■ research papers ■

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; 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](#) (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 3rd Conference on Cognitive Science in Moscow: New Studies (June 16, 2015; Moscow, Russia) and the 38th European Conference on Visual Perception — ECV^P 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 lead 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
	static expression vs. dynamic expression	1.02	29.70	.379
Second	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., & Bülhoff, H.H. (2010). Recognition of dynamic facial action probed by visual adaptation. In C. Curio, H.H. Bülhoff, & 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., Bülhoff, 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. doi:10.1371/journal.pone.0100162
- Kätsyri, 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 mikrointeravalaх 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, 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”](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) («Атрибуция») 4.0. всемирная, согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

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 — ECVF’15 (23–27 августа 2015 г., Ливерпуль, Великобритания).

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ, проект № 15-36-01281a2 «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 смешения 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 активует 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.) $\times$ 2 (внутригрупп.) $\times$ 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 $\times 4$ повтора), 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 *quickspsy* (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 TSP, 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 TSP, 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 ТСП были проанализированы с помощью дисперсионного анализа (ANOVA). М-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 ТСП проводились для взаимодействия *экспрессия* $\times$ *тип адаптора*. Поскольку фактор *переход* не взаимодействовал значимо с другими факторами, оценки ТСП 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 ТСП 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 ТСП 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 предъявляется 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 предъявление 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* $\times$ *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. Основной результат 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; Kättsyri, 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 вычитенной 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., Etchells 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 Research*. 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 after-effects // *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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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:10.1080/02699939408408928](https://doi.org/10.1080/02699939408408928)

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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00157)

Tcherkassof 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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 $\text{печаль} \rightarrow \text{радость}$ ($2A \rightarrow 2B$) не совпадает с адаптором $\text{радость} \rightarrow \text{печаль}$, 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 предъявлялись 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.