эффекта адаптации к лицу в движении изучены еще недостаточно. На сегодняшний день лишь отдельные исследования были посвящены данному вопросу, и их результаты неоднозначны. В одном из ранних исследований (Dubé, 1997) адапторы были основаны на видеозаписи натурщиков, выражающих одну из базовых эмоций, которая затем сменялась нейтральным выражением лица, после чего переходила в другую базовую эмоцию. Каждый адаптор включал половину такой видеозаписи: переход от спокойного лица к одной из двух ярко выраженных эмоций, который мог демонстрироваться как с прямым порядком кадров, так и с инвертированным во времени. Оценивались ЭА к динамическим переходам между спокойным лицом и сильной радостью либо печалью, а также к статическим изображениям этих же сильных экспрессий. Время экспозиции статических и динамических адапторов уравнивалось. Тест-объектами служили статические амбивалентные переходные изображения, полученные путем морфинга статических адапторов. Было показано, что адаптация к статическим экспрессиям действительно влияет на категоризацию и оценку интенсивности последующих экспонируемых морфов, что согласуется с результатами других работ. Однако в случае динамических адапторов ЭА полностью отсутствовал. Более поздние исследования, проведенные с использованием искусственных динамических стимулов, показали, что при адаптации к анимированным компьютерным «аватарам» только совокупность внутренних изменений на лице, представляющих движения мимических мышц, и движений головы, характерных для той или иной эмоциональной экспрессии

(поворот, наклон и т. д.), но не каждый тип движения сам по себе, может вызывать ЭА (de la Rosa et al., 2013; Curio et al., 2010). Рассогласования результатов разных работ требуют дальнейшего исследования этого вопроса. Отличается ли адаптация к динамической экспрессии от адаптации к статическому лицу, или в их основе лежат единые механизмы?

Источником гипотез о механизмах адаптации к динамическим экспрессиям может служить еще одна область, в которой наблюдается подобный эффект — исследования биологического движения. Показано, что одним из факторов, вызывающих ЭА к изображению идущего человека, является направление его движения (Barraclough et al., 2012). Рассматривая движение лица как частный вид биологического движения, можно предположить, что направление, или временная организация процесса смены одной экспрессии на другую, также может служить особым типом адаптора, который не сводится к эмоциональному содержанию экспрессий. Недавние исследования с использованием метода фМРТ показали, что можно дифференцировать активацию структур мозга, связанных с восприятием естественного направления и скорости мимических изменений; активация, которая наблюдается при восприятии естественного увеличения или уменьшения интенсивности эмоциональных экспрессий, отличается от активации, полученной при временной инверсии тех же динамических экспрессий (Reinl, Bartels, 2014; 2015). Инвертированные экспрессии при этом субъективно оцениваются как неестественные.

В настоящем исследовании была поставлена задача изучить возможные механизмы эффекта адаптации к динамическим выражениям лица. Мы предположили, что помимо адаптации к эмоциональному содержанию экспрессии может существовать отдельный механизм адаптации к ее временной структуре. Действительно, в процессе реального общения направление, в котором меняется выражение лица коммуниканта, может нести значимую информацию само по себе и, вероятно, может влиять на субъективное впечатление, возникающее у наблюдателя. Если это так, то длительное наблюдение экспрессии лица в динамике активировать оба эти механизма, тогда как статическая экспрессия — только связанный с содержанием. Чтобы разделить их влияние, предлагается использовать три типа адапторов: 1) вызывающие ЭА как к содержанию, так и к изменению экспрессии; 2) вызывающие ЭА только к содержанию экспрессии; 3) вызывающие ЭА только к изменению экспрессии. В качестве адапторов первого типа могут быть использованы динамические лица, в которых происходит изменение экспрессии от неоднозначного, амбивалентного лица к одной из двух сильно выраженных эмоций. Вторым типом адапторов могут служить две различные статические сильно выраженные эмоции. Третий тип должен содержать различия в динамике, не вызывая адаптации к содержанию. Это возможно при условии экспозиции динамического диапазона выражений лица, в который входят обе сильно выраженные эмоции (перехода между эмоциями — прямого и инвертированного во времени). Чтобы во всех трех случаях уравнивать сенсорные эффекты последствия, использовались экспрессии

лица одного и того же человека, в одном и том же ракурсе и размере, цветные, высокого качества, а время их экспозиции уравнивалось.

Были проведены два эксперимента, в первом из которых нас интересовало, как влияет динамика экспрессии на проявление ЭА. Во втором эксперименте, проведенном по результатам первого, изучалась роль продолжительности экспозиции динамического адаптора. За основу обоих экспериментов была взята процедура изучения адаптации, описанная в работе, проведенной на статических экспрессиях (Hsu, Young, 2004). В качестве модальностей экспрессий-адапторов выбраны радость и печаль: независимо от теоретических позиций исследователей, в статических условиях на этой паре эмоций ЭА стабильно проявляется (Dubé, 1997; Hsu, Young, 2004; Rutherford et al., 2008; и др.).

## Эксперимент 1

### Метод исследования

**Гипотеза.** При экспозиции статических и динамических экспрессий базовых эмоций радости либо печали и динамической смены этих экспрессий наблюдается эффект адаптации, изменяющий восприятие смешанных, амбивалентных выражений лица. При этом сила эффекта может зависеть от типа адаптора и качественных особенностей естественных выражений лица.

**Дизайн эксперимента.** Адапторы варьировались по полному факторному плану: 3 (межгрупп.) × 2 (внутригрупп.) × 2 (внутригрупп.).

Межгрупповым фактором выступал *тип адаптора*: (1) статическая экспрессия; (2) динамическая экспрессия; (3) динамическая смена экспрессий (см. Приложение). Первый внутригрупповой фактор — выраженный натурщицей *переход*, на основе которого создавался стимульный материал (см. Приложение): (1) «радость–печаль»; (2) «печаль–радость». Второй внутригрупповой фактор — *экспрессия-адаптор*: (1) первая либо (2) вторая в переходе.

При статическом типе адаптора первая экспрессия представляла начальный кадр исходного видеофрагмента, а вторая экспрессия — конечный кадр. Они отличались только содержанием и выражали сильную радость или печаль. Первой экспрессией из перехода «радость–печаль» являлась радость, после ее экспозиции ожидалось, что тестовое амбивалентное изображение будет реже распознаваться как радость, чем при адаптации ко второй экспрессии в переходе. Второй экспрессией из того же перехода являлась печаль, ожидалось, что тест-объект будет в данном случае реже распознаваться как печаль. Аналогичным образом для перехода «печаль–радость» первая экспрессия (печаль) смещала бы оценки в сторону от печали, а вторая экспрессия (радость) — в сторону от радости.

Для адапторов — динамических экспрессий первая экспрессия-адаптор была инвертирована во времени относительно исходной видеозаписи, а вторая экспрессия-адаптор сохраняла исходный порядок кадров. Первая экспрессия из перехода «радость–печаль» представляла собой изменение выражения лица

с амбивалентного на сильно выраженную радость, что, согласно гипотезе, приводит к смещению оценок последующего тест-объекта в сторону от радости. Вторая экспрессия из того же перехода — изменение амбивалентного лица на сильную печаль — предположительно, смещает оценки в сторону от печали. Первая экспрессия из перехода «печаль–радость» (амбивалентное выражение, переходящее в печаль) смещала бы оценки от печали, а вторая (амбивалентное выражение, переходящее в радость) — от радости. Таким образом, первая и вторая экспрессии отличались между собой как временной структурой, так и содержанием.

В случае динамической смены экспрессий первая экспрессия-адаптор являлась изменением выражения лица по направлению от последнего кадра исходного видеофрагмента к первому и была, таким образом, инвертирована во времени относительно того, как ее выражала натурщица. Инверсия не меняла эмоционального содержания адаптора, но меняла его временную структуру. Для перехода «радость–печаль» она выглядела как смена сильно выраженной печали на сильно выраженную радость. Ожидалось, что адаптация к ней вызовет смещение оценок тестовых изображений в сторону от радости. Вторая экспрессия-адаптор представляла изменение выражения лица по направлению от первого кадра к последнему кадру видеофрагмента, а временная структура исходной видеозаписи сохранялась. Адаптация ко второй экспрессии в переходе «радость–печаль», выглядевшей как смена радости на печаль, предположительно смещает оценки тех же тестовых изображений в сторону от печали. Соответственно, первая экспрессия из перехода «печаль–радость» (динамическая смена радости на печаль) смещала бы оценки в сторону от печали, а вторая (динамическая смена печали на радость) — от радости.

Тестовыми изображениями, которые оценивали участники эксперимента, служили по 10 промежуточных кадров, отобранных из каждого видеофрагмента. Тестовые изображения всегда были статическими. Каждый тест-объект экспонировался в паре с адапторами из того же перехода. Были рассчитаны теоретические дистанции от начала перехода до каждого из тест-объектов (см. Приложение).

**Испытуемые.** В исследовании участвовали 64 человека (45 женщин, 19 мужчин; возраст 18–49 лет, медиана — 24 года) с нормальным или скорректированным до нормального зрением. Испытуемые случайным образом распределялись по трем сериям: (1) статические экспрессии ( $n = 22$ ); (2) динамические экспрессии ( $n = 21$ ) и (3) динамические смены экспрессий ( $n = 21$ ). Для трех испытуемых оценки первого и последнего тестовых изображений экспрессий не отличались (все лица воспринимались как одинаковые), в связи с чем их данные были исключены из дальнейшего анализа, который, таким образом, проводился для 61 испытуемого. Предварительно была проведена пилотная серия ( $n = 8$ ; 4 мужчины, 4 женщины, возраст 19–33 года, медиана — 21 год), по результатам которой уточнялся диапазон тестовых изображений.

**Стимульный материал.** В исследовании использованы видеоклипы и фотоизображения лица натурщицы, выражающей экспрессии радости и печаль

ли и мимические переходы между ними. В отличие от компьютерного морфинга, динамика естественных переходов даже между одними и теми же базовыми эмоциональными экспрессиями нелинейна (для нее характерен «эффект гистерезиса»), так что инверсия во времени перехода от радости к печали перцептивно отличается от перехода от печали к радости. В связи с этим необходимо учитывать характер перехода как возможный фактор, влияющий на проявления ЭА. Примеры стимульного материала и описание процесса его создания приведены в приложении 1.

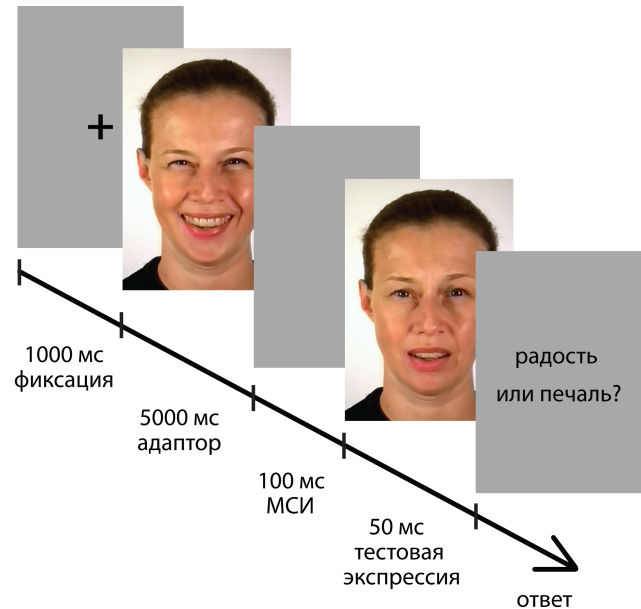
Статические адапторы включали только одну эмоцию (радость либо печаль) при отсутствии движения лица; ожидалось, что ЭА в данном случае будет связан с различием в эмоциональном содержании изображений. Динамические экспрессии радости либо печали, начинающиеся с неопределенного, амбивалентного выражения лица, включали движение и только одну ярко выраженную базовую эмоцию; ожидался ЭА как к эмоциональному содержанию, так и к динамике экспрессии. Динамические смены экспрессии включали различия во временной структуре и обе базовые эмоции радости и печали, ЭА в данном случае был бы связан только с влиянием изменения во времени, а проявления ЭА, связанного с содержанием, не ожидалось.

**Оборудование.** Статические и динамические экспрессии предъявлялись на экране ЭЛТ-монитора (ViewSonic G90f, частота 100 Гц), подключенного к ПК, в условиях нормальной освещенности. Угловые размеры изображений составляли  $16 \times 20^\circ$  при расстоянии до экрана 60 см.

**Процедура.** Для предъявления стимулов и регистрации ответов использовалась среда PXLab (Irtel, 2007). В каждой пробе в центре экрана на светло-сером фоне последовательно экспонировались:

- 1) фиксационный крест;
- 2) статический либо динамический установочный стимул (адаптор);
- 3) межстимульный интервал (пустой экран);
- 4) тестовая экспрессия;
- 5) приглашение к ответу: «радость или печаль?».

Инструкция включала задание свободно рассматривать первое изображение в каждой паре и как можно быстрее давать ответ о том, какая эмоция была выражена на втором лице — скорее радость или скорее печаль. Испытуемые давали ответ, нажимая на кнопки со стрелками влево («радость») и вправо («печаль») на стандартной клавиатуре. В общей сложности каждый испытуемый выполнил 160 проб (2 перехода  $\times$  2 адаптора  $\times$  10 тестовых изображений  $\times$  4 повтор), порядок которых был рандомизирован. Перед началом эксперимента проводилась короткая тренировочная серия, состоящая из 8 проб, в которых адапторами служили те же изображения, что и в основной серии, а тестовыми стимулами — кадры, расположенные ближе к краям переходов (легко распознаваемые радость или печаль) и не предъявляемые далее в основной серии. На рисунке 1 представлена схема предъявления стимульного материала и время экспозиции каждого изображения.

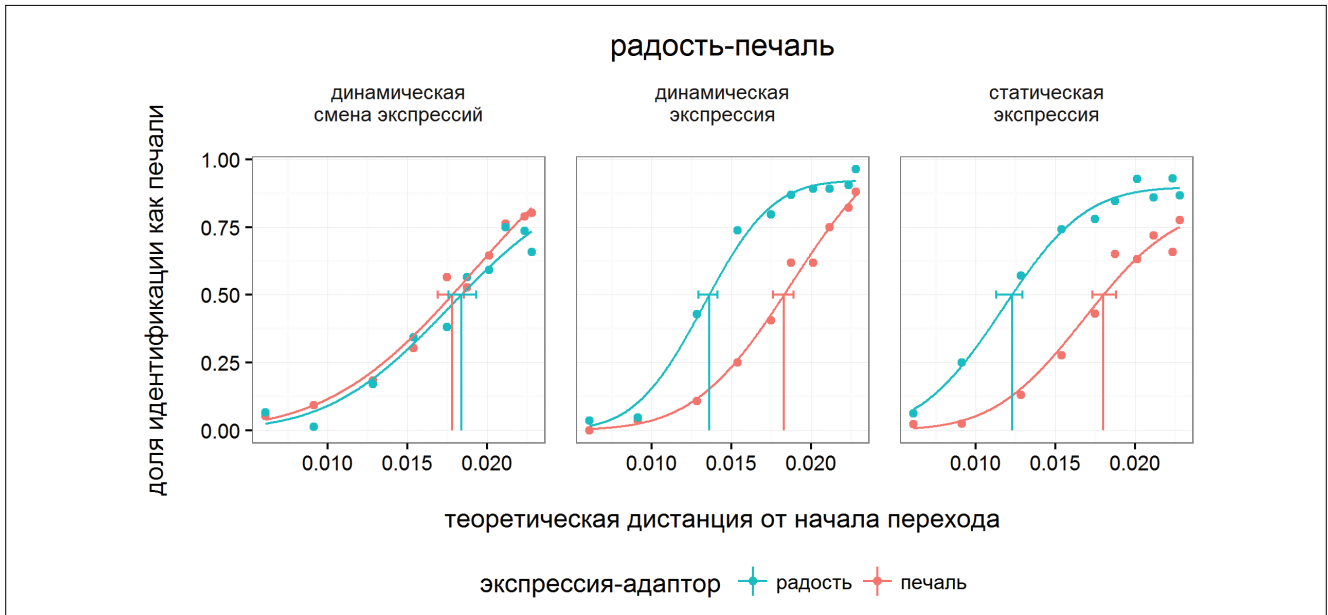


**Рисунок 1.** Схема предъявления стимульного материала в течение одной пробы.

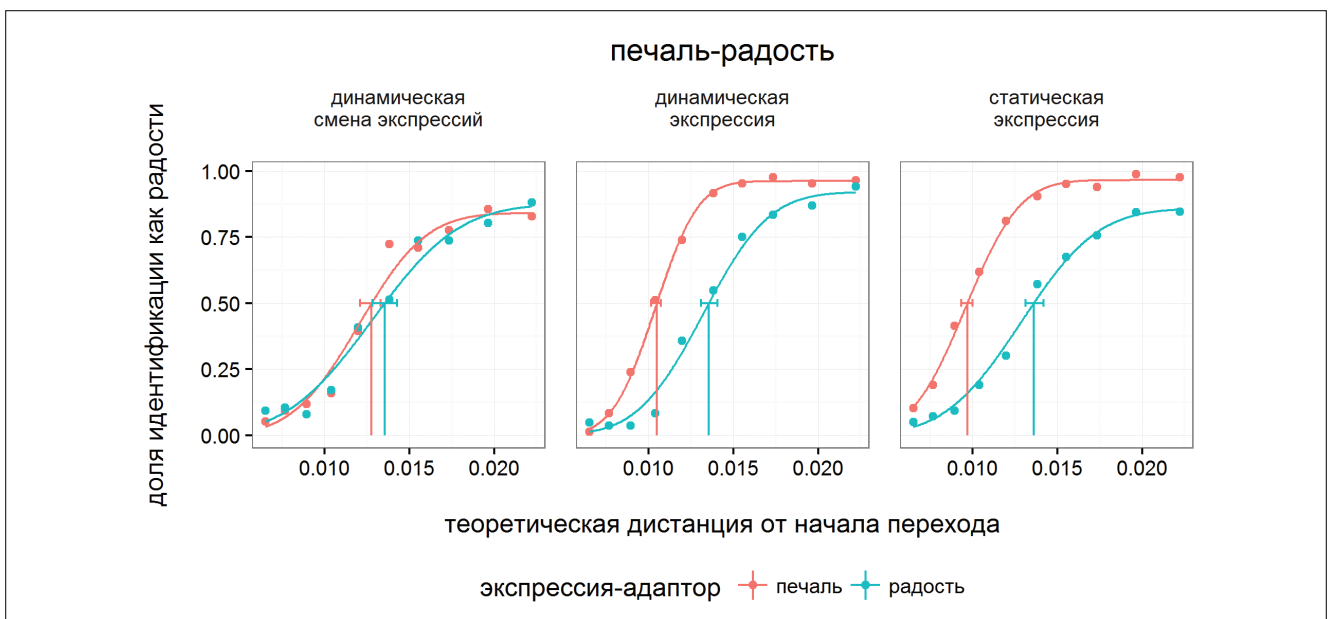
**Обработка данных** проводилась в статистическом пакете SPSS 20.0 и в среде программирования R 3.2.2 (R core team, 2015). Использовалась библиотека *quicksy* (Linares, Lopez-Moliner, 2015), позволяющая строить психометрические функции в среде R. Для каждого испытуемого были построены функции в форме кумулятивного нормального распределения с учетом возможности совершения ошибок наблюдателями, связывающие долю идентификации каждого из тестовых изображений как второй экспрессии (долю ответов «печаль» в переходе «радость–печаль» и долю ответов «радость» в переходе «печаль–радость») с теоретической дистанцией от начала перехода. Оценивалось значение точки субъективного равенства (ТСР), при котором доли идентификации тестовых изображений как выражений радости и печали равны друг другу и составляют .5. Полученные значения анализировались с помощью дисперсионного анализа с повторными измерениями с межгрупповым фактором *тип адаптора* (динамическая смена экспрессий, динамическая экспрессия либо статическая экспрессия) и внутригрупповыми факторами *переход* («печаль–радость» либо «радость–печаль») и *экспрессия-адаптор* (первая либо вторая в переходе).

По результатам дисперсионного анализа проведены апостериорные сравнения средних значений ТСР для значимых взаимодействий факторов. Для каждого типа адаптора наличие ЭА оценивалось как значимые различия между оценками ТСР при адаптации к начальной и конечной экспрессии. Использовался *t*-тест Стьюдента с повторными измерениями, вводилась поправка Бенджамини–Хохберга на множественные сравнения. Затем с помощью теста Стьюдента (с аппроксимацией Уэлша для разных дисперсий и поправкой Бенджамини–Хохберга) оценки для начальной и конечной экспрессий попарно сравнивались между тремя типами адапторов.





**Рисунок 2.** Доли оценок тестовых изображений в переходе «радость–печаль» как эмоции печали (эксперимент 1). Голубым цветом обозначена первая экспрессия-адаптор (радость), красным цветом — вторая (печаль). Точками отмечены средние значения оценок для каждого изображения; линиями — построенные психометрические функции. Вертикальными линиями отмечены оценки ТСП, горизонтальными линиями — доверительные интервалы.



**Рисунок 3.** Доли оценок тестовых изображений в переходе «печаль–радость» как эмоции радости (эксперимент 1). Красным цветом обозначена первая экспрессия-адаптор (печаль), голубым цветом — вторая (радость). Точками отмечены средние значения оценок для каждого изображения; линиями — построенные психометрические функции. Вертикальными линиями отмечены оценки ТСП, горизонтальными линиями — доверительные интервалы.

## Результаты

На рисунках 2 и 3 приведены групповые психометрические функции, представляющие долю оценок тестовых изображений как второй экспрессии в переходе, в зависимости от теоретической дистанции между изображением и началом перехода для разных типов адапторов и разных экспрессий. Доверительные интервалы рассчитаны методом непараметрического бутстрэпа. На графиках сдвиги кривых влево при адаптации к первой экспрессии в переходе относительно адаптации ко второй экспрессии показывают, что одно и то же тестовое изображение в первом случае воспринимается как больше похожее на вторую экспрессию. В частности, при адаптации к статической экспрессии

радости из перехода «радость–печаль» амбивалентные тестовые выражения лица оцениваются как более печальные, чем при адаптации к статической экспрессии печали из того же перехода: наблюдается ЭА (рисунок 2). Сдвиг происходит и при адаптации к динамической экспрессии радости относительно динамической экспрессии печали из этого же перехода. Аналогичное смещение оценок наблюдается и в переходе «печаль–радость» (рисунок 3). При этом визуальная оценка значений, полученных в условиях адаптации к динамическим сменам радости на печаль и печали на радость, позволяет предположить отсутствие ЭА для обоих переходов.

Чтобы проверить, отличаются ли полученные оценки статистически, и выявить влияние каждого из факторов, индивидуальные значения ТСР были проанализированы с помощью дисперсионного анализа (ANOVA). *M*-тест Бокса показал значимый результат ( $M = 86.81, p < .001$ ), в связи с чем был использован одномерный подход; тест сферичности Моучли был незначим. Проверка однородности дисперсий по критерию Ливиня показала различия между группами в условии адаптации к печали в переходе «печаль–радость» ( $F(2, 58) = 4.92; p = .011$ ), однако для остальных измерений различий не выявлено.

Дисперсионный анализ показал значимость факторов *переход* ( $F(1, 58) = 33.26; p < .001; \eta^2_p = .36$ ), *экспрессия* ( $F(1, 58) = 41.8; p < .001; \eta^2_p = .42$ ) и *тип адаптора* ( $F(2, 58) = 3.97; p = .024; \eta^2_p = .12$ ), а также взаимодействия *экспрессия*  $\times$  *тип адаптора* ( $F(2, 58) = 22.32; p < .001; \eta^2_p = .44$ ). Взаимодействия *переход*  $\times$  *тип адаптора* ( $F(2, 58) = 0.06; p = .946; \eta^2_p < .01$ ), *экспрессия*  $\times$  *переход* ( $F(1, 58) < 0.01; p = .992; \eta^2_p < .01$ ) и *экспрессия*  $\times$  *переход*  $\times$  *тип адаптора* ( $F(2, 58) = 2.99; p = .058; \eta^2_p = .09$ ) были незначимы. Величина эффекта адаптации одинакова для обоих направлений экспрессивных переходов, как от радости к печали, так и от печали к радости.

Апостериорные сравнения ТСР проводились для взаимодействия *экспрессия*  $\times$  *тип адаптора*. Поскольку фактор *переход* не взаимодействовал значимо с другими факторами, оценки ТСР по данному фактору усреднялись. Смещения оценок при адаптации к первой экспрессии относительно второй экспрессии были значимы в случае статических адапторов (приведены уровни значимости с поправкой Бенджамини–Хохберга на множественные сравнения):  $t(20) = -9.45, p < .001, M = -0.007, CI = [-0.008, -0.005]$  и адапторов — динамических экспрессий:  $t(20) = -7.67, p < .001, M = -0.004, CI = [-0.005, -0.003]$ . В условиях адаптации к динамическим сменам экспрессий значимых различий не наблюдается:  $t(18) = 0.71, p = .488, M = 0.001, CI = [-0.002, 0.003]$ . Эффекты адаптации, таким образом, проявились к статическим и динамическим экспрессиям, но не к динамическим сменам экспрессий.

При одной и той же величине эффекта адаптации, тем не менее, могут иметь место различия в оценках тест-объектов в зависимости от типа адаптора. Проведены попарные сравнения абсолютных значений ТСР между тремя типами адапторов как для первой, так и для второй экспрессий-адапторов в отдельности. В обоих переходах при адаптации к первой экспрессии

наблюдались различия между динамическими сменами экспрессий и статическими либо динамическими адапторами. Различий между динамическими и статическими экспрессиями, а также каких-либо различий для вторых экспрессий-адапторов не выявлено. Результаты приведены в таблице 1. Таким образом, одни и те же тестовые изображения воспринимаются одинаково при адаптации к первой статической экспрессии и к первой динамической экспрессии. По сравнению с первыми статическими экспрессиями-адапторами восприятие тестовых изображений существенно меняется при адаптации к инвертированным во времени динамическим сменам экспрессий. При адаптации ко вторым экспрессиям восприятие одних и тех же тестовых изображений не меняется при любом типе адаптора.

## Обсуждение

Результаты показали, что выдвинутые гипотезы подтверждаются частично: эффект адаптации продемонстрирован к статическим и динамическим экспрессиям, но не к динамическим сменам экспрессий. Относительная величина ЭА (сдвиг точки субъективного равенства при адаптации к первой экспрессии в переходе относительно второй) была равной для статических и динамических экспрессий, а для динамических смен экспрессий эффект полностью отсутствовал. Сила ЭА не менялась в зависимости от качественного характера выражаемого натурщицей перехода.

Как и ожидалось, в проведенном исследовании был воспроизведен эффект адаптации к статическим экспрессиям лица, продемонстрированный ранее в целом ряде работ (Butler et al., 2008; Cook et al., 2011; Fox, Barton, 2007; Hsu, Young, 2004; и др.). Его величина не зависела от конкретного перехода (от радости к печали или наоборот), к которому принадлежали адапторы и тест-объекты. Его возникновение можно объяснить влиянием эмоционального содержания экспрессий-адапторов, приводящим к кратковременному смещению центра перцептивного пространства экспрессий. Статический ЭА — различия в оценках амбивалентных экспрессий при адаптации к радости либо к печали — служил базовым уровнем, с которым сопоставлялись результаты, полученные в динамических условиях.

Помимо этого были получены данные в пользу того, что динамические экспрессии также могут вызывать адаптацию, сила которой совпадает с адаптацией к статическим изображениям. При этом значимый эффект адаптации к естественной динамической

**Таблица 1.** Результаты попарных сравнений ТСР для различных типов адапторов при адаптации к первой и второй экспрессиям переходного ряда

Экспрессия	Тип адаптора	<i>t</i>	df	<i>p</i>
первая	статические экспрессии и динамические экспрессии	-1.52	24.48	.281
	динамические экспрессии и динамические смены экспрессий	-4.93	23.98	.000
	статические экспрессии и динамические смены экспрессий	-4.62	37.23	.000
вторая	статические экспрессии и динамические экспрессии	1.02	29.70	.379
	динамические экспрессии и динамические смены экспрессий	0.39	27.19	.697
	статические экспрессии и динамические смены экспрессий	1.13	37.95	.379

**Примечание.** Приведены значения *t*-теста с поправкой Уэлша на неравенство дисперсий и с поправкой Бенджамини–Хохберга на множественные сравнения.

экспрессии, демонстрируемой натурщиком, насколько нам известно, был получен впервые, что частично подтверждает данные исследований с использованием динамических последовательностей морфинга и анимированных динамических аватаров (de la Rosa et al., 2013; Curio et al., 2010), но не согласуется с ранее полученными результатами, согласно которым на естественных экспрессиях натурщиков ЭА отсутствует (Dubé, 1997). Рассмотрим, с чем могут быть связаны эти различия.

В работе Ш. де ла Росы и коллег (de la Rosa et al., 2013) выраженность ЭА к статическим аватарам была значимо больше, чем к динамическим. Наши данные (равенство ЭА в двух условиях) не воспроизводят этот результат, что может объясняться естественным, а не искусственным характером стимулов, особенностями процедуры (де ла Роса и др. в каждой пробе экспонировали адаптор длительностью порядка одной секунды по четыре раза с межстимульными интервалами в 100 мс после каждого повтора, а тест-объекты также были динамическими и также демонстрировались в течение примерно одной секунды) и, возможно, модальностью экспрессий-адапторов (де ла Роса и др. использовали экспрессии радости и отвращения). Однако наши данные совпадают с выводами К. Курио и др. (Curio et al., 2010) о равенстве ЭА в динамике и в статике.

Основной аргумент, который приводится в неопубликованной диссертации С. Дюбе (Dubé, 1997) при объяснении отсутствия ЭА к динамическим лицам, связан с тем, что в условиях адаптации к статическим изображениям зрительная система с течением времени накапливает информацию о конфигурации лица, прежде всего на уровне первичной зрительной обработки. При равном времени экспозиции сильно выраженная экспрессия дольше предьявляется наблюдателю в статическом условии, чем в динамическом и, следовательно, должна вызывать более сильный ЭА. Другое возможное объяснение, которое приводит Дюбе, предполагает, что статическая и динамическая экспрессии обрабатываются различными системами мозга, и система восприятия динамических экспрессий является менее «инертной», а обновление информации в ней происходит намного быстрее (и слишком быстро, чтобы вызвать адаптацию). Наши данные не подтверждают последнее предположение, поскольку мы получили ЭА к динамическим адапторам.

При экспозиции динамических смен экспрессий с инвертированным порядком кадров в нашем эксперименте получены изменения абсолютных оценок амбивалентных выражений лица относительно оценок в статических условиях. Однако адаптации к динамическим сменам экспрессий не наблюдалось, поэтому нельзя утверждать, что инверсия порядка кадров как таковая оказала непосредственное влияние на результаты. Следовательно, одно из наших предположений — а именно о существовании особого механизма адаптации к временной организации экспрессии лица, влияющего на восприятие последующих изображений независимо от эмоционального содержания адаптора, — не подтвердилось. Гипотеза о влиянии временной инверсии на ЭА проверялась ранее только в одном исследовании (Curio et al., 2010) и также не подтвердилась. Авторы использовали «аватары», анимированные

с использованием движений реального натурщика, и показали, что предьявление динамических экспрессий-адапторов в прямом направлении (совпадающем с направлением экспрессии натурщика) и в обратном вызывает ЭА в одинаковой степени. Наши результаты этому не противоречат.

Таким образом, в проведенном эксперименте не выявлено эффекта адаптации к динамическим сменам одной экспрессии на другую. С учетом равенства эффектов адаптации к статическим и динамическим экспрессиям можно говорить о том, что влияния временной организации выражения лица на проявления адаптации не наблюдается, а динамическая экспрессия в качестве адаптора не отличается от статической и меняет оценки последующих воспринимаемых лиц в основном из-за особенностей эмоционального содержания.

Однако остается еще одно возможное объяснение отсутствия эффекта адаптации к динамическим сменам экспрессий. Оно основано на предположении о временной суммации: как и в исследовании С. Дюбе, определенную роль могла сыграть различная продолжительность экспозиции сильно выраженных эмоций натурщика наблюдателю. Действительно, в нашем эксперименте в условиях статической экспозиции «пик» экспрессии демонстрировался в течение всего времени адаптации. При использовании в качестве адапторов динамических экспрессий, общая продолжительность которых равна экспозиции статического адаптора, часть времени занимала экспозиция амбивалентной экспрессии, а количество кадров, на которых представлена отчетливая радость или печаль, и, соответственно, суммарное время их экспозиции, сокращалось, что могло снижать силу ЭА в условиях динамики (см.: de la Rosa et al., 2013).

Чтобы уточнить, как на силу ЭА влияет временная суммация, был проведен второй эксперимент с адаптацией к динамическим сменам экспрессий, длительность которых была вдвое больше длительности адапторов в эксперименте 1. Адапторы были идентичны друг другу за исключением порядка кадров, в котором они экспонировались: прямой либо обратный. Если и в этом случае ЭА не проявится, это будет означать, что время экспозиции все еще недостаточно велико, либо что ЭА в данных условиях от временной суммации не зависит. Если же мы получим значимый эффект, можно будет говорить о том, что при достаточно продолжительной экспозиции «пика» экспрессии даже наличие информации обо всем диапазоне эмоций-адапторов не препятствует возникновению ЭА. Мы не стали повторно проводить серии с динамическими и статическими экспрессиями увеличенной продолжительности, поскольку для них ЭА был получен уже в первом эксперименте.

## Эксперимент 2

### Метод исследования

**Гипотеза.** При увеличении продолжительности экспозиции адаптора вдвое проявится эффект адаптации к направлению динамической смены экспрессий.

**Дизайн эксперимента.** Внутригрупповыми факторами выступили *переход* («радость–печаль» либо «печаль–радость») и *экспрессия-адаптор*: (1) первая (инвертированная во времени) либо (2) вторая (показанная в прямом направлении) в переходе. *Тип адаптора* сохранялся неизменным: динамическая смена экспрессий. При адаптации к первой экспрессии в переходе «радость–печаль» ожидалось смещение оценок в сторону от радости, а при адаптации ко второй — от печали. При адаптации к первой экспрессии в переходе «печаль–радость» ожидалось смещение оценок в сторону от печали, а при адаптации ко второй — от радости.

**Испытуемые.** В исследовании участвовали 19 человек из той же генеральной совокупности, что и в первом эксперименте: 14 женщин и 5 мужчин (возраст 19–52 года, медиана — 23 года) с нормальным или скорректированным до нормального зрением. По половозрастному составу они не отличались от выборки эксперимента 1. Данные одной испытуемой не включались в анализ, поскольку она не продемонстрировала различий между оценками всех тестовых экспрессий.

**Стимульный материал.** В качестве адапторов использовались динамические смены экспрессий, составленные из пар динамических экспрессий-адапторов из эксперимента 1. Длительность полученных

последовательностей составляла 10 с. Они представляли собой смену одной сильно выраженной экспрессии амбивалентным изображением и затем второй сильно выраженной экспрессией. Длительность экспозиции эмоций радости и печали в каждом адапторе была уравнена. Подробное описание и примеры адапторов приведены в Приложении. Тестовые изображения совпадали с использованными в эксперименте 1.

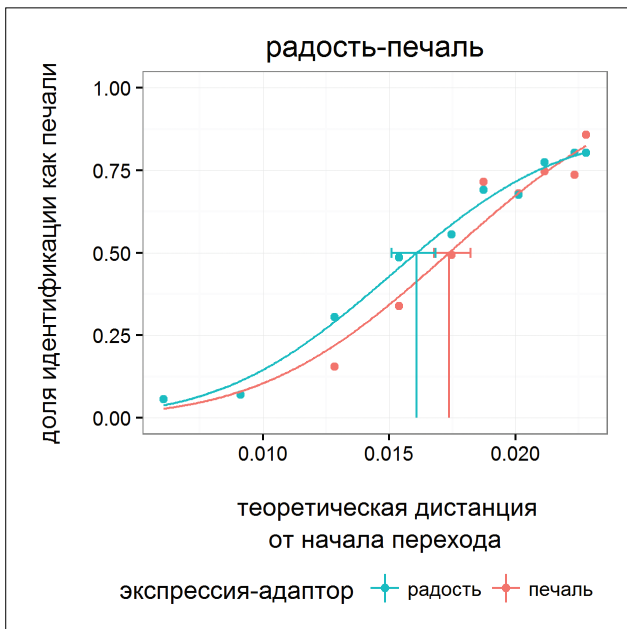
**Оборудование, процедура и методы обработки данных** были аналогичны первому эксперименту.

### Результаты

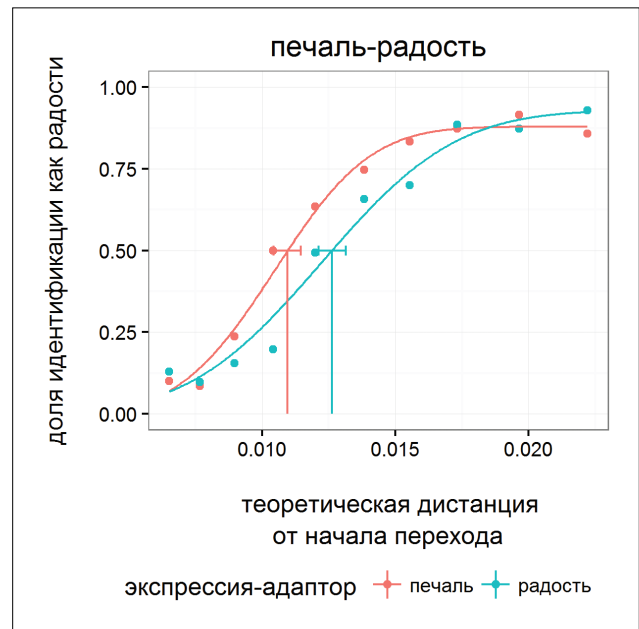
На рисунках 4 и 5 приведены групповые психометрические функции для тестовых изображений в зависимости от направления динамики (прямого либо инвертированного) и перехода. Дисперсионный анализ индивидуальных значений ТСП выявил значимость фактора *экспрессия* ( $F(1, 17) = 6.22; p = .023; \eta_p^2 = .27$ ), но не фактора *переход* ( $F(1, 17) = 1.33; p = .264; \eta_p^2 = .07$ ), а также не выявил взаимодействия *экспрессия* × *переход* ( $F(1, 17) = 0.94; p = .347; \eta_p^2 = .05$ ). Таким образом, при увеличении продолжительности адаптора до 10 с эффект адаптации к динамическим сменам экспрессий проявился. Как и в первом эксперименте, сила ЭА не зависела от перехода (от радости к печали или наоборот).

### Обсуждение

Второй эксперимент показал, что двукратное увеличение продолжительности адаптора — динамической смены экспрессий — действительно приводит к возникновению ЭА. Вероятно, полученный эффект объясняется прежде всего влиянием последних пяти секунд экспонируемых адапторов, которые были в точности



**Рисунок 4.** Доли оценок тестовых изображений в переходе «радость–печаль» как эмоции печали (эксперимент 2). Голубым цветом обозначена первая экспрессия-адаптор (радость), красным цветом — вторая (печаль). Точками отмечены средние значения оценок для каждого изображения; линиями — построенные психометрические функции. Вертикальными линиями отмечены оценки ТСП, горизонтальными линиями — доверительные интервалы.



**Рисунок 5.** Доли оценок тестовых изображений в переходе «печаль–радость» как эмоции радости (эксперимент 2). Красным цветом обозначена первая экспрессия-адаптор (печаль), голубым цветом — вторая (радость). Точками отмечены средние значения оценок для каждого изображения; линиями — построенные психометрические функции. Вертикальными линиями отмечены оценки ТСП, горизонтальными линиями — доверительные интервалы.

равны динамическим экспрессиям, использованным в эксперименте 1. Продолжительности экспозиции пика эмоции при этом было достаточно для ЭА, а изменения оценок наблюдателей, вероятно, были связаны преимущественно с той эмоцией, которая экспонировалась непосредственно перед тест-объектом. Влияния эмоции, стоящей в начале динамического адаптора и по времени отстоящей дальше от тест-объекта, снижались. При этом величина относительного эффекта адаптации, продемонстрированного в эксперименте 2, была несколько меньше, чем в условиях статических и динамических адапторов эксперимента 1. Сопоставление результатов первого и второго экспериментов позволяет предположить, что даже при достаточно продолжительном времени экспозиции адаптора наличие содержательной информации обо всем диапазоне возможных экспрессий может влиять на силу ЭА. Вероятно, при дальнейшем увеличении времени экспозиции, ЭА к динамической смене экспрессий еще более возрастет за счет усиления эффектов временной суммации. Можно предположить, что, как и сила ЭА к пространственному искажению лица или к распознаванию индивидуальных лиц, она будет логарифмически возрастать с увеличением продолжительности адаптора и экспоненциально убывать с увеличением длительности тестового стимула (Leopold et al., 2005; Rhodes et al., 2007). Это предположение, однако, требует отдельной проверки.

## Общее обсуждение результатов

Проведенное исследование было направлено на изучение адаптации к динамическим экспрессиям лица. В двух экспериментах мы проверяли гипотезы, согласно которым не только эмоциональное содержание адаптора, но и определенные характеристики динамики лица — а именно временная организация экспрессии и длительность смены одной экспрессии на другую — влияют на проявления эффекта адаптации. Основным результатом работы заключается в том, что наличие динамики не усиливает эффекта адаптации по сравнению с адаптацией к статическому лицу: сила эффекта в условиях статической и динамической экспрессий совпадает. Динамическая смена базовых экспрессий приводит к адаптации только при двукратном увеличении продолжительности адаптора, когда вдвое возрастает и длительность экспозиции «пика» эмоции. Фактор временной организации динамического выражения лица как таковой не вносит вклада в адаптацию. Вероятно, рассогласованность результатов ранее проведенных работ (Curio et al., 2010; Dubé, 1997; de la Rosa et al., 2013), в части которых ЭА к динамическим экспрессиям был найден, а в части — нет, может быть связана с разной длительностью экспозиции максимального проявления эмоции на лице натурщика. Эффекты движения, как и различия между инвертированными и неинвертированными во времени динамическими адапторами, отсутствовали и в ранее выполненных исследованиях.

Поскольку в условиях адаптации к динамической и статической экспрессиям нами были получены относительные ЭА равной силы, можно предположить,

что частично влияние уменьшения времени экспозиции сильной эмоции могло быть скомпенсировано эффектом преимущества динамического лица над статическим, который наблюдается при распознавании экспрессий (см. обзоры: Alves, 2013; Krumhuber et al., 2013). Данное предположение требует, однако, дополнительной проверки. При этом необходимо учитывать, что роль движения в задаче простого распознавания экспрессий опосредуется приростом зрительной информации (большим количеством представленных фаз выражения эмоции), который обеспечивает динамика по сравнению со статикой. Чем сложнее распознать экспрессию в статике (при ее зашумлении, маскировке, схематичном изображении, слабой интенсивности или малом времени экспозиции), тем большее преимущество наблюдателю дает движение лица (Ambadar et al., 2005; Fiorentini, Viviani, 2011; Jiang et al., 2014; Kätsyri, Sams, 2008; Matsuzaki, Sato, 2008; Wallraven et al., 2008; Wehrle et al., 2000). Если при адаптации проявляются те же принципы, можно ожидать, что при затруднении восприятия адапторов фактор прироста информации в условиях динамики приведет к формированию более отчетливой репрезентации экспрессии в динамике, чем в статике, и может усилить эффект адаптации.

Отсутствие вклада временной организации экспрессии в эффект адаптации может быть скомпенсировано длительностью экспозиции максимально интенсивных выражений эмоций. Подбирая продолжительность адапторов, мы учитывали результаты работ, проведенных на статических изображениях (Hsu, Young, 2004). С. Дюбе в своей работе на динамических экспрессиях не приводит точных значений продолжительности динамических адапторов, но, исходя из данных, указанных для исходных видеофрагментов, можно оценить, что они составляли не менее 2.5 с и не более 12 с. Самых коротких из этих адапторов действительно может быть недостаточно для возникновения значимого эффекта, но он не проявлялся ни для одного из них (см. Dubé, 1997). Увеличив длительность динамической смены экспрессий до 10 с, мы получили ЭА.

Понимание механизмов адаптации может способствовать уточнению свойств перцептивного пространства лица и его выражений. Одна из точек зрения предполагает, что центром такого пространства является прототип «среднестатистического», обобщенного лица, а все индивидуальные лица и их мимические изменения оцениваются в терминах отклонения от центральной тенденции (Valentine, 1991). Когда речь идет об экспрессиях эмоций, адаптация, например, к естественному выражению радости ведет к сдвигу последующих оценок в сторону искусственно сконструированной «антирадости», но не меняет оценок экспрессий, расположенных в данном пространстве по ортогональным осям (Cook et al., 2011). На вопрос о том, как воспринимается противоположное радости выражение — как печаль, гнев либо вовсе как неэмоциональная экспрессия, — различные теоретические подходы предлагают альтернативные ответы. Представители конструктивистского подхода к эмоциям (Russell, Fehr, 1987), располагая радость на одном из полюсов оси эмоционального знака (валентности), а печаль — на противоположном, ожидали бы повышения оценок экспо-

нируемых экспрессий как печальных после адаптации к радости и как радостных — после адаптации к печали. При этом центр данного пространства — «среднестатистическое» лицо или лицо как таковое — вероятно, не является самостоятельной категорией, поскольку адаптации к нему не происходит (Burton et al., 2015). Если исходить из представлений о качественном своеобразии базовых эмоций и несводимости их к тем или иным измерениям, адаптацию можно рассматривать как «утомление» специфического детектора определенной базовой экспрессии (Prkachin, Prkachin, 1994), которое, ухудшая ее распознавание, не должно избирательно повлиять на оценки других категорий эмоций. Недавние исследования показали, что ни одна из этих точек зрения полностью не объясняет наблюдаемые эффекты: при адаптации к выражениям печали, страха, гнева или отвращения оценки смещаются в направлении радости, а при адаптации к удивлению — в направлении как гнева, так и отвращения (Rutherford et al., 2008; Skinner, Benton, 2010). В последнее время появляются данные, подтверждающие, что пространственное представление эмоций не всегда возможно свести к биполярным осям. В частности, эмоции радости и печали могут субъективно переживаться в один и тот же момент времени (Larsen, McGraw, 2011). Полученные нами данные не позволяют сделать окончательного вывода о строении перцептивного пространства естественных динамических экспрессий: основано ли оно на биполярных категориях (положительная/отрицательная валентность; сильная/слабая активация и др.) или же на качественно различающихся категориях базовых эмоций. Для уточнения этого вопроса необходимо проведение дальнейших исследований с включением более широкого диапазона экспрессий.

Проведенное исследование имеет ряд методических ограничений. Во-первых, в качестве стимульного материала были использованы изображения лица всего одной натурщицы, выражающей только две эмоции, что не позволяет делать обобщения на более широкий класс лиц и экспрессий. Кроме того, естественными эти экспрессии являются лишь отчасти, поскольку они не были результатом спонтанного выражения эмоций, а намеренно изображались на лице. Вопрос о том, насколько отличается восприятие спонтанных и произвольных динамических экспрессий и не оцениваются ли последние как «вычурные», наигранные, неискренние, обсуждается достаточно широко (напр., Tcherkassof et al., 2007). В частности, было показано, что динамика спонтанных и произвольных улыбок может отличаться (Hess, Kleck, 1990), однако наблюдатели далеко не всегда могут их верно различить (Hess, Kleck, 1994). Одним из релевантных признаков, по которому можно определить наигранный улыбку, является скорость ее нарастания и убывания (Krumhuber, Kappas, 2005; Schmidt et al., 2006). Вместе с тем показано, что и спонтанные, и произвольные экспрессии одинаково асимметричны с некоторым преобладанием активации мимических мышц с левой стороны лица (Borod et al., 1983; Schmidt et al., 2006). В дальнейших исследованиях при сравнении адаптации к спонтанным и позированным экспрессиям могут быть выявлены дополнитель-

ные динамические признаки, на которые ориентируются наблюдатели.

Необходимо также отметить, что в проведенных экспериментах, как и в других более ранних работах по данной проблеме, не контролировался так называемый Хоторнский эффект (Wickström, Bendix, 2000), связанный с влиянием возникающих у испытуемых гипотез о цели исследования на их оценки. Однако поскольку с этой точки зрения все участники находились в одинаковых условиях и равновероятно могли предположить, что цель исследования заключалась в том или ином влиянии продолжительного адаптора на кратковременно экспонируемый тест-объект, сопоставление разных экспериментальных серий представляется правомерным. В дальнейших исследованиях необходимо его учитывать и контролировать.

Использованная методика высокоскоростной видеосъемки позволяла с достаточным временным разрешением фиксировать нелинейные изменения мимики натурщика, восприятие которых существенно отличается от восприятия последовательностей линейного морфинга (Dobs et al., 2014). Данная нелинейность приводит к необходимости поиска релевантной меры различий между изображениями. Очевидно, что время от начала видеозаписи, или номер кадра, не может служить адекватной ее оценкой. В случае линейного морфинга или параметрически описанных компьютерных аватаров отличие одного адаптора или теста от другого можно рассчитывать как долю вклада одной из сильно выраженных экспрессий в конечное изображение. Для реальной видеозаписи лица был применен критерий теоретических расстояний, математический смысл которого заключается в вычтенной из единицы величине корреляции двух изображений, которая максимальна при их полном совпадении и минимальна для черного и белого изображений (Жегалло, 2007). Это не единственная возможная метрика: альтернативные варианты предполагают выделение главных компонент (Calder et al., 2001) либо вейвлет-анализ изображения (Lyons et al., 1998). Для количественного описания динамики естественного лица может быть полезным отслеживание перемещений точек, определяющих расположение основных черт лица или отдельных мимических мышц в пространстве. Перспективным представляется также использование в качестве адапторов искусственных трехмерных аватаров, на которых сохранена нелинейность реалистичных движений лица (Dobs et al., 2014).

## Заключение

Подводя итоги проведенного исследования, кратко перечислим его основные результаты. При продолжительной экспозиции изображений сильно выраженных экспрессий радости и печали наблюдается эффект адаптации: оценки амбивалентных экспрессий смещаются в сторону от адаптора. Этот феномен проявляется в равной степени при адаптации как к статическим, так и к динамическим экспрессиям. В случае динамических смен одной экспрессии на другую эффект адап-

тации возникает лишь при двукратном увеличении продолжительности адаптора. Наблюдаемые эффекты связаны как с подстройкой системы категорий эмоций у наблюдателя при ограничении диапазона воспринимаемых им экспрессий, так и с временной суммацией информации о конфигуративных особенностях выражения лица. Преимущества динамических экспрессий по сравнению со статическими в условиях адаптации и отдельного механизма адаптации к временной организации выражения лица не выявлено. Представляется, что полученные результаты могут внести вклад в понимание механизмов восприятия и оценки «живого», экспрессивного лица коммуниканта в ситуации реального общения.

## Литература

- Жегалло А.В. Идентификация эмоциональных состояний лица в микроинтервалах времени: Дисс... канд. психол. наук. ИП РАН, Москва, 2007.
- Узнадзе Д.Н. Психология установки. СПб.: Питер, 2001.
- Adams W.J., Gray K.L.H., Garner M., Graf E.W. High-level face adaptation without awareness // *Psychological Science*. 2010. Vol. 21. No. 2. P. 205–210. doi:10.1177/0956797609359508
- Alves N.T. Recognition of static and dynamic facial expressions: a study review // *Estudos de Psicologia (Natal)*. 2013. Vol. 18. No. 1. P. 125–130. doi:10.1590/S1413-294X2013000100020
- Ambadar Z., Schooler J.W., Conn J.F. Deciphering the enigmatic face: The importance of facial dynamics in interpreting subtle facial expressions // *Psychological Science*. 2005. Vol. 16. No. 5. P. 403–410. doi:10.1111/j.0956-7976.2005.01548.x
- Barracough N.E., Ingham J., Page S.A. Dynamics of walking adaptation aftereffects induced in static images of walking actors // *Vision Research*. 2012. Vol. 59. P. 1–8. doi:10.1016/j.visres.2012.02.011
- Benton C.P., Etschells P.J., Porter G., Clark A.P., Penton-Voak I.S., Nikolov S.G. Turning the other cheek: the viewpoint dependence of facial expression after-effects // *Proceedings of the Royal Society B: Biological sciences*. 2007. Vol. 274. P. 2131–2137. doi:10.1098/rspb.2007.0473
- Borod J.C., Koff E., White B. Facial asymmetry in posed and spontaneous expressions of emotion // *Brain and Cognition*. 1983. Vol. 2. No. 2. P. 165–175. doi:10.1016/0278-2626(83)90006-4
- Burton N., Jeffery L., Calder A.J., Rhodes G. How is facial expression coded? // *Journal of Vision*. 2015. Vol. 15. No. 1. P. 15:1–13. doi:10.1167/15.1.1
- Butler A., Oruc I., Fox C.J., Barton J.J. Factors contributing to the adaptation aftereffects of facial expression // *Brain Research*. 2008. Vol. 1191. P. 116–126. doi:10.1016/j.brainres.2007.10.101
- Calder A.J., Burton A., Miller P., Young A.W., Akamatsu S. A principal component analysis of facial expressions // *Vision Research*. 2001. Vol. 41. No. 9. P. 1179–1208. doi:10.1016/S0042-6989(01)00002-5
- Carbon C.-C., Strobach T., Langton S.R.H., Harsányi G., Leder H., Kovács G. Adaptation effects of highly familiar faces: Immediate and long lasting // *Memory & Cognition*. 2007. Vol. 35. No. 8. P. 1966–1976. doi:10.3758/BF03192929
- Cheal J.L., Heisz J.J., Walsh J.A., Shedden J.M., Rutherford M. Afterimage induced neural activity during emotional face perception // *Brain Research*. 2014. Vol. 1549. P. 11–21. doi:10.1016/j.brainres.2013.12.020
- Clifford C.W., Webster M.A., Stanley G.B., Stocker A.A., Kohn A., Sharpee T.O., Schwartz O. Visual adaptation: Neural, psychological and computational aspects // *Vision Research*. 2007. Vol. 47. No. 25. P. 3125–3131.
- Cook R., Matei M., Johnston A. Exploring expression space: Adaptation to orthogonal and anti-expressions // *Journal of Vision*. 2011. Vol. 11. No. 4. P. 2:1–9. doi:10.1167/11.4.2
- Curio C., Giese M.A., Breidt M., Kleiner M., Bühlhoff H.H. Recognition of dynamic facial action probed by visual adaptation // *Dynamic faces: Insights from experiments and computation*. / C. Curio, H.H. Bühlhoff, M.A. Giese (Eds.). Cambridge, MA: MIT Press, 2010. P. 47–65.
- Dickinson J.E., Badcock D.R. On the hierarchical inheritance of aftereffects in the visual system // *Frontiers in Psychology*. 2013. Vol. 4. P. 472:1–15. doi:10.3389/fpsyg.2013.00472
- Dobs K., Bühlhoff I., Breidt M., Vuong Q.C., Curio C., Schultz J. Quantifying human sensitivity to spatio-temporal information in dynamic faces // *Vision Research*. 2014. Vol. 100. P. 78–87. doi:10.1016/j.visres.2014.04.009
- Dubé S.P. Visual bases for the perception of facial expressions: A look at some dynamic aspects. PhD dissertation. Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, 1997.
- Ekman P. Pictures of facial affect Oakland, CA: Paul Ekman, 1993.
- Fiorentini C., Viviani P. Is there a dynamic advantage for facial expressions? // *Journal of Vision*. 2011. Vol. 11. No. 3. P. 17:1–15. doi:10.1167/11.3.17
- Fitting the mind to the world: Adaptation and aftereffects in high-level vision. / C.W. Clifford, G. Rhodes (Eds.). New York: Oxford University Press, 2005. doi:10.1093/acprof
- Fox C.J., Barton J.J.S. What is adapted in face adaptation? The neural representations of expression in the human visual system // *Brain Research*. 2007. Vol. 1127. No. 1. P. 80–89. doi:10.1016/j.brainres.2006.09.104
- Fox C.J., Oruc I., Barton J.J.S. It doesn't matter how you feel. The facial identity aftereffect is invariant to changes in facial expression // *Journal of Vision*. 2008. Vol. 8. No. 3. P. 11:1–13. doi:10.1167/8.3.11
- Hess U., Kleck R.E. Differentiating emotion elicited and deliberate emotional facial expressions // *European Journal of Social Psychology*. 1990. Vol. 20. No. 5. P. 369–385. doi:10.1002/ejsp.2420200502
- Hess U., Kleck R.E. The cues decoders use in attempting to differentiate emotion-elicited and posed facial expressions // *European Journal of Social Psychology*. 1994. Vol. 24. No. 3. P. 367–381. doi:10.1002/ejsp.2420240306
- Hsu S., Young A.W. Adaptation effects in facial expression recognition // *Visual Cognition*. 2004. Vol. 11. No. 7. P. 871–899. doi:10.1080/13506280444000030
- Irtel H. PXLab: The psychological experiments laboratory [online]. Version 2.1.11 Mannheim (Germany): University of Mannheim, 2007. URL: <http://www.pxlab.de/>.
- Jiang Z., Li W., Recio G., Liu Y., Luo W., Zhang D., Sun D. Time pressure inhibits dynamic advantage in the classification of facial expressions of emotion // *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9. No. 6. P. e100162: 1–7. doi:10.1371/journal.pone.0100162
- Kätsyri J., Sams M. The effect of dynamics on identifying basic emotions from synthetic and natural faces // *International Journal of Human-Computer Studies*. 2008. Vol. 66. No. 4. P. 233–242. doi:10.1016/j.ijhcs.2007.10.001
- Krumhuber E.G., Kappas A. Moving smiles: The role of dynamic components for the perception of the genuineness of smiles // *Journal of Nonverbal Behavior*. 2005. Vol. 29. No. 1. P. 3–24. doi:10.1007/s10919-004-0887-x
- Krumhuber E.G., Kappas A., Manstead A.S.R. Effects of dynamic aspects of facial expressions: A review // *Emotion Review*. 2013. Vol. 5. No. 1. P. 41–46. doi:10.1177/1754073912451349
- Larsen J.T., McGraw A.P. Further evidence for mixed emotions // *Journal of Personality and Social Psychology*. 2011. Vol. 100. No. 6. P. 1095–1110. doi:10.1037/a0021846
- Leopold D.A., O'Toole A.J., Vetter T., Blanz V. Prototype-referenced shape encoding revealed by high-level aftereffects // *Nature Neuroscience*. 2001. Vol. 4. No. 1. P. 89–94. doi:10.1038/82947
- Leopold D.A., Rhodes G., Muller K.-M., Jeffery L. The dynamics of visual adaptation to faces // *Proceedings of the Royal Society B: Biological sciences*. 2005. Vol. 272. No. 1566. P. 897–904. doi:10.1098/rspb.2004.3022
- Linares D., Lopez-Moliner J. Quickpsy: Fits psychometric functions for multiple groups. R package version 0.1.0 2015. URL: <http://cran.r-project.org/package=quickpsy>.

- Lyons M., Akamatsu S., Kamachi M., Gyoba J. Coding facial expressions with Gabor wavelets // Proceedings of the Third IEEE International conference on automatic face and gesture recognition. IEEE Comput. Soc, 1998. P. 200–205. doi:10.1109/AFGR.1998.670949
- Matsumiya K. Seeing a haptically explored face: Visual facial-expression aftereffect from haptic adaptation to a face // Psychological Science. 2013. Vol. 24. No. 10. P. 2088–2098. doi:10.1177/0956797613486981
- Matsuzaki N., Sato T. The perception of facial expressions from two-frame apparent motion // Perception. 2008. Vol. 37. No. 10. P. 1560–1568. doi:10.1068/p5769
- Prkachin G.C., Prkachin K.M. Adaptation to facial expressions of emotion // Cognition & Emotion. 1994. Vol. 8. No. 1. P. 55–64. doi:10.1080/0269939408408928
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing 2015. URL: <http://www.r-project.org/>.
- Reinl M., Bartels A. Face processing regions are sensitive to distinct aspects of temporal sequence in facial dynamics // NeuroImage. 2014. Vol. 102. P. 407–415. doi:10.1016/j.neuroimage.2014.08.011
- Reinl M., Bartels A. Perception of temporal asymmetries in dynamic facial expressions // Frontiers in Psychology. 2015. Vol. 6. P. 1107:1–8. doi:10.3389/fpsyg.2015.01107
- Rhodes G., Jeffery L., Clifford C.W.G., Leopold D.A. The time-course of higher-level face aftereffects // Vision Research. 2007. Vol. 47. No. 17. P. 2291–2296. doi:10.1016/j.visres.2007.05.012
- Rhodes G., Leopold D.A. Adaptive norm-based coding of face identity // The Oxford handbook of face perception. / A.J. Calder, G. Rhodes, M.H. Johnson, J.V. Haxby (Eds.). Oxford: Oxford University Press, 2011. P. 263–286. doi:10.1093/oxfordhb/9780199559053.013.0014
- de la Rosa S., Giese M., Bulthoff H.H., Curio C. The contribution of different cues of facial movement to the emotional facial expression adaptation aftereffect // Journal of Vision. 2013. Vol. 13. No. 1. P. 23:1–15. doi:10.1167/13.1.23
- Russell J.A., Fehr B. Relativity in the perception of emotion in facial expressions // Journal of Experimental Psychology: General. 1987. Vol. 116. No. 3. P. 223–237. doi:10.1037/0096-3445.116.3.223
- Rutherford M.D., Chattha H.M., Krysko K.M. The use of aftereffects in the study of relationships among emotion categories // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 2008. Vol. 34. No. 1. P. 27–40. doi:10.1037/0096-1523.34.1.27
- Schmidt K.L., Ambadar Z., Cohn J.F., Reed L.I. Movement differences between deliberate and spontaneous facial expressions: Zygomaticus major action in smiling // Journal of Non-verbal Behavior. 2006. Vol. 30. No. 1. P. 37–52. doi:10.1007/s10919-005-0003-x
- Shin K., Stolte M., Chong S.C. The effect of spatial attention on invisible stimuli // Attention, Perception & Psychophysics. 2009. Vol. 71. No. 7. P. 1507–1513. doi:10.3758/APP.71.7.1507
- Skinner A.L., Benton C.P. Anti-expression aftereffects reveal prototype-referenced coding of facial expressions // Psychological Science. 2010. Vol. 21. No. 9. P. 1248–1253. doi:10.1177/0956797610380702
- Stein T., Sterzer P. High-level face shape adaptation depends on visual awareness: Evidence from continuous flash suppression // Journal of Vision. 2011. Vol. 11. No. 8. P. 5:1–14. doi:10.1167/11.8.5
- Storrs K.R. Are high-level aftereffects perceptual? // Frontiers in Psychology. 2015. Vol. 6. P. 157:1–4. doi:10.3389/fpsyg.2015.00157
- Tcherkassoff A., Bollon T., Dubois M., Pansu P., Adam J.-M. Facial expressions of emotions: a methodological contribution to the study of spontaneous and dynamic emotional faces // European Journal of Social Psychology. 2007. Vol. 37. No. 6. P. 1325–1345. doi:10.1002/ejsp.427
- Valentine T. A unified account of the effects of distinctiveness, inversion, and race in face recognition // The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A. 1991. Vol. 43. No. 2. P. 161–204. doi:10.1080/14640749108400966
- Wallraven C., Breidt M., Cunningham D.W., Bühlhoff H.H. Evaluating the perceptual realism of animated facial expressions // ACM Transactions on Applied Perception. 2008. Vol. 4. No. 4. P. 4:1–20. doi:10.1145/1278760.1278764
- Webster M. Evolving concepts of sensory adaptation // F1000 Biology Reports. 2012. Vol. 4. P. 21:1–7. doi:10.3410/B4-21
- Webster M.A., MacLeod D.I.A. Visual adaptation and face perception // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2011. Vol. 366. No. 1571. P. 1702–1725. doi:10.1098/rstb.2010.0360
- Wehrle T., Kaiser S., Schmidt S., Scherer K.R. Studying the dynamics of emotional expression using synthesized facial muscle movements // Journal of Personality and Social Psychology. 2000. Vol. 78. No. 1. P. 105–119. doi:10.1037/0022-3514.78.1.105
- Wickström G., Bendix T. The "Hawthorne effect" — what did the original Hawthorne studies actually show? // Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 2000. Vol. 26. No. 4. P. 363–367. URL: <http://www.jstor.org/stable/40967074>.
- Yang E., Hong S.-W., Blake R. Adaptation aftereffects to facial expressions suppressed from visual awareness // Journal of Vision. 2010. Vol. 10. No. 12. P. 24:1–13. doi:10.1167/10.12.24

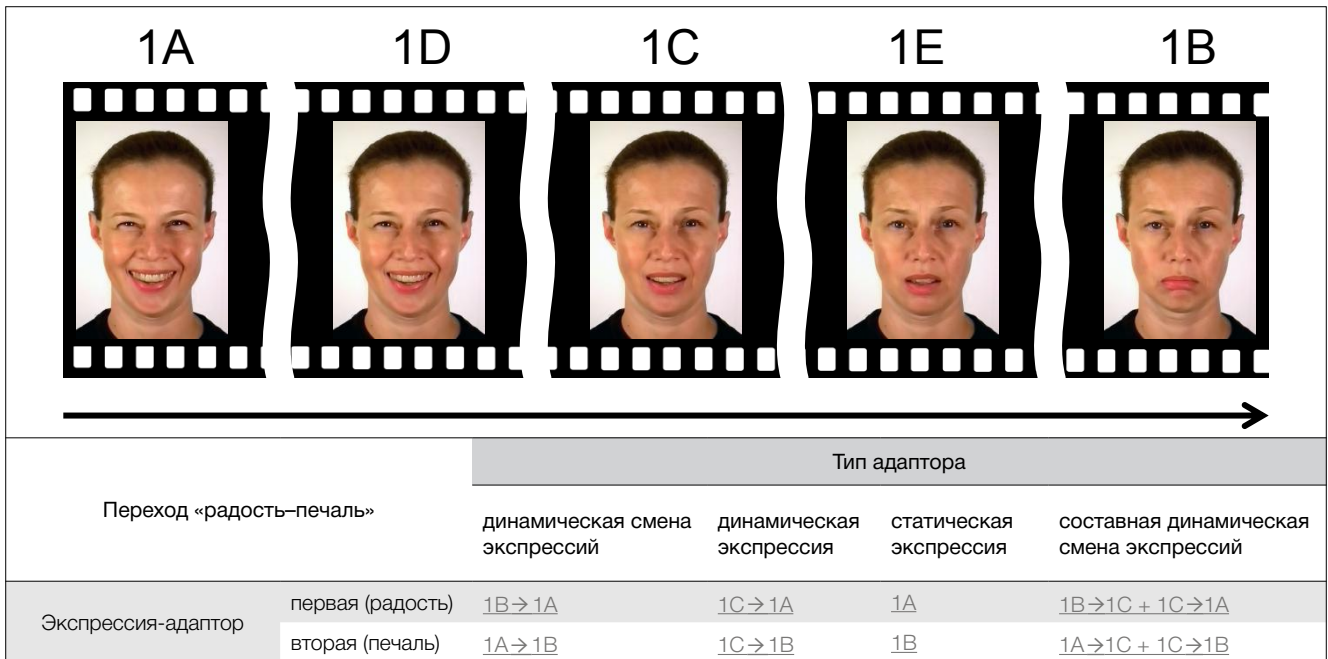


### Приложение. Описание стимульного материала

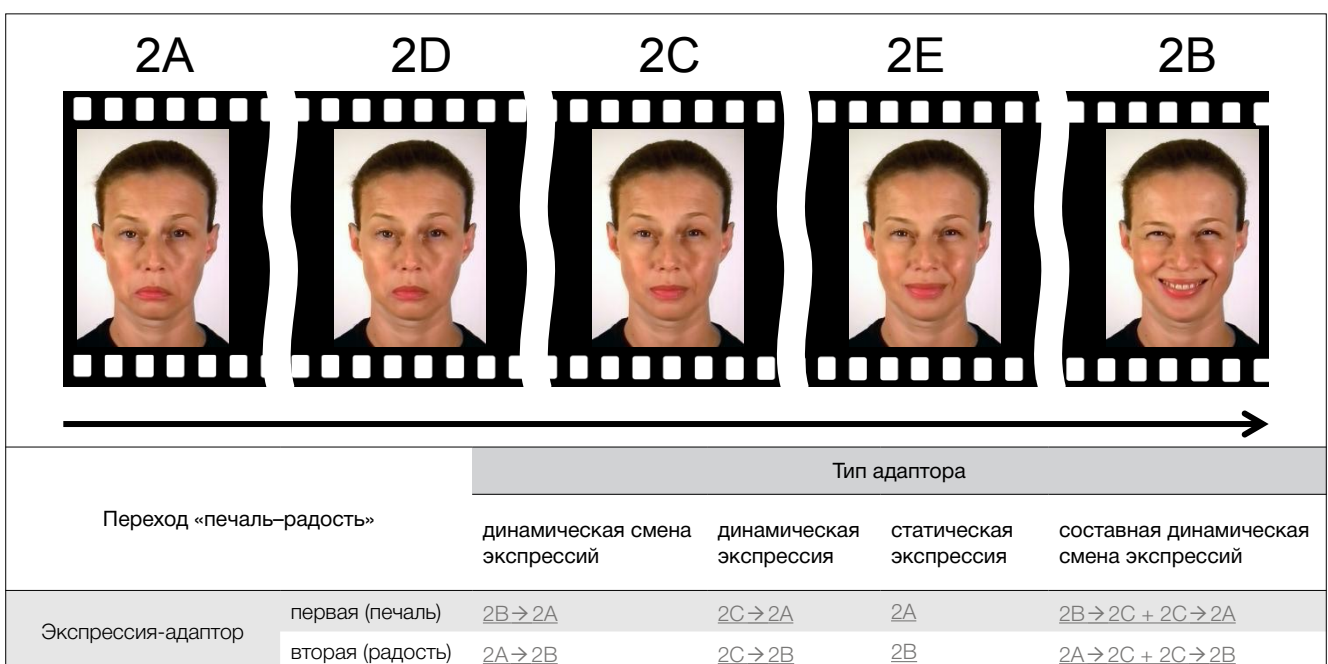
При подготовке стимульного материала использовались видеозаписи лица натурщицы (возраст 47 лет, европеоидный расовый тип), хорошо знакомой с системой кодирования лицевых экспрессий FACS (Ekman, 1993). Поставленная перед ней задача заключалась в том, чтобы выразить на лице одну из базовых эмоций, а затем перейти к изображению другой базовой эмоции. В частности, натурщица выражала переходы от радости к печали и от печали к радости. Во время съемки она ориентировалась на предоставленные ей вербальные описания экспрессий и их фотоэталонны, содержащиеся в системе FACS. Съемка лица анфас

проводилась с помощью видеокамеры Fujitsu (частота съемки 120 Гц). В процессе съемки контролировалось отсутствие сильных движений головы натурщицы и морганий. Затем проводилась коррекция яркости, гаммы и угла поворота полученных изображений.

Из каждого перехода отбирались фрагменты длительностью в одну секунду; этого времени было достаточно для того, чтобы изобразить естественно выглядящий эмоциональный переход. Начальный и конечный кадры видеофрагментов демонстрировали сильно выраженные экспрессии радости и печали, а промежуточные кадры содержали переход между



**Рисунок А1.** Переход «радость-печаль» и типы адапторов. Видеофайлы, содержащие различные типы адапторов, приведены в виде онлайн-приложений и доступны по ссылкам из таблицы.



**Рисунок А2.** Переход «печаль-радость» и типы адапторов. Видеофайлы, содержащие различные типы адапторов, приведены в виде онлайн-приложений и доступны по ссылкам из таблицы.

ними. В отличие от работы С. Дюбе (Dubé, 1997), мы не просили натурщицу фиксировать на лице фазу спокойствия, поэтому переходы между экспрессиями в общем случае не включали нейтрального выражения, но были амбивалентными, не категоризируемыми однозначно. На рисунках А1 и А2 первый и последний кадры исходных видеофрагментов обозначены буквами А и В соответственно. Между первым кадром видеофрагмента и каждым из остальных его кадров рассчитывались теоретические дистанции — вычтенные из единицы скалярные произведения нормированных векторов в координатах пространства цветов всех точек изображения (Жегалло, 2007). Эта величина позволяет количественно описать различия между изображениями, безотносительно их содержания. Между двумя идентичными изображениями она будет равна нулю, а полностью черным и полностью белым изображениями — единице. Теоретические дистанции использовались для оценки физических различий стимулов и при построении психометрических функций. Отметим, что максимальная теоретическая дистанция — между первым и последним кадрами — была различной в разных переходах и составляла .033 для перехода «радость–печаль» и .053 для перехода «печаль–радость».

Далее на основе данных видеофрагментов создавался статический и динамический стимульный материал. Для эксперимента 1 было подготовлено три типа адапторов.

**1. Динамические смены базовых экспрессий.** Они включали последовательности кадров  $A \rightarrow B$  либо их инверсию во времени:  $B \rightarrow A$  (см. рисунки А1 и А2), где А — начальный кадр видеозаписи натурщицы, В — конечный кадр видеозаписи; стрелкой обозначено направление смены экспонируемых наблюдателю кадров. Необходимо отметить, что адаптор печаль  $\rightarrow$  радость ( $2A \rightarrow 2B$ ) не совпадает с адаптором радость  $\rightarrow$  печаль, экспонируемым в обратном порядке ( $1B \rightarrow 1A$ ), поскольку они относятся к разным видеозаписям. Скорость экспозиции динамических смен экспрессий снижалась со 120 кадров/с (частота исходных видеозаписей) до 24 кадров/с, так чтобы длительность предъявляемых стимулов составляла 5 с.

**2. Динамические экспрессии.** Для создания динамических экспрессий полные видеофрагменты разделялись на два отрезка:  $C \rightarrow B$  (с прямым порядком кадров) и  $C \rightarrow A$  (с инвертированным порядком кадров). Позиция кадра С определялась по результатам пилотного эксперимента: это изображение, с равной вероятностью оцениваемое как «радость» и как «печаль» в задаче идентификации (категоризации) с двухальтернативным вынужденным выбором при адаптации к статическим экспрессиям (оценки усреднялись между разными экспрессиями-адапторами). Динамические экспрессии, таким образом, всегда начинались с амбивалентного лица и заканчивались сильно выраженной радостью либо печалью. Они не включали

фазы нейтрального, спокойного лица. Поскольку позиция кадра С не совпадала с серединой перехода, количество кадров в каждой динамической экспрессии было различным: в переходе «радость–печаль» отрезок  $C \rightarrow A$  содержал 31 кадр, отрезок  $C \rightarrow B$  — 91 кадр; в переходе «печаль–радость» отрезок  $C \rightarrow A$  содержал 41 кадр, отрезок  $C \rightarrow B$  — 81 кадр. Кадр С включался в оба отрезка. Отметим, что в обоих переходах мимическое выражение второй эмоции занимало больше времени, чем первой, а динамика перехода была нелинейна. Частота кадров для всех отрезков различалась, а время экспозиции наблюдателям составляло 5 с.

**3. Статические экспрессии.** Статическими экспрессиями выступали изображения А и В — начальный и конечный кадры каждого видеофрагмента. Время их экспозиции также составляло 5 с. Ранее было показано, что такой продолжительности адаптации к статической экспрессии достаточно для демонстрации значимых эффектов, а уменьшение времени приведет к исчезновению ЭА (Hsu, Young, 2004). Мы сохранили это время и для динамических адапторов, в связи с чем динамические экспрессии и переходы предьявлялись замедленными.

Для эксперимента 2 были подготовлены адапторы, составленные из пар динамических экспрессий, использованных в эксперименте 1.

**4. Составные динамические смены экспрессий.** Динамические последовательности включали отрезки  $A \rightarrow C$  и  $C \rightarrow B$  (прямая последовательность кадров) и  $B \rightarrow C$  и  $C \rightarrow A$  (обратная последовательность кадров). В результате получали стимулы, состоящие из двух равных по продолжительности динамических экспрессий: первая в течение пяти секунд сменялась амбивалентным выражением лица, вторая в течение пяти секунд проявлялась на фоне амбивалентного выражения. Экспозиция каждого адаптора длилась 10 с. Естественная скорость экспрессий натурщицы, таким образом, уменьшалась, причем в разной степени для разных частей видеоклипа.

Тестовыми изображениями в обоих экспериментах служили по 10 статических кадров из середины каждого исходного видеофрагмента, взятые с шагом 40 мс оригинальной записи (каждый третий кадр). Их диапазон подбирался по результатам пилотной серии, так чтобы он включал изображения, которые оцениваются преимущественно как «радость», и изображения, которые оцениваются как «печаль». Теоретические дистанции от начала перехода для тестовых изображений из перехода «радость–печаль» составляли .0061–.023, а из перехода «печаль–радость» — .0065–.022. При этом визуально изображения из разных переходов отличались, в частности, тем, что тестовые изображения из перехода «радость–печаль» представляли лицо с открытым ртом, а из перехода «печаль–радость» — с закрытым. На рисунках А1 и А2 начальные и конечные кадры диапазона тестовых стимулов обозначены буквами D и E.

**■ научная жизнь**

# Объединенная Евро-Азиатско-Тихоокеанская конференция по когнитивной науке

**Илья Юрьевич Владимиров**

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

**Сергей Юрьевич Коровкин**

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

**Юлия Владимировна Николаева**

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

**Аннотация.** Объединенная Евро-Азиатско-Тихоокеанская конференция по когнитивной науке, прошедшая в Турине 25–27 сентября 2015 года, состоялась как совместная Четвертая Европейская и Десятая Международная конференции по когнитивной науке и послужила местом встречи ученых из 37 стран мира. В рамках форума была вручена научная премия Mind & Brain Prize, основанная в 2003 г. Центром когнитивной науки Политехнического университета Турина. Эта статья предлагает читателям краткий обзор наиболее интересных докладов и лекций, представленных на данной конференции.

**Контактная информация:** Илья Юрьевич Владимиров, [kein17@mail.ru](mailto:kein17@mail.ru); Сергей Юрьевич Коровкин, [korovkin\\_su@list.ru](mailto:korovkin_su@list.ru), ЯрГУ им. П.Г. Демидова, Факультет психологии, пр-д Матросова, 9, к. 204, 150057 Ярославль, Россия; Юлия Владимировна Николаева, [julianikk@gmail.com](mailto:julianikk@gmail.com), МГУ им. М. В. Ломоносова, филологический факультет, кафедра теоретической и прикладной лингвистики, Воробьевы горы, 1-й учебный корпус, комн. 953, 119899 Москва, Россия.

**Ключевые слова:** когнитивная наука, нейронаука, психология, лингвистика, философия сознания, робототехника, обзор конференции

© 2015 Илья Юрьевич Владимиров, Сергей Юрьевич Коровкин, Юлия Владимировна Николаева. Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0. всемирная, 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 благодарны Андрею Александровичу Кибрику за ценные дополнения к тексту данного сообщения.

Статья поступила в редакцию 27 декабря 2015 г. Принята в печать 30 декабря 2015 г.

В итальянском городе Турине с 25 по 27 сентября проходила Объединенная Евро-Азиатско-Тихоокеанская конференция по когнитивной науке ([EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science](#)). В рамках конференции приняли участие ученые из 37 стран мира и были представлены доклады по психологии, нейронауке, лингвистике, искусственному интеллекту, философии, машинному обучению и робототехнике.

В этот раз в Турине в рамках одного форума прошли две традиционные конференции. X Междуна-

родная конференция по когнитивной науке (серия Азиатско-Тихоокеанских конференций ICCS; первая конференция прошла в 1997 г. в Сеуле в Южной Корее) объединяет исследователей, занимающихся теоретическими и прикладными вопросами в таких сферах, как антропология, искусственный интеллект, образование, лингвистика, нейронаука, философия и психология. IV Европейская конференция по когнитивной науке (EuroCogSci; первая конференция состоялась в 2003 г. в Оснабрюке в Германии) — междисциплинарная пло-

цадка для встречи европейских ученых. На европейской конференции, которая проводится каждые четыре года, уделяется особенное внимание тем работам, которые охватывают несколько областей науки или интегрируют методы, используемые в других отраслях знания. Организаторы конференции в равной мере приветствуют применение когнитивных исследований в таких сферах, как взаимодействие человека и компьютера, образование, управление базами знаний и информационные технологии.

В первый день конференции состоялось вручение премии *Mind & Brain Prize* за выдающиеся достижения в области когнитивной науки. Премия основана в 2003 году и вручалась таким замечательным ученым, как Майкл Томаселло, Джакомо Ричцоллатти, Джон Сёрл, Филипп Джонсон-Лэрд, Джерри Фодор, Джеймс МакКлелланд, Дэниэл Деннетт и другие. В этом году она была вручена британцу Николасу Хамфри (Nicholas Humphrey), который одним из первых описал и изучил феномен слепозрения (*blindsight*) на примере поведения макаки Хелен после того, как у нее была удалена первичная зрительная кора (V1). На конференции Н. Хамфри выступил с пленарной лекцией «*Изобретение сознания*», в которой предложил свое решение «трудной» проблемы сознания. По мнению Н. Хамфри, сознание является изобретением в обоих смыслах этого слова: 1) как некоторое устройство, созданное для достижения определенных целей, и 2) как человеческая идея, вымысел, необходимый для убеждения или введения в заблуждение. С одной стороны, сознание — это специальное устройство, благодаря которому осуществляется синхронизация работы множества независимых систем познания и действия. С другой стороны, сознание является несомненной иллюзией, создающей впечатление существования субъективных свойств и чувства Я. Для демонстрации этой идеи Н. Хамфри использует метафору автопилота, который способен выполнять все те же функции, что и пилот-человек для управления самолетом, анализируя и синхронизируя данные множества систем. Таким образом, осмысленность и сознатель-

ность такой системы управления является излишней и иллюзорной. Однако, по мнению Н. Хамфри, сознание является результатом эволюции в обоих смыслах понятия «изобретение». Так что сама иллюзия сознания (и, следовательно, трудная проблема сознания) сформировалась под влиянием эволюции и может носить важный приспособительный смысл. Из этого Н. Хамфри делает ряд неожиданных морально-этических выводов.

Молодежную премию *Mind & Brain Prize* получила француженка Фредерик де Виньмон (Frédérique de Vignemont), активно занимающаяся проблемами построения схемы тела и мозговыми механизмами ее нарушений. В своей лекции “*Whose body matters?*” она рассматривала вопрос о том, как и почему мы воспринимаем тело как свое. Существуют две основные гипотезы: 1) мы воспринимаем тело как свое, если получаем от него ощущения, и 2) мы воспринимаем тело как свое, если способны его контролировать. В то же время данные о нарушениях ясно показывают нам, что можно испытывать ощущения из различных частей тела, но при этом воспринимать эти части тела как чужие. Исследования освоения орудий, которые мы можем контролировать, показывают, что орудия не воспринимаются как полноценная часть тела. Кроме того, сильная иллюзия резиновой руки носит в основном перцептивный характер. Для разрешения этих противоречий Ф. де Виньмон предлагает воспользоваться аналогией из социальной психологии, в которой известно, что патриотизм и чувство единства нации актуализируются при наличии внешней угрозы. Переноса эту аналогию на тело человека, она предполагает, что восприятие собственного тела основано на механизмах оценки внешней опасности.

В первый день конференции также состоялся симпозиум «Рассказы о грушах. Сорок лет спустя» (организатор — А. А. Кибрик), продемонстрировавший историю и перспективы уникального явления в лингвистической и когнитивной науке. В середине 1970-х в университете Беркли, Калифорния, Уоллес Чейф (Wallace Chafe) и его коллеги начали работу над про-



**Фото 1.** Андрей Кибрик и Юлия Николаева представляют доклад “Russian Pear Stories: Sign language, gesticulation, multimodality” в рамках симпозиума “Pear stories, 40 years later”. Фото Миры Бергельсон.



**Фото 2.** Один из авторов первоначального проекта «Pear stories» Джон Дюбуа с грушами, выращенными и привезенными к юбилею из России Андреем Кибриком. Фото Андрея Кибрика.

ектом, который был впоследствии назван «Рассказы о грушах» (“Pear Stories”). Они сняли короткий фильм, который оказался чрезвычайно удобным и полезным в качестве стимульного материала и до сих пор используется многими исследователями: его пересказы на разных языках позволяют сравнивать когнитивные процессы, отвечающие за понимание, категоризацию, запоминание, извлечение из памяти и преобразование замысла в речь.

У. Чейф не смог присутствовать на симпозиуме лично, но записал свой доклад и обращение к участникам на видео. Он рассказал, как идея о создании фильма сформировалась под влиянием его работы с языками североамериканских индейцев, в процессе которой стало ясно, что даже одну и ту же мысль или одну и ту же историю человек каждый раз будет рассказывать по-разному. Короткие фильмы У. Чейф использовал в рамках своего революционного на тот момент курса «Язык и сознание» в Университете Беркли, и там же сформировалась команда из аспирантов, в которую вошли, в частности, такие ставшие впоследствии известными ученые, как Джон Дюбуа и Дебора Таннен. Удивительно, что, хотя с тех пор прошло 40 лет, больше никто не создал такой фильм, который можно было бы использовать в разных точках земли для исследований мышления и языка. Участники симпозиума с большим интересом узнали о любопытных подробностях, имевших место в процессе создания фильма.

Дж. Дюбуа (John Du Bois) отметил, что «Фильм о грушах» прекрасно выполняет свою задачу: он позволяет ученым изучать самые разные вопросы и сравнивать языки по всему миру, избежав трудностей, которые возникают при переводе или адаптации стимульного материала к условиям другой среды. Важная особенность фильма заключается в том, что в пересказе мы можем встретить широкое разнообразие типологиче-

ски интересных лингвистических конструкций. Фильм по-прежнему может быть очень полезен для исследований в сфере функциональной, когнитивной, типологической лингвистики и в других областях, и даже послужить основой для создания глобального мультиязычного «Грушевого корпуса».

Можно сказать, что сейчас интерес к «Фильму о грушах» переживает второе рождение и открывает новые возможности для ученых, изучающих разнообразные аспекты коммуникации. В рамках симпозиума участники из США, России, Японии и Финляндии рассказывали о своих исследованиях на материале разных языков, в том числе английского, финского, верхнелужицкого, русского и русского жестового языка. Их интересовали такие явления, как вербализация привычного опыта, просодические и жестовые средства в дискурсе, и даже влияние неврологического статуса говорящего на его речь. Так, доклад коллектива российских лингвистов, который был представлен на конференции Мирой Бергельсон, Юлией Акининой и Марией Худяковой, был посвящен использованию «Фильма о грушах» при исследовании афазий. А Андрей Кибрик, Ольга Федорова и Юлия Николаева в своем докладе «Russian Pear Stories: Sign language, gesticulation, multimodality», а также в докладе общей сессии «Multimodal discourse: In search of units» рассмотрели вопрос о координации единиц, относящихся к разным каналам мультимодального дискурса, включая вербальный компонент, просодию и жестикуляцию. Элементарные предикативные структуры, просодические единицы и изобразительные жесты коррелируют между собой. Кроме того, можно до некоторой степени проследить координацию трех каналов — вербального, просодического и жестового — на уровне последовательностей, состоящих из нескольких элементарных единиц.

Совместные доклады нескольких выступающих были характерны не только для российских участников. Интересная форма совместной лекции была продемонстрирована и на пленарном докладе «Социальное познание: зеркала и перспективы» двух известных специалистов: в области нейро-физиологии — Джакомо Риццолатти (Giacomo Rizzolatti) и в области когнитивного развития — Йозефа Пернера (Josef Perner). Лекция была разбита на два получасовых доклада. Доклад «Зеркала», в котором Джакомо Риццолатти, первооткрыватель «зеркальных нейронов» в зоне F5 премоторной коры макаки, продемонстрировал, что возникновение активности в двигательных зонах при восприятии соответствующих движений другого может быть выявлено также и для восприятия сложных поведенческих паттернов. Австрийский психолог и нейрочеловек Йозеф Пернер в докладе «Перспективы» предположил, что развитие социального познания, для которого необходимо понимание точки зрения другого (изменение перспективы, или децентрация), является специфично человеческим явлением и требует множества когнитивных изменений, а не только изменения зрительной перспективы. Изменение перспективы во многих тестах начинает успешно происходить в возрасте около 4 лет и, по мнению Й. Пернера, связано с активным развитием зон предклинья и задней



**Фото 3.** Джакомо Риццолатти (слева) и Йозеф Пернер (справа) во время совместной пленарной лекции «Социальное познание: зеркала и перспективы». Фото Сергея Коровкина.

части левой теменной доли. Когнитивным механизмом изменения перспективы может являться создание ментальных файлов с совместными референциями (*coreferential mental files*).

Широко были представлены работы, посвященные проблемам коммуникации. Наряду с традиционными для этого направления исследованиями лингвистов демонстрировались также работы, выполненные в парадигме «совместного действия» (*joint action*).

Акира Утсуми (Akira Utsumi) из Университета электрокоммуникаций в Токио предлагает метод построения семантического пространства для билингвов (L1 — японский, L2 — английский). Этот подход предполагает, что, сопоставив семантические поля для L1 и L2, мы можем получить общее семантическое поле, которое, как можно ожидать, ближе к L1, чем к L2. Такой метод позволяет объяснить многие эффекты, например почему межъязыковой прайминг действует только в направлении L1→L2, но не наоборот (то есть слово-стимул на родном языке активирует слово-мишень на втором языке, но в обратном направлении эффекта не наблюдается). Также построение единого лексикона для двух языков помогает объяснить, почему билингвы справляются с лексическими заданиями хуже, чем монолингвы.

Питер Коппин (Peter Coppin) из Университета Торонто предлагает модель, которая оценивает, насколько точно можно передать посредством текста (письменного или звучащего) информацию, содержащуюся в визуальном материале — иллюстрациях, диаграммах, таблицах и графиках. Системы, делающие возможным такое преобразование, востребованы, например, слепыми или слабовидящими людьми. Анализ показывает, что графики передают два типа инфор-

мации: конкретную (геометрические и топологические особенности) и более высокого уровня обобщения концептуальную (аналитическую). Информацию первого типа можно преобразовать в текст с гораздо меньшими потерями, чем второго. Согласно этой модели, добавление в полученный текст информации обобщающего плана сделает сообщение более содержательным по сравнению с чисто графическими данными.

Дэвид Галеа и Питер Бруза (David Galea and Peter Bruza) из Квинслендского технологического университета предлагают на основе корпусов строить сети ассоциаций между словами, которые бы предсказывали ассоциации, возникающие у людей при предъявлении отдельных слов. При сравнении ассоциативных сетей, построенных на базе корпусов, с имеющимися сетями свободных ассоциаций, полученными от людей, авторы учитывали два параметра: количественный — в какой мере полученные результаты правильно предсказывают частоту ассоциаций и расстояние между словами — и структурный — насколько правильно отражены имеющиеся между словами ассоциативные связи. Как известно, ассоциативные сети — основа ментального лексикона, однако их построение с помощью испытуемых очень трудоемко и требует много времени, таким образом объем полученного словаря неизбежно оказывается ограничен. Авторы показывают, что структура ассоциативных сетей, которые они построили на основе корпусов, очень похожа на ту, которая получается на основе норм, полученных методом свободных ассоциаций в Университете Южной Флориды (со скидкой на географическую и временную неоднородность этих данных). То же касается и количественных характеристик сети, полученной на основе корпусов.



**Фото 4.** Пленарный доклад Минору Асады «Как развивать искусственную эмпатию?»  
Фото Сергея Коровкина.

Дафна Мунтаньола-Саура (Dafne Muntanyola-Saura) из Барселоны в очень интересном докладе про общение испанской команды по синхронному плаванию и их тренера в процессе подготовки к Олимпийским играм описала взаимодействие вербальных и невербальных средств (взгляд, жесты, поворот корпуса) в процессе тренировки. Она исследовала, какие модальности используются для обозначения референтов и в какой степени это может быть примером общего знания (*socially distributed cognition*). При обучении спортсменов тренер показывает им на видеозаписи движения, которые надо исправить, при этом иногда сам смотрит на экран своей камеры, в то время как спортсмены просматривают тот же фрагмент записи на обычном мониторе. Тренер использует жесты, слова и направление взгляда, чтобы выделить нужное движение или показать, к кому из спортсменов он обращается. Об отношениях в команде сигнализируют примеры смены ролей в разговоре, когда более опытная спортсменка после объяснений тренера сама выступает в роли тренера для менее опытной: вторая остается слушателем, а первая обозначает ее ошибку, дополняя слова тренера. Здесь более опытная спортсменка как бы является расширением взгляда и жестов тренера. Таким образом, когда тренер корректирует движения спортсменок, он использует разные средства, задействуя других людей, предметы вокруг них и социальные правила общения и взаимодействия. Эти механизмы можно наблюдать во взаимодействии не только спортсменов, но и танцоров, музыкантов, ученых и врачей.

Активно участвовали в основной программе конференции и российские исследователи. Среди сообщений российских лингвистов можно отметить доклад Дарьи Черновой и Татьяны Черниговской из Санкт-Петербургского университета, которые показали, что в обработке синтаксически неоднозначных предложений на русском языке можно выделить два этапа:

в режиме реального времени предпочтение отдается локальному согласованию, а в ходе окончательной интерпретации учитываются дискурсивные факторы. Работы российских психологов были посвящены преимущественно проблемам эмоций, интеллекта и процесса решения задач.

Елена Николаева, Евгений Вергунов и Александр Добрин (Санкт-Петербург, Новосибирск, Елец) проверили в своей работе предположение о том, что различие в регуляции кардиоритма связано с функциональной моторной асимметрией и может наблюдаться уже у детей 7–8 лет. Их исследование показало, что у праворуких детей эмоционально стрессовые ситуации существенно влияют на изменение сердечного ритма, в то время как у леворуких такой взаимосвязи не замечено. Во взрослом возрасте это может проявиться в большем риске инфаркта у людей, у которых наблюдается явное предпочтение правой руки.

Алина Трифонова из Института психологии РАН показала, что интеллектуальные ресурсы человека, определяющие эффективность его интеллектуальной деятельности и его достижения, в существенной степени зависят от развития его понятийных (категориальных и концептуальных) способностей. Она продемонстрировала взаимосвязь между уровнем развития аналитического, вербального и невербального интеллекта, с одной стороны, и понятийными способностями — с другой — и показала, что последние играют важную роль в развитии интеллектуальных возможностей человека.

Сергей Коровкин и Ольга Никифорова из Ярославского государственного университета продемонстрировали, что юмор (просмотр юмористических видеороликов перед экспериментом) уменьшает время, требующееся на решение творческих задач (*insight problem solving*), в то время как на решение стандартных задач никакого эффекта не оказывает. Авторы полагают, что это влияние обусловлено уменьшением

стресса и расфокусировкой внимания у испытуемых. В другом докладе Ильи Владимирова, Александры Чистопольской и Сергея Коровкина было показано, что для решения инсайтных задач по сравнению с аналитическими люди скорее используют модально специфическое представление информации.

В совершенно другом контексте инсайтные задачи были рассмотрены в докладе, который представили Эмилия Гарсия-Казадемонт и Люк Стилс (Emilia Garcia-Casademont and Luc Steels) из Барселоны. Авторы этого сообщения предлагают подход, который моделирует усвоение грамматики как процесс решения творческих (инсайтных) задач. В представленном эксперименте два робота-гуманоида работают как учитель и ученик. Первый знакомит второго с лексическими единицами и синтаксическими конструкциями, второй должен идентифицировать объекты, называемые учителем. Инсайтные задачи отличаются от стандартных тем, что требуют перехода на метауровень. Например, задача о девяти точках может быть решена только снятием предполагаемых ограничений, а в задаче об Антонии и Клеопатре надо изменить понимание исходных условий. Усвоение языка также требует от ученика творческих решений, например в таких ситуациях, когда грамматические характеристики слова противоречат его позиции в синтаксической структуре (существительное использовано в качестве глагола) или отсутствует какой-то элемент в синтаксической структуре. В архитектуре роботов были предусмотрены: обширный семантический блок, обеспечивающий решения на основе словарных значений; металингвистический блок; соответствующие операторы обучения и исправ-

ления ошибок. У ученика изначально нет заданных синтаксических категорий и конструкций (первый эксперимент) либо, вдобавок к этому, нет заранее прописанного лексикона. Эксперимент показал, что алгоритмы перехода на метауровень позволяют ученику успешно усваивать материал и после обучения правильно идентифицировать лексические и синтаксические единицы.

Вообще идея о моделировании познания и коммуникации в искусственном интеллекте и робототехнике была весьма популярна на конференции. Наиболее полное развитие она получила в пленарной лекции Минуру Асада (Minoru Asada), представленной им в последний день форума. М. Асада известен как основатель и руководитель чемпионата мира среди роботов RoboCup. Его доклад «Как развивать искусственную эмпатию?» был посвящен попыткам моделирования когнитивного развития и эмоционального реагирования с помощью искусственного интеллекта. М. Асада предлагает объединить два подхода к моделированию когнитивных (cognitive developmental robotics, CDR) и аффективных (affective developmental robotics, ADR) функций для моделирования наиболее трудной функции — эмпатии, необходимой для повышения эффективности взаимодействия между роботом и человеком.

С развернутыми тезисами всех докладов, представленных на конференции, можно познакомиться в открытом доступе (<http://ceur-ws.org/Vol-1419/>). А на итоговом пленарном заседании организаторы пригласили всех встретиться в 2017 году на очередном форуме серии ICCS в г. Тайбей (Тайвань).



## ■ recent events in the field ■

# EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science

### Ilya Yu. Vladimirov

P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

### Sergei Yu. Korovkin

P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

### Julia V. Nikolaeva

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Abstract.** The EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science was held September 25 to 27 in Torino, Italy, and brought together the 4th European Conference on Cognitive Science (EuroCogSci) and 10th International Conference on Cognitive Science (ICCS). The conference was attended by scientists from 37 countries. The Mind & Brain Prize established in 2003 by the Center for Cognitive Science of the University and Polytechnic of Turin was awarded at the conference. This paper provides a brief overview of the most interesting reports and lectures presented at the conference.

**Correspondence:** Ilya Yu. Vladimirov, [kein17@mail.ru](mailto:kein17@mail.ru); Sergey Yu. Korovkin, [korovkin\\_su@list.ru](mailto:korovkin_su@list.ru); Faculty of Psychology, P. G. Demidov Yaroslavl State University, 9 Matrosova proezd, office 204, 150057 Yaroslavl, Russia; Julia V. Nikolaeva, [julianikk@gmail.com](mailto:julianikk@gmail.com); Department of Theoretical and Applied Linguistics, Lomonosov Moscow State University, 1st Academic building, office 953, Vorobyevy Gory, 119899 Moscow, Russia.

**Keywords:** cognitive science, neuroscience, psychology, linguistics, philosophy of mind, robotics, conference summary

**Copyright** © 2015. Ilya Yu. Vladimirov, Sergei Yu. Korovkin, Julia V. Nikolaeva. 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.

**Acknowledgements.** Authors thank Andrey Kibrik for his valuable additions to this conference summary.

Received 27 December 2015, accepted 30 December 2015.

# XVIII Европейская конференция по движению глаз

**Вероника Константиновна Прокопеня**

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** XVIII Европейская конференция по движению глаз состоялась 16–21 августа 2015 года в Венском университете (Австрия). В этом году количество участников конференции превысило 600 человек. В данном обзоре представлен краткий рассказ о ключевых событиях конференции и об основных направлениях исследований, представленных в устных и стендовых докладах.

**Контактная информация:** Вероника Константиновна Прокопеня, [v.prokopenya@spbu.ru](mailto:v.prokopenya@spbu.ru), Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), ул. Галерная 58–60, 190000 Санкт-Петербург, Россия.

**Ключевые слова:** ай-трекинг, регистрация движений глаз, движения глаз, зрительное восприятие, чтение, обзор конференции

© 2015 Вероника Константиновна Прокопеня. 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.

Статья поступила в редакцию 27 декабря 2015 г. Принята в печать 31 декабря 2015 г.

В августе 2015-го года ученые со всех уголков мира собрались вместе на крупнейшем и старейшем в Европе форуме, посвященном исследованиям движений глаз — [European Conference on Eye Movements \(ECEM\)](http://www.ecem.eu). Местом проведения восемнадцатой по счету конфе-

ренции стал Венский университет, который в этом году отмечает свое 650-летие. Официальный слоган юбилея гласит: «*Wir stellen die Fragen seit 1365*» (*Мы задаемся вопросами с 1365 года*) (фото 1). Это как нельзя более точно отражает и дух конференции, вот уже более трид-



**Фото 1.** Слоган Венского университета и флаг Европейской конференции по движению глаз. Фото Дарьи Черновой.

цати лет объединяющей исследователей, чья сфера интересов связана с различными аспектами регистрации и анализа движений глаз. Невероятный технологический прорыв в качестве и доступности видеоокулографии позволил достичь феноменальных результатов, но в то же время породил и множество новых вопросов. Вот почему количество участников конференции возрастает с каждым годом. Тем приятнее отметить, что в этом году впервые были представлены доклады сразу нескольких научных коллективов из России. Общее количество докладчиков и слушателей превысило 600 человек, однако ощущение целостности конференции не покидало участников на протяжении всех пяти дней. Интересно, что этих людей объединила не общая тема исследований, а общий метод.

Конференция открылась теплым воскресным вечером пленарным докладом **Петера Кёнига (Peter König, Osnabrück)**, посвященным взаимосвязи движений глаз и сознания. После этого в галерее внутреннего двора университета участникам был предложен торжественный ужин, во время которого начались первые оживленные дискуссии, продлившиеся до глубокой темноты.

Этим летом в Европе было невероятно жарко, но, очевидно, сама природа приветствовала участников конференции: утром в понедельник температура понизилась до комфортных 20 °C, и уже ничто не могло помешать наслаждаться докладами. Каждый день вниманию публики предлагались пленарные лекции ведущих специалистов в области регистрации движений глаз. **Джон К. Тсочос (John K. Tsotsos, Toronto)** рассказал об особенностях своей модели управления движениями глаз, известной под названием *STAR (Selective Tuning Attentive Reference Model)*; **Робин Уолкерс (Robin Walkers, London)** поделился результатами исследований, посвященных инициации саккад; **Юкка Хьона (Jukka Hyönä, Turku)** обобщил накопленные за десятилетия данные об объеме оперативного поля зрения при чтении (англ. *attentional span*); **Лорен Итти**

**(Laurent Itti, LosAngeles)** представил последние разработки в области моделирования зрительного внимания при разглядывании динамического изображения; наконец, **Тирин Мур (Tirin Moore, Stanford)** рассказал о психологических механизмах управления движениями глаз и их взаимосвязи со зрительным вниманием и восприятием. Однако самые продолжительные овации вызвала лекция единственной женщины среди пленарных докладчиков **Франсуазы Виту (Françoise Vitu, Marseille)**, которая поделилась самыми свежими результатами (по признанию самой докладчицы, полученными буквально накануне вечером) исследования, посвященного взаимосвязи распределения зрительного внимания и движений глаз. Отрадно отметить, что практически каждая пленарная лекция, да и многие доклады, начиналась с упоминания о выдающемся отечественном ученом-физиологе Альфреде Лукьяновиче Ярбусе (1914–1986), одном из основателей метода регистрации движений глаз — окулографии — и авторе классической книги *«Роль движений глаз в процессе зрения»*, изданной сначала на русском (1965), а затем и на английском языке (*Eye Movements and Vision*, 1967).

По традиции программа конференции рассчитана на пять дней — с понедельника по пятницу, причем во второй половине дня в среду предусмотрено свободное время, чтобы участники могли познакомиться с местными достопримечательностями или посетить известную университетскую библиотеку (фото 2). Торжественным завершением вечера среды стал конференциальный ужин в городской Ратуше под аккомпанемент старинных инструментов (фото 3).

Основная программа конференции включала более четырехсот докладов. И хотя большинство из них рассказывали о различных аспектах процесса чтения, было затронуто и множество других разнообразных тем. Так, целая секция была посвящена наиболее загадочной составляющей движений глаз — микросаккадам. Несмотря на многочисленные исследования, про-

водящиеся в последние годы, до сих пор нет единого мнения относительно их функций и даже алгоритмов их регистрации. Амплитуда микросаккад настолько мала, что для их выделения из общего шума необходимо предпринимать определенные процедуры фильтрации. То, каким образом фильтровать сигнал, и является одним из основных предметов спора, поскольку в зависимости от примененного алгоритма получается разный результат. Были представлены и конкретные результаты, в том числе и клинические. Так, например, в ходе исследования пациента со зрительной агнозией было выявлено, что количество микросаккад у него значительно меньше, чем у здоровых испытуемых. При этом количество обычных саккад и фиксаций, а также средняя длительность фиксаций остаются на уровне



**Фото 2.** Библиотека Венского университета. Фото Дарьи Черновой.

нормы. Исходя из полученных фактов, исследователи делают предположение, что одной из функций микро-саккад является распознавание объектов (Yingdi Liu et al., *Visual categorization boots microsaccade rate*).

Среди тем других секций были зрительный поиск, восприятие сцен, нейрофизиологические и нейро-психологические аспекты движений глаз и восприятие лиц. Были обнаружены интересные параллели между ЭЭГ-данными и данными о движениях глаз при распознавании лиц. Так, например, для того чтобы узнать лицо (англ. *recognition*), человеку достаточно одной фиксации, а для припоминания, было или не было это лицо предъявлено ранее (англ. *recollection*), — двух фиксаций. Это соответствует полученным ранее результатам ЭЭГ (ВП): компонент ВП в интервале 300–500 мс отвечает за узнавание, в то время как более поздние компоненты — после 500 мс — за припоминание. Кроме того, было показано, что на качество распознавания влияет не только время предъявления стимула, но и количество фиксаций: наилучший эффект распознавания лиц был достигнут, когда испытуемым предоставлялась возможность совершить две фиксации взора на изображении в двух разных точках

(Charlotte Schwedes, Dirk Wentura, *Face recognition: The contribution of different input locations and input durations to recognition processes*).

Несколько тем были посвящены технической стороне вопроса — алгоритмам регистрации движений глаз, новейшим разработкам в области оборудования и программного обеспечения. На протяжении всего периода работы конференции участникам также предоставлялась возможность пообщаться с представителями фирм-производителей оборудования для регистрации движений глаз и познакомиться с новинками отрасли. Генеральными партнерами и спонсорами конференции являлись такие всемирно известные в области регистрации движений глаз компании, как SMI, SR Research (EyeLink), Tobii, Mangold, VPixx.

Постерные сессии проходили в одном прекраснейших залов университета — *Main Ceremonial Chamber*, чьи своды украшали аллегорические изображения различных наук (фото 5). Тематика постерных докладов (фото 4) была самой разнообразной — от процессов чтения или восприятия лиц до стратегий движений глаз в процессе рассматривания произведений искусства или распределения внимания пилотов при взлете и посадке.



**Фото 3.** Участники конференции на торжественном ужине в городской Ратуше Вены. Фото Андрея Николаева.

**Фото 5.** Аллегорические изображения наук над головами участников постерной сессии. Филология. Фото Светланы Алексеевой.

**Фото 4.** Постерная сессия в церемониальном зале Венского университета. Фото Всеволода Пейсаховича. ▼



Одной из особенностей конференции ЕСЕМ является ее ориентированность на молодых ученых. Так, организаторы неоднократно подчеркивали, что основной своей целью считают предоставить молодым исследователям возможность поделиться с широкой публикой результатами своей работы, получить советы от опытных коллег, зарекомендовать себя в научном сообществе. В январе 2015 года ушел из жизни один из выдающихся исследователей движений глаз, автор множества классических работ по исследованию особенностей движений глаз при чтении, заслуженный профессор университета Сан-Диего **Кейт Райнер (Keith Rayner)**. В память о великом ученом и учителе в рамках конференции ЕСЕМ был учрежден специальный приз — Keith Rayner Memorial Award, который разыгрывался среди студентов и аспирантов, представляющих свои доклады на конференции. Победителем стала студентка университета Ноттингема (Великобритания) **Александра Туркан (Alexandra Turcan)** за доклад о роли контекстных факторов в восприятии сарказма в письменном тексте (*The role of contextual factors in written sarcasm comprehension*). В рамках трех экспериментов испытуемым предлагалось читать истории, содержащие фразу в буквальном либо саркастическом значении. Было обнаружено, что на обработку выражения в саркастическом значении требуется больше времени по сравнению с буквальным. Однако при наличии контекста, задающего ожидание сар-

казма, время прочтения ключевого компонента в саркастическом значении не будет отличаться от буквального. При этом важно отметить, что все отличия были выявлены только на поздних этапах обработки, то есть при повторном прочтении (при первом прочтении никаких различий между условиями не обнаружено).

Один из членов экспертного жюри так охарактеризовал молодую докладчицу: «Если бы она была моей студенткой и представляла бы результаты исследований моей лаборатории, я бы был горд».

Завершилась конференция презентацией площадок будущих форумов. В 2017 году конференцию ЕСЕМ примет немецкий город Вупперталь (Wuppertal), основной достопримечательностью которого является старейшая в мире действующая монорельсовая подвесная дорога, опоясывающая весь город и выполняющая функцию метрополитена. А в 2019 году местом проведения конференции станет солнечный Аликанте (Alicante, Spain).

Результаты XVIII европейской конференции по движению глаз (ЕСЕМ) были опубликованы в специальном выпуске журнала [Journal of Eye Movement Research](#).

Напоследок хочется, вслед за деканом факультета психологии Венского университета, процитировать название короткометражного фильма венского кинорежиссера Бади Минк (*Bady Minck, «Im Anfang war der Blick»*, 2003): *Вначале был взгляд...*

## ■ recent events in the field ■

# XVIII European Conference on Eye Movements

**Veronika K. Prokopenya**

St. Petersburg State University (SPBU), Saint Petersburg, Russia

**Abstract.** The 18th European Conference on Eye Movements was held at the University of Vienna (Austria) on August 16–21, 2015. This year, the number of participants exceeded 600 attendees and contributors. The present review highlights the key events of the conference and the main topics of the oral and poster presentations.

**Correspondence:** Veronika K. Prokopenya, [v.prokopenya@spbu.ru](mailto:v.prokopenya@spbu.ru); St. Petersburg State University (SPBU), Galernaya st. 58–60, 190000 St. Petersburg, Russia.

**Keywords:** eye-tracking, eye movements, reading, visual perception, conference summary

**Copyright** © 2015. Veronika K. Prokopenya. This is an open-access article 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 is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Received 27 December 2015, accepted 31 December 2015.