

КЛИНИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ СВОЙСТВА
ВОЗВРАТНЫХ ФИКСАЦИЙ ВЗГЛЯДА ПРИ ОСМОТРЕ
ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

© Л. Н. Подладчикова, Д. Г. Шапошников, Т. И. Колтунова

Научно-исследовательский технологический центр нейротехнологий
Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: lnpodladchikova@sfnu.ru

Рассматриваются пространственные и временные свойства возвратных фиксации взгляда на только что осмотренных областях изображений из базы IAPS. В каждом тесте каждому испытуемому ($n = 20$) предъявлялось по 10 позитивных, негативных и нейтральных изображений. Обнаружено, что вероятность возвратных фиксации варьировала в различных тестах от 0.04 до 0.42 и в среднем она составила при просмотре негативных, нейтральных и позитивных изображений: 0.090 ± 0.009 , 0.079 ± 0.012 и 0.076 ± 0.009 . Показано, что распределения длительности возвратных фиксации и амплитуды предшествующих (возвращающих) им саккад имеют бимодальный характер. Кроме того, наблюдается тренд увеличения длительности возвратных фиксации с уменьшением амплитуды предшествующей саккады. Максимальная плотность и длительность возвратных фиксации найдена в областях интереса, определенных по пространственному распределению всех фиксации взгляда (как регулярных, так и возвратных). Обнаружено, что испытуемые с доминированием фокальных траекторий осмотра имели более высокую вероятность возвратных фиксации, чем испытуемые с доминированием пространственно распределенных траекторий (0.09 ± 0.003 и 0.05 ± 0.006). В свете полученных результатов обсуждается возможность оценки доминирующего компонента зрительного внимания на данном этапе динамического процесса осмотра изображений и перспективы исследований в этом направлении.

Ключевые слова: база изображений IAPS, движения глаз, возвратные фиксации взгляда, области интереса, амплитуда саккад, фокальные и пространственно распределенные траектории осмотра.

Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. Т. 104. № 2. С. 245—254. 2018

L. N. Podladchikova, D. G. Shaposhnikov, T. I. Koltunova. SPATIAL AND TEMPORAL PROPERTIES OF GAZE RETURN FIXATIONS WHILE VIEWING AFFECTIVE IMAGES. Centre of Neurotechnologies, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: lnpodladchikova@sfnu.ru.

Spatial and temporal properties of gaze return fixations on recently viewed regions during free viewing of affective images from the IAPS database are considered. In each test, 10 positive, 10 negative, and 10 neutral images were presented for each Subject ($n = 20$). It was revealed that the probability of the return fixations varied from 0.04 up to 0.42 for different Subjects and images (the average probability for negative, neutral and positive images was equal to 0.090 ± 0.009 , 0.079 ± 0.012 and 0.076 ± 0.009). It was shown that the distributions of return fixations duration and preceding (returning) saccades amplitude had bimodal character. Besides, a tendency to increase the return fixation duration with a decrease in amplitude of the preceding saccades was revealed.

aled. Return fixations which located inside the areas of interest determined by analysis of spatial distribution of all fixations (both regular and return) had the maximal density and duration as compared with the other image regions. Finally, the volunteers with dominant focal viewing trajectories had a higher probability of return fixations than those with scanning trajectories (0.09 ± 0.003 и 0.05 ± 0.006). On the base of the obtained results the opportunity to estimate the dominant component of visual attention during the current stage of the dynamic process of image viewing and prospective studies of return fixations have been discussed.

Key words: IAPS image databases, eye movements, return gaze fixations, areas of interest, saccade amplitude, focal and scanning viewing trajectories.

RUSSIAN JOURNAL OF PHYSIOLOGY. V. 104. N 2. P. 245—254. 2018

Во многих исследованиях структура траекторий осмотра изображений и сцен рассматривается как важный ключ к пониманию механизмов зрительного внимания [6, 9, 13, 30, 33, 35 и др.]. Несмотря на интенсивное исследование этой проблемы с помощью экспериментальных методов и математического моделирования, многие ее принципиальные аспекты остаются нерешенными. Одна из задач такого рода состоит в поиске параметров глазных движений, позволяющих определить вклад доминирующего компонента зрительного внимания и оценить специфику зрительной задачи, решаемой на данном этапе динамического процесса осмотра изображений [22, 29].

Один из подходов к решению этой проблемы состоит в исследовании локальных элементов траекторий осмотра, в частности возвратных фиксаций взгляда на недавно осмотренных областях изображений. Накапливается все больше фактов о выраженности феноменов облегчения возврата (Facilitation of Return) [4, 14, 16, 17, 21, 23, 24, 32, 35], однако до настоящего времени доминирует представление о торможении возврата (Inhibition of Return) [22, 31]. Детально анализируются окуломоторные, эндогенные и экзогенные факторы, обуславливающие возникновение феномена торможения возврата, его пространственные и временные свойства [15—18, 21, 22, 38, 40]. Исследованию феномена облегчения возврата уделяется значительно меньше внимания. Показано, что соотношение феноменов облегчения и торможения возврата зависит от множества факторов (включая зрительную задачу, характер стимулов, использованных в эксперименте, и метод регистрации ответа испытуемых) и регулируется механизмами нижнего (bottom-up) и верхнего (top-down) уровней [8, 15, 18, 23, 24, 32]. Предполагается, что механизмы торможения возврата доминируют при решении задач зрительного поиска и просмотре простых изображений [17, 22, 39, 40]. Напротив, феномен облегчения возврата нередко обнаруживается при просмотре сложных изображений и решении сложных зрительных задач [14, 21].

Известно, что один из ведущих факторов в регуляции зрительного внимания при решении различных зрительных задач состоит в характере эмоционального воздействия изображения на человека. Исследование различных аспектов восприятия эмоций указывает на приоритет эмоционально значимых изображений по сравнению с эмоционально нейтральными стимулами [7, 8, 10, 12, 25, 26, 28, 34]. Нам не удалось обнаружить работ, посвященных исследованию феномена облегчения возврата при использовании эмоционально значимых изображений.

Данная работа направлена на поиск возвратных фиксаций взгляда на недавно осмотренных областях при свободном просмотре изображений из International Affective Picture System, IAPS [11] с различной эмоциональной окраской (позитивных, негативных и нейтральных) и анализ их пространственных и временных свойств. В аналогичных работах при использовании изображений другого типа без оценки их эмоционального воздействия анализировались свойства возвратных саккад и длительность фиксаций взгляда, возникающих до возвратных саккад [16, 17, 21]. Принимая во внимание результаты наших предыдущих исследований об особенностях длительности фиксаций в их последовательности в окрест-

ностях возвращающих саккад [4, 35] при свободном осмотре репродукций картин, использованных в работе А. Ярбуса [6], в данной работе в качестве возвратных рассматриваются фиксации, возникающие *после* возвратных саккад.

МЕТОДИКА

В тестах участвовали 20 добровольцев (14 женщин, 6 мужчин) в возрасте от 18 до 38 лет (средний возраст 21.6 ± 5.2 года). Все испытуемые имели нормальную остроту зрения (или скорректированную до нормы), а также сообщили об отсутствии у них диагностированных неврологических или психических заболеваний. Каждый испытуемый подписал письменное согласие на участие в тестах, которые выполнялись с соблюдением правил биоэтики. Протокол экспериментов был утвержден Комиссией по биоэтике Южного федерального университета.

Выбор базы IAPS в нашем исследовании определялся тем, что изображения в ней классифицированы с помощью метода Self-Assessment Manikin (SAM) по строгим количественным критериям в шкалах вызываемых эмоций [11, 19]. Первично [11, 19] на большой выборке испытуемых проведено ранжирование изображений по 9-балльной шкале каждого из 3 параметров, а именно: валентности (Valence), интенсивности (Arousal) и доминантности (Dominance). Критерием классификации изображений по этим параметрам являлась оценка испытуемыми каждого изображения с помощью выбора одной из пронумерованных фигур [11]. В ряде работ [1, 5, 7, 36] проводилась собственная количественная оценка эмоционального воздействия изображений из базы IAPS с помощью метода SAM. В ряде работ [5, 7, 36] подчеркивается высокозначимая корреляция полученных численных оценок валентности с оценками, приведенными в работе [11]. Вместе с тем сходство в оценке интенсивности эмоционального воздействия изображений из базы IAPS у испытуемых из различных стран несколько меньше.

В данном исследовании были выбраны следующие изображения из базы IAPS с величинами валентности, характерными для каждого типа 10 позитивных изображений (№ в базе IAPS: 2216, 4250, 4607, 4689, 5470, 5621, 7279, 8158, 8190, 8499; средняя валентность — 7.35 ± 0.22), 10 негативных (№: 1101, 1300, 1303, 3101, 3185, 6350, 6370, 9140, 9908, 9941; средняя валентность — 3.42 ± 0.31) и 10 нейтральных (№: 2320, 2480, 5740, 7041, 7161, 7179, 7205, 7700, 7705, 9360; средняя валентность — 4.87 ± 0.14). Изображения предъявлялись испытуемым в случайной последовательности; каждое изображение экспонировалось в течение 6 с; серая маска предъявлялась между изображениями в течение 1 с. Предъявление изображений и синхронизация с регистрацией движений глаз осуществлялись с помощью программы EventIDE (okazolab.com).

Регистрация движений глаз проводилась с помощью системы SMI iView X Hi-Speed 1250 Гц. Расстояние между монитором и испытуемым составляло 50 см. Осмотр изображений осуществлялся бинокулярно, но регистрировались движения только одного, ведущего глаза. Монитор (NEC MultiSync LCD 1990Sxi), на котором предъявлялись изображения для свободного осмотра, имел частоту кадров 60 Гц и разрешение 1280×1024 пикселей. Саккады и фиксации взгляда детектировались с помощью пакета iView X и компьютерной программы, реализованной в пакете EventIDE. Порог скорости глазных движений для детектирования саккад составил $40^\circ/\text{с}$.

Фиксации взгляда с длительностью менее 100 мс и более 1000 мс, а также саккады с амплитудой менее 1 и более 10 град были исключены из дальнейшего анализа. Области интереса идентифицировались по пространственному распределению всех фиксаций взгляда с помощью модифицированного метода ближайшего соседа [29], параметрами которого были количество точек в области (не менее 3) и расстояние между точками в одной области (не более 2 град поля зре-

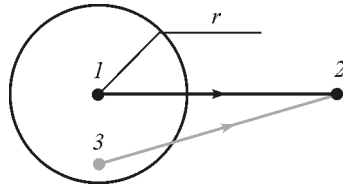


Рис. 1. Схема определения возвратных фиксации.

ния). В результате с учетом общего количества фиксации взгляда в каждом тесте детектировались области с наибольшей плотностью фиксации.

Возвратные фиксации взгляда определялись с помощью метода, описанного в [35]. Фиксация рассматривалась как возвратная (рис. 1, точка 3), если она располагалась после возвращающей саккады (рис. 1, серая линия) в пределах фовеальной окрестности (внутри круга с радиусом $r = 2$ град) предшествующей фиксации (рис. 1, точка 1). Затем вычислялась частота встречаемости (вероятность) и координаты возвратных фиксации, а также их плотность и длительность в различных областях изображений.

Статистический анализ выполнялся в программах BeGaze и R: A Language and Environment for Statistical Computing (<http://www.R-project.org>). Значимость различий между частными выборками определялась по критериям суммы рангов Вилкоксона и t -критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В каждом тесте вероятность (p) возвратных фиксации вычислялась как их доля от общего количества всех фиксации (как регулярных, так и возвратных). Усредненные данные для изображений трех типов и всех испытуемых представлены в табл. 1. Видно, что средняя p возвратных фиксации в условиях свободного осмотра относительно низка для изображений с различной эмоциональной окраской.

В частных тестах p возвратных фиксации варьировала от 0.04 до 0.42. Коэффициент вариации p между испытуемыми был больше при просмотре нейтральных изображений (табл. 1).

На рис. 2 представлены распределения амплитуды возвращающих саккад (рис. 2, *a*) и длительности возвратных фиксации (рис. 2, *б*), возникающих после них. Визуальный анализ распределений указывает на их бимодальный характер. Дополнительный анализ с помощью алгоритма оценки максимального правдоподобия для неоднородных распределений (<http://www.R-project.org>) позволил выя-

Т а б л и ц а 1

Вероятность возвратных фиксации во время осмотра изображений с различной валентностью

Параметры	Изображения		
	негативные	нейтральные	позитивные
Вероятность возвратных фиксации	0.090 ± 0.009	0.079 ± 0.012	0.076 ± 0.009
Коэффициент вариации вероятности возвратных фиксации между испытуемыми, %	45	71	53
Количество всех фиксации	2439	2370	2273

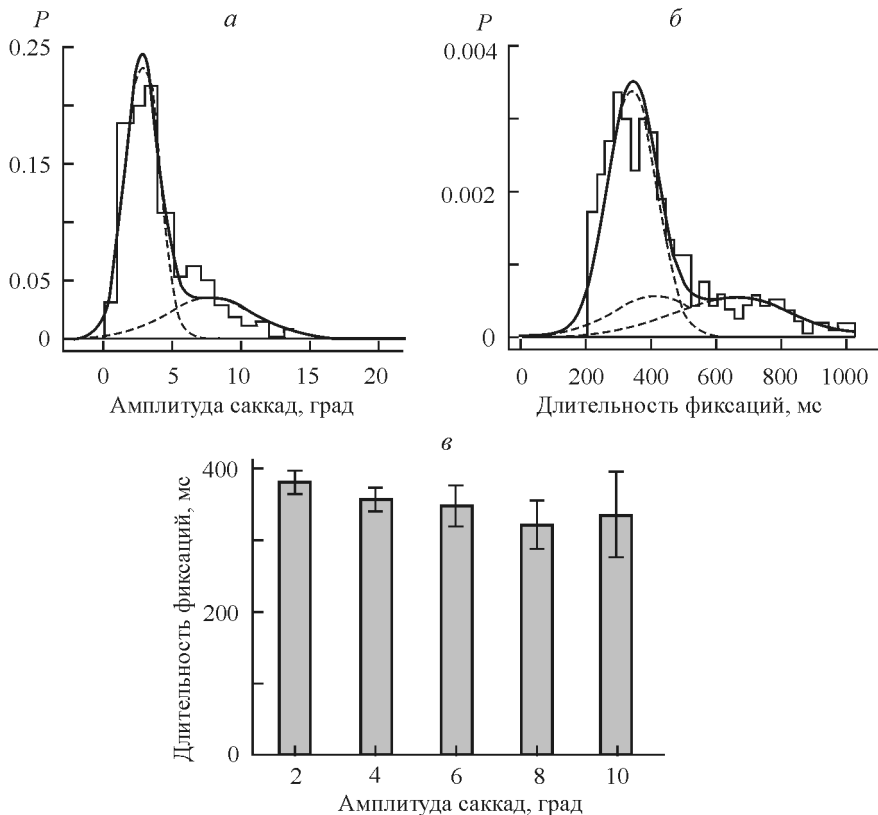


Рис. 2. Распределения амплитуд возвращающих саккад (а) и длительностей возвратных фиксации (б).

На а и б даны следующие обозначения: тонкая сплошная линия — исходные распределения; штриховые линии — 2 частных логнормальных распределения; широкая сплошная линия — сумма 2 логнормальных распределений; в — зависимость длительности возвратных фиксации от амплитуды возвращающих саккад; вертикальные насечки над каждым столбцом — стандартные ошибки.

вить наличие 2 частных логнормальных распределений и их статистические параметры (рис. 2, а, б). Обнаружены высоко значимые ($p < 0.001$, t -тест Стьюдента) различия между средними значениями амплитуды возвращающих саккад (2.8 ± 0.1 и 7.7 ± 0.3 град) и длительности возвратных фиксации (253 ± 6 и 600 ± 20 мс) в первой и второй модах распределений. Анализировалась также зависимость длительности возвратных фиксации от амплитуды предшествующей саккады (рис. 2, в). На рисунке заметна тенденция уменьшения длительности возвратных фиксации с увеличением амплитуды возвращающих саккад.

Возвратные фиксации имели специфическое пространственное распределение и, в основном, адресованы областям интереса (или наиболее информативным областям по терминологии А. Ярбуса [6]). Как видно на рис. 3, большинство возвратных фиксации (в среднем 88 %) расположено внутри областей интереса. Более того, плотность возвратных фиксации значимо выше ($p < 0.001$, t -тест Стьюдента) внутри областей интереса, чем в других областях изображений (табл. 2). Кроме того, данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о значимо большей длительности возвратных фиксации внутри областей интереса. Причем наибольшие различия между фрагментами изображений внутри и вне областей интереса обнаружены при осмотре нейтральных изображений, как по плотности, так

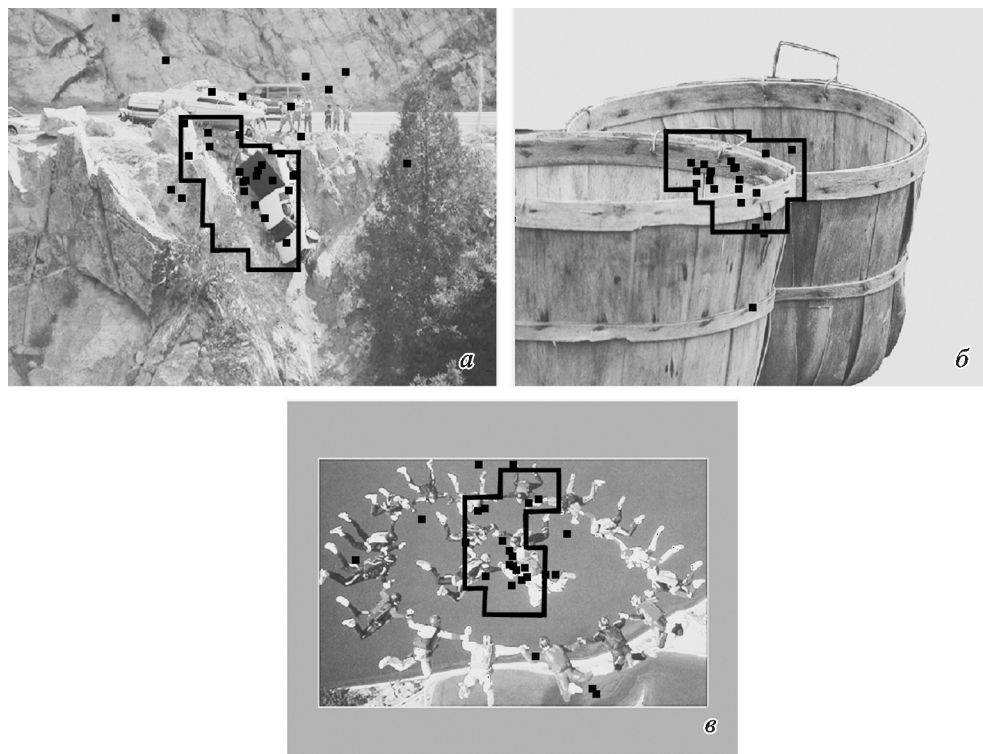


Рис. 3. Примеры кумулятивных карт ($n = 20$ в каждом случае) пространственного распределения возвратных фиксаций (маленькие черные квадраты) при просмотре тестовых изображений; кумулятивные области интереса на каждом изображении оконтурены черными фигурами. *a* — негативное (№ 9908 в базе IAPS), *б* — нейтральное (№ 7041) и *в* — позитивное (№ 5621) изображения.

и по длительности возвратных фиксаций. Представленные данные также указывают на тенденцию к большей длительности возвратных фиксаций при просмотре позитивных изображений по сравнению с негативными, более выраженную для фиксаций внутри областей интереса.

Т а б л и ц а 2

Средняя плотность и длительность возвратных фиксаций внутри и вне областей интереса (ОИ)

Тип изображений	Плотность, $n/\text{град}^2$		Длительность, мс	
	Внутри ОИ	Вне ОИ	Внутри ОИ	Вне ОИ
Негативные	0.019 ± 0.001	$0.006 \pm 0.0001^*$	426 ± 33 ($n = 189$)	390 ± 62 ($n = 31$)
Нейтральные	0.022 ± 0.001	$0.006 \pm 0.0001^*$	517 ± 42 ($n = 158$)	$374 \pm 81^*$ ($n = 19$)
Позитивные	0.019 ± 0.001	$0.007 \pm 0.0001^*$	475 ± 46 ($n = 155$)	$400 \pm 100^*$ ($n = 21$)

Примечание. * значимые различия ($p \leq 0.001$) между средними значениями соответствующих параметров внутри и вне областей интереса.

В соответствии с методом, описанным в [3], были выделены 2 группы испытуемых, а именно: 1-я группа испытуемых с доминированием фокальных траекторий осмотра (области интереса детектированы в более 80 % тестов, 6 испытуемых); средняя доля тестов с детектированными областями интереса — 0.82; средняя площадь области осмотра в процентах от площади всего изображения — 6.2 ± 0.6 %; 2-я группа испытуемых с доминированием сканирующих траекторий осмотра (области интереса детектированы в менее 40 % тестов, 6 испытуемых); средняя доля тестов с детектированными областями интереса — 0.23; средняя площадь области осмотра — 25 ± 2.2 %. Испытуемые с доминированием фокальных траекторий осмотра имели более высокую вероятность возвратных фиксаций по сравнению с испытуемыми с доминированием сканирующих траекторий (0.09 ± 0.003 и 0.05 ± 0.006). В группе испытуемых ($n = 8$), занимающих промежуточное положение между описанными двумя полярными группами по количеству тестов с детектированными областями интереса, средняя вероятность возвратных фиксаций широко варьировала — от 0.03 до 0.18.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В данной работе впервые обнаружены возвратные фиксации взгляда при свободном осмотре эмоционально значимых изображений из базы IAPS. Наиболее важные результаты о свойствах возвратных фиксаций на только что осмотренных фрагментах изображений состоят в следующем: распределения амплитуды возвращающих саккад и длительности возвратных фиксаций имеют бимодальный характер; наблюдается тенденция увеличения длительности возвратных фиксаций с уменьшением амплитуды предшествующей саккады; расположение возвратных фиксаций приурочено к областям интереса, внутри них возвратные фиксации имели значимо большую плотность и длительность, чем в других частях изображений; испытуемые с доминированием фокальных траекторий осмотра имели более высокую вероятность возвратных фиксаций, чем испытуемые с доминированием пространственно распределенных траекторий.

Средняя вероятность возвратных фиксаций на недавно осмотренных областях изображений, обнаруженная в данной работе, близка к известным данным, полученным в рамках исследования феномена облегчения возврата [14, 17, 21], несмотря на использование иных методов для идентификации возвратных саккад. Так, в работе [21] вероятность возвратных фиксаций в различных тестах варьировала на уровне 0.08, аналогичные данные приводятся в работе [17] — от 0.02 до 0.12 в тестах поиска и свободного осмотра сложных изображений. Как отмечалось во введении, в аналогичных работах при использовании изображений другого типа анализировались свойства возвратных саккад и длительность фиксаций взгляда, возникающих до возвратных саккад [16, 17, 21], на рис. 1, 2 в данной статье. Опираясь на результаты наших предыдущих исследований [4, 35] об особенностях длительности фиксаций в их последовательности (рис. 1, 1—3) в окрестностях возвращающих саккад при свободном осмотре репродукций картин, использованных в работе А. Ярбуса [6], в качестве возвратных рассматриваются фиксации, возникающие после возвратных саккад. Обнаружено, что длительность всех трех фиксаций в их последовательности была значимо больше, чем регулярных, причем, различия наиболее выражены для фиксаций в точке 3 и наименее — в точке 1 (рис. 1). Этот факт позволяет предположить, что планирование возвратных саккад предопределено результатами анализа визуальной информации в точке 1.

Рассмотрим возможность оценки доминирующего компонента зрительного внимания на данном этапе динамического процесса осмотра изображений в свете полученных результатов. Ранее бимодальное распределение длительности регулярных фиксаций было обнаружено при решении задачи поиска измененных фрагментов сложных изображений и при совместном предъявлении целевых

объектов и дистракторов [2, 29], причем в последнем случае амплитуда экстремума в области длительных фиксаций возрастала с увеличением сложности целевого стимула. В обоих случаях различие между средними значениями длительности фиксаций в двух частных распределениях было около 200 мс. Интересно отметить, что различие средних значений длительности фиксаций между 1-й и 2-й модами распределения в случае возвратных фиксаций, обнаруженное в нашей работе, имело тот же порядок (около 350 мс). По-видимому, выраженность 2-го экстремума в распределении длительности фиксаций может быть рассмотрена как количественная мера вклада механизмов верхнего уровня (top-down) при решении различных зрительных задач. В свою очередь, количественные оценки вклада механизмов нижнего уровня (bottom-up) могут быть получены на основе анализа особенностей кратковременных фиксаций.

Синхронная противофазная динамика длительности фиксаций и амплитуды регулярных саккад показана в ряде работ [20, 27, 29, 37] на различных этапах решения зрительных задач, что рассматривается как свидетельство в пользу общности механизмов регуляции этих параметров глазных движений. Наши результаты (см. рис. 2, в) о содружественной динамике длительности возвратных фиксаций и амплитуды возвращающих саккад подтверждают это предположение.

Приуроченность возвратных фиксаций к расположению областей интереса на изображениях по параметрам плотности и длительности, обнаруженная в нашем исследовании, подтверждает предположение [8] о возможном участии возвратных фиксаций в активации процессов кратковременной памяти для повторного анализа фрагментов изображений.

По-видимому, возвратные фиксации должны быть изучены в деталях с помощью специальных экспериментальных методов и моделирования, так как они могут послужить ключом для количественной оценки динамики зрительного внимания и его взаимодействия с механизмами кратковременной памяти. В частности, должен быть исследован диапазон вариаций обнаруженных феноменов в зависимости от различных факторов, таких как семантические особенности изображения и взаимоотношение объектов в нем, наличие мотивации и текущее функциональное состояние человека. Подобно нашим прежним исследованиям [20, 29], временная динамика возвратных фиксаций в процессе осмотра изображений должна быть изучена с использованием метода самостоятельного окончания теста испытуемым (self-terminated paradigm) для оценки их вклада в процессы принятия решения.

Работа выполнена при поддержке проектов Министерства образования и науки РФ № 2.955.2017/ПЧ и 6.5961.2017/БЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Васанов А. Ю., Марченко О. П., Машанло А. С. Проверка стандартных показателей эмоционально окрашенных фотоизображений IAPS на русской выборке. Эксперим. психология. 4(3): 126—132. 2011.

[2] Колтунова Т. И., Подладчикова Л. Н., Шапошников Д. Г., Владимирский Б. М., Сыркин Л. Д., Крючков Б. И., Усов В. М. Динамика длительности фиксаций и событийно связанных потенциалов при предъявлении проявляющихся изображений и дистракторов. Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 101(10): 1202—1212. 2015.

[3] Подладчикова Л. Н., Колтунова Т. И., Шапошников Д. Г., Ломакина О. В. Индивидуальные особенности осмотра эмоционально значимых изображений. Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 102(5): 618—627. 2016.

[4] Подладчикова Л. Н., Колтунова Т. И., Шапошников Д. Г. Возвратные фиксации взгляда при осмотре сложных изображений. 7-я международная конференция по когнитивной науке. Светлогорск. 492—494. 2016.

- [5] Розовская Р. И., Печенкова Е. В., Мершина Е. А., Мачинская Р. И. фМРТ-исследование удержания в рабочей памяти изображений различной эмоциональной валентности. Психология. Журн. высш. школы экономики. 11(1): 27—48. 2014.
- [6] Ярбус А. Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М. Наука. 1965.
- [7] Barke A., Stahl J., Kroner-Herwig B. Identifying a subset of fear-evoking pictures from the IAPS on the basis of dimensional and categorical ratings for a German sample. J. Behav. Ther. & Exp. Psychiat. 43: 565—572. 2012.
- [8] Bays P., Husain M. Active inhibition and memory promote exploration and search of natural scenes. J. Vision. 12(8): 1—18. 2012 .
- [9] Borji A., Itti L. Defending Yarbus: eye movements reveal observers' task. J. Vision. 14(3): 1—29. 2014.
- [10] Bradley M. M., Houbova P., Miccoli L., Costa V. D., Lang, P. J. Scan patterns when viewing natural scenes: emotion, complexity, and repetition. Psychophysiology. 48: 1543—1552. 2011.
- [11] Bradley M. M., Lang P. J. The international affective picture system (IAPS) in the study of emotion and attention. Handbook of emotion elicitation and assessment. Coan J. A., Allen J. J. B. (Eds). Oxford Univers. Press. 2007.
- [12] Christianson S. A., Loftus E. F., Hoffman H., Loftus G. R. Eye fixations and memory for emotional events. J. Exp. Psy. Learn. Mem. and Cogn. 17(4): 693—702. 1991.
- [13] DeAngelus M., Pelz J. B. Top-down control of eye movements: Yarbus revisited. Vis. Cogn. 17(6—7): 790—811. 2009.
- [14] Dodd M. D., Van der Stigchel S., Hollingworth A. Novelty is not always the best policy. Inhibition of return and facilitation of return as a function of visual task. Psychol. Science. 20(3): 333—339. 2009.
- [15] Fabius J. H., Schut M. J., Van der Stigchel S. Spatial inhibition of return as a function of fixation history, task, and spatial references. Atten Percept Psychophys. 78: 1633—1641. 2016.
- [16] Hooge I. Th. C., Frens M. A. Inhibition of saccade return (ISR): spatio-temporal properties of saccade programming. Vis. Res. 40: 3415—3426. 2000.
- [17] Hooge I. Th. C., Over E. A. B., van Wezel R. J. A., Maarten A., Frens M. A. Inhibition of return is not a foraging facilitator in saccadic search and free viewing. Vis. Res. 45: 1901—1908. 2005.
- [18] Hunt A. R., Kingstone A. Inhibition of return: dissociating attentional and oculomotor components. J. Exper. Psychol. 29 (5): 1068—1074. 2003
- [19] Lang P. J., Bradley M. M., Cuthbert B. N. International affective picture system (IAPS): affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8. University Florida. 2008.
- [20] Koltunova T. I., Podladchikova L. N. Distractor effect at initial stages of recognition depends on visual image properties. J. Integr. Neurosci. 12(1): 91—100. 2013.
- [21] Luke S. G., Schmidt J., Henderson J. M. Temporal oculomotor inhibition of return and spatial facilitation of return in a visual encoding task. Front in Psychol. 4(400): 1—8. 2013.
- [22] Lupianez J., Klein R. M., Bartolomeo P. Inhibition of return: twenty years after. Cogn. Neuropsychol. 23(7): 1003—1014. 2007.
- [23] Martin-Arevalo E., Chicab A. B., Lupianez J. No single electrophysiological marker for facilitation and inhibition of return: A review. Behav. Brain Res. 300: 1—10. 2016.
- [24] Mills M., Van der Stigchel S., Dalmaijer E. S., Dodd, M. D. Effects of task and task-switching on temporal inhibition of return, Facilitation of Return, and Saccadic Momentum During Scene Viewing. J. Exper. Psychol. 23(7): 1003—1014. 2015.
- [25] Ni J., Jiang H., Jin Y., Chen N., Wang J., Wang Z., Luo Y., Ma Y., Hu X. Dissociable modulation of overt visual attention in valence and arousal revealed by topology of scan path. PLoS ONE. 6(4): e18262. 2011.
- [26] Niu Y., Todd R. M., Anderson A. K. Affective salience can reverse the effects of stimulus-driven salience on eye movements in complex scenes. Front. Psychol. 3(339): 1—11. 2012.
- [27] Pannasch S., Schulz J., Velichkovsky B. M. On the control of visual fixation durations in free viewing of complex images. Attention, Perception, and Psychophysics. 73(4): 1120—1132. 2011.
- [28] Pilarczyk J., Kuniecki M. Emotional content of an image attracts attention more than visually salient features in various signal-to-noise ratio conditions. J. Vision. 14(12): 1—19. 2014.

- [29] Podladchikova L. N., Shaposhnikov D. G., Koltunova T. I., Dyachenko A. V., Gusakova V. I. Temporal dynamics of fixation duration, saccade amplitude, and viewing trajectory. *J. Int. Neurosci.* 8(4): 487—501. 2009.
- [30] Podladchikova L. N., Shaposhnikov D. G., Tikidgi-Hamburyan A. V., Koltunova T. I., Tikidgi-Hamburyan R. A., Gusakova V. I., Golovan A. V. Model-based approach to study the mechanisms of complex image viewing. *Optical Memory and Neural Networks.* 18(2): 114—121. 2009.
- [31] Posner M. I., Rafal R. D., Choate L. S., Vaughan J. Inhibition of return: neural basis and function. *Cogn. Neuropsychol.* 2(3): 211—228. 1985.
- [32] Pratt J., Castel A. D. Responding to feature or location: a re-examination of inhibition of return and facilitation of return. *Vis. Res.* 41: 3903—3908. 2001.
- [33] Privitera C. M., Stark L. Scanpath theory, attention and image processing algorithms for prediction of human eye fixations. In: *Neurobiology of Attention*. Eds: Itti L., Rees G., Tsotsos J. K. Elsevier. Acad. 296—299. 2005.
- [34] Sabatinelli D., Lang P. J., Keil A., Bradley M. M. Emotional perception: correlation of functional MRI and event-related potentials. *Cerebr. Cortex.* 17(5): 1085—1091. 2007.
- [35] Samarin A, Koltunova T., Osinov V., Shaposhnikov D., Podladchikova L. Scanpaths of complex image viewing: insights from experimental and modeling studies. *Perception.* 44(8—9): 1064—1076. 2015.
- [36] Soares A. P., Pinheiro A. P., Costa A., Frade C. S., Comesana M., Pureza R. Adaptation of the International Affective Picture System (IAPS) for European Portuguese. *Behav. Res.* 47: 1159—1177. 2015.
- [37] Unema P. J., Pannasch S., Joos M., Velichkovsky B. M. Time course of information processing during scene perception: The relationship between saccade amplitude and fixation duration. *Vis. Cogn.*, 12(3): 473—494. 2005.
- [38] Wang Z., Satel J., Klein R. M. Sensory and motor mechanisms of oculomotor inhibition of return. *Exp. Brain Res.* 218: 441—453. 2012.
- [39] Wang Z., Theeuwes J. Dissociable spatial and temporal effects of inhibition of return. *PLoS ONE.* 7(8): e44290. 2011.
- [40] Weger U. W., Abrams R. A., Law M. B., Pratt J. Attending to objects: endogenous cues can produce inhibition of return. *Vis. Cogn.* 16(5): 659—674. 2008.

Поступила 27 IX 2017
После доработки 27 XI 2017