

14. Kasuga J., Arakawa K., Fujikawa S. High accumulation of soluble sugars in deep supercooling Japanese white birch xylem parenchyma cells // *New Phytologist*. – 2007. – V. 174. – P. 569–579.

15. Welling A., Moritz T., Palva E.T., Junttila O. Independent activation of cold acclimation by low temperature and short photoperiod in hybrid aspen // *Plant Physiol.* – 2002. – V. 129. – P. 1633–1641.

16. Уткин А.И. Леса Республики Саха (Якутия) – феномен таежного пояса Северной Евразии // *Хвойные бореальной зоны*. – 2006. – Вып.3. – С. 7–14.

17. Пономарев А.Г., Татарина Т.Д., Перк А.А., Бубякина В.В., Алексеев В.А. Физиолого-биохимические характеристики *Betula platyphylla* в связи с условиями произрастания на многолетней мерзлоте // *Вестник Московского гос. ун-та леса – Лесной вестник*. – 2009. – № 2. – С. 12–16.

18. Бубякина В.В., Татарина Т.Д., Пономарев А.Г., Перк А.А., Соломонов Н.Г. Особенности сезонной динамики дегидринов *Betula platyphylla* Sukacz., ассоциированных с формированием морозоустойчивости в условиях криолитозоны // *ДАН*. – 2011. – Т.439, № 6. – С. 844–847.

19. Татарина Т.Д., Пономарев А.Г., Перк А.А., Васильева И.В., Бубякина В.В. Сезонные изменения дегидринов почек *Betula platyphylla* Sukacz., связанных с формированием устойчивости к экстремальному климату Якутии // *Вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та*. – Сер. 3. – 2011. – Вып. 4. – С. 107–114.

20. Пономарев А.Г., Татарина Т.Д., Перк А.А., Васильева И.В., Бубякина В.В. Дегидрины, ассоциированные с формированием морозоустойчивости березы плосколистной // *Физиология растений*. – 2014. – Т. 61, № 1. – С. 114–120.

21. Sarnighausen E., Karlson D., Ashworth E. Seasonal regulation of a 24-kDa protein from red-osier dogwood (*Cornus sericea*) xylem // *Tree Physiol.* – 2002. – V. 22 – P. 423–430.

22. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage. T.4 // *Nature*. – 1970. – V. 227. – P. 680–685.

23. Timmons T.M., Dunbar B.S. Protein blotting and immunodetection // *Methods enzymol.* – 1990. – V. 182. – P. 679–701.

Поступила в редакцию 04.02.2016

УДК 612.821

Иллюзия подвижки фрагментов зрительного образа неподвижных картин

И.Э. Рабичев*, А.В. Котов****, К.Д. Дорофеев**

*Московский педагогический государственный университет, г. Москва

**Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина, г. Москва

***Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород

Описаны эксперимент и вероятный механизм субъективного феномена зрительной иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа неподвижных картин. Выявлены условия возникновения иллюзий подвижки фрагментов зрительного образа. Вероятным механизмом возникновения иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа является нейродинамический конфликт в структурах центральной нервной системы, возникающий при неадекватной переработке зрительной информации, приходящей с периферических магноцеллюлярных рецептивных полей сетчатки во время саккад.

Ключевые слова: зрительные иллюзии подвижки, рецептивные поля сетчатки, саккады.

Illusion of Shifting of Parts of a Visual Image of Static Pictures

I.E. Rabichev*, A.V. Kotov****, K.D. Dorofeev**

*Moscow State Pedagogical University, Moscow

**Anokhin Institute of Normal Physiology, Moscow

***Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Velikiy Novgorod

The article describes an experiment and a probable mechanism of a subjective phenomenon of visual illusion of shifting of visual image's parts of static pictures. Conditions of origin of this illusion of shifting of vis-

ual image's parts were revealed. Probable mechanism of origin of illusion of shifting of visual image's parts is a neurodynamic conflict in CNS (Central Nervous System) structures. This conflict emerges during reprocessing of inadequate visual information from peripheral magnocellular receptive fields of retina in the process of saccadic eye movements.

Key words: visual illusion of shifting, retina receptive fields, saccades.

Одним из интереснейших феноменов зрительного восприятия является иллюзия подвижки фрагментов зрительного образа в структуре неподвижных картин, искусственно сформированных из разноокрашенных и расположенных в противофазе регулярно повторяющихся деталей (рис.1). Статичные картинки, которые субъективно иллюзорно воспринимаются с фрагментами подвижных образов, по-видимому, можно использовать для изучения психофизиологических механизмов зрительного восприятия человека.

Единая концепция, которая могла бы объяснить, почему у человека возникает иллюзорное видение подвижки фрагментов зрительного образа в составе неподвижных картин, отсутствует. Имеется точка зрения A.L. Beeg со авт. [1], что всякая иллюзия «движения» (с нашей точки зрения, точнее, подвижности или подвижки) формируется, когда «сбивается» механизм стабилизации восприятия неподвижных картин. Авторы предположили, что микродвижения глаз вызывают скачки изображения на сетчатке, что

и приводит к иллюзии подвижки их отдельных фрагментов. Согласно другому мнению [2, 3], феномен иллюзорного чувства «движения» при рассматривании статичных объектов является своеобразным проявлением быстрой адаптации мозга субъекта к получаемой зрительной информации, чтобы не потерять контроль и координацию в пространстве. В этом случае мозг некоторое время опережающе «ожидает» движения неподвижных объектов, а затем уже иллюзорно собственно воспринимает это движение.

В настоящей работе мы предприняли поиск условий возникновения иллюзий подвижки фрагментов зрительных образов целостной структуры неподвижных картин. Моделируя условия ослабления или исчезновения зрительных иллюзий подвижки фрагментов, с помощью простых экспериментов мы получаем возможность исследовать функции периферических и центральных рецептивных полей сетчатки, а также косвенно судить о роли движения глаз в возникновении этой иллюзии и прийти к пониманию центральных механизмов ее порождающих.

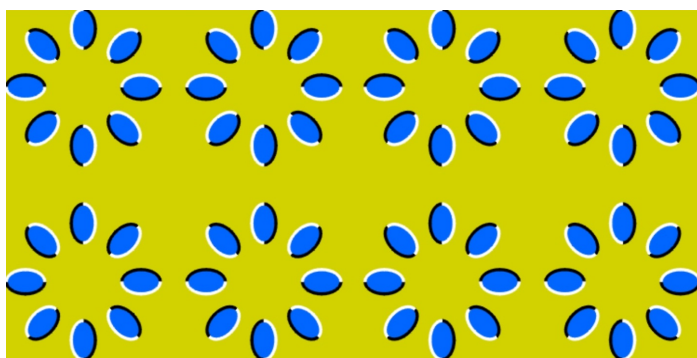


Рис.1. Цветная картина

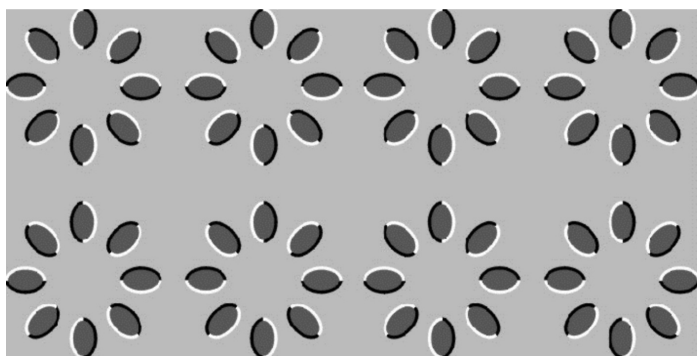


Рис.2. Черно-белая картина

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явилась бинокулярная система человека в состоянии нормы. В исследовании принимали участие 20 человек добровольцев в возрасте 20–25 лет с нормальным бинокулярным зрением и с нормальной остротой зрения. Исследовали условия возникновения зрительной иллюзии подвижности фрагментов образов неподвижных картин у добровольцев. Детали иллюзорных картин были регулярно расположены в световой противофазе по отношению друг к другу. В качестве базовых картин использовали: одно изображение [4] и два изображения из альбома оптических иллюзий [5]. Дополнительно к этим трем базовым картинам нами были модифицированы из них еще 12 картин. Картины были распределены на пять групп, каждая группа объединяла в себе структуры, принципиально схожие по начертанию деталей. Участвующим в эксперименте добровольцам предъявляли картины (рис. 1). Эти же картины нами были преобразованы в черно-белые (рис. 2). А также эти изображения были уменьшены до размера 3 угл. град в гориз-



Рис. 3. Уменьшенный размер картины

зонтальном положении (рис. 3). В этих же картинах уменьшали количество деталей в противофазе (рис. 4) и устраняли детали, находящиеся в световой противофазе (рис 5).

Каждому добровольцу в различной последовательности предъявляли все подготовленные картины. Результаты исследования – ответы добровольцев фиксировали в таблице, для наглядности ответы рассчитывали в процентах от общего числа участвующих в исследовании.

Результаты исследования

Исследование возникновения иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа в структуре неподвижных картин в зависимости от цвета (цветная картина или черно-белая)

Задача исследования: выяснить, зависит ли возникновение иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа от цвета предъявляемых картин. Каждому участнику исследования по очереди показывали цветные картины и те же самые картины черно-белые с оттенками серого.

При рассматривании цветных картин (рис.1) добровольцы видели подвижки фрагментов образов в 60% случаев, плохо видели подвижки – 15%, не видели подвижки – 20%, видели объем и мерцание фрагментов в 5% случаев.

При рассматривании черно-белых картин (рис.2) добровольцы видели подвижки фрагментов образов в 55% случаев, плохо видели подвижки – 20%, не видели подвижки – 20%, видели объем и мерцание фрагментов в 5% случаев.

Исходя из полученных результатов, стало очевидным, что возникновение иллюзии подвижки фрагментов не зависит от того цветная картина или черно-белая, так как 60% и 55% различие не достоверное.

Исследование возникновения иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа в структуре неподвижных картин в зависимости от размера проекции изображения на сетчатке

Задача исследования: выяснить, зависит ли возникновение иллюзии подвижки зрительного образа от размера проекции изображения на сетчатке. В этом исследовании использовали те же черно-белые картины, уменьшенные по гори-

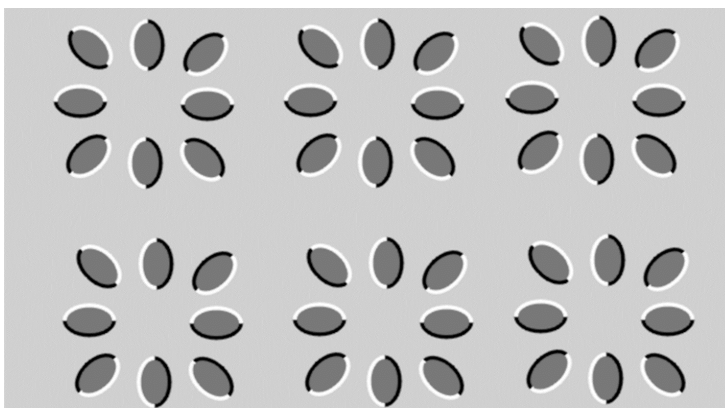


Рис. 4. Картина с уменьшенным количеством деталей в противофазе

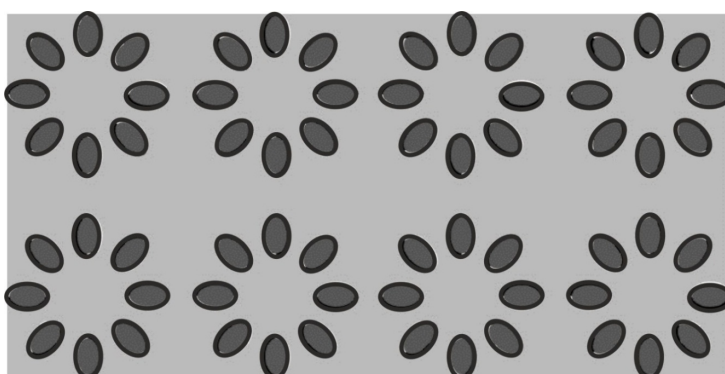


Рис. 5. Картина с отсутствием деталей, расположенных в противофазе

зонтали до 3 угл. град. В результате этого эксперимента выяснили, что при угловом размере 3 угл. град иллюзия подвижки у большинства наблюдателей не возникает. По результатам этого исследования стало очевидным, что возникновение иллюзии подвижки фрагментов образов зависит от размера проекции изображений на сетчатку глаз.

При рассматривании картин, уменьшенных (рис. 3) до 3 угл. град по горизонтали: добровольцы видели подвижки фрагментов образов в 10% случаев, плохо видели подвижки – 25%, не видели – 60%, видели объем и мерцание фрагментов в 5% случаев. Однако, если изображение в 3 угл. град предъявлять с экрана монитора и фиксировать взгляд так, чтобы проекция попадала на рецептивные поля за пределами макулы, то при таком показе картин возможно возникновение иллюзии подвижки фрагментов образов.

Исследование возникновения иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа в структуре неподвижных картин в зависимости от уменьшения количества деталей, находящихся в противофазе по отношению друг к другу, и картин с отсутствием деталей, находящихся в противофазе.

Задача исследования: выяснить, зависит ли возникновение иллюзии подвижки зрительного

образа от уменьшения количества деталей в световой противофазе.

Каждому обследуемому показывали те же картины с уменьшенным количеством фрагментов, находящихся в световой противофазе. Исходя из полученных результатов, стало очевидным, что устойчивость возникновения иллюзии подвижки фрагментов образов зависит от количества повторяющихся элементов в картине.

При рассматривании картин (рис. 4) с уменьшением количеством деталей, находящихся по отношению друг к другу в противофазе, добровольцы видели подвижки фрагментов образов в 20% случаев, плохо видели подвижки – 50%, не видели подвижки – в 30% случаев, объем и мерцание никто не видел. Последнее исследование мы провели с картинами (рис. 5) с отсутствием деталей, находящихся зеркально в противофазе. Обнаружено, что у всех (100%) добровольцев эти картины не вызвали эффекта иллюзии подвижки фрагментов образов.

Обсуждение результатов

В свое время А.А. Ухтомский [6] отмечал, «...что исследования условий возникновения зрительных иллюзий позволят вскрыть причины иллюзорного видения».

Результаты наших исследований показывают, что главными фрагментами картин, вызывающими иллюзорное видение их подвижки, являются регулярно повторяющиеся детали, изображенные в световой противофазе. При этом не имеет значения являются ли это фрагменты цветными или черно-белыми. Нами установлено так же, что уменьшение размеров этих же картин снижает иллюзорность подвижки фрагментов образов. Иллюзия подвижки большинством наблюдателей не воспринимается при размере картинки в 3 угл. град по горизонтали, когда площадь проекции не больше макулярной области сетчатки. Кроме того, мы установили, что сокращение числа деталей в световой противофазе снижает эффект иллюзии подвижки, а при полном отсутствии этих деталей, расположенных в противофазе, иллюзия подвижки не проявляется.

Очевидно, детали картин, регулярно расположенные в световой противофазе, оказывают влияние на рецептивные поля сетчатки за пределами ее макулярной области.

Известно [7], что переработка зрительных сигналов с макулярных и периферических зрительных полей сетчатки анализируется в разных структурах ЦНС. В структуре сетчатки имеются магноцеллюлярные рецептивные поля, которые передают информацию о движении объектов, и парвоцеллюлярные рецептивные поля, которые

передают информацию о четкости и цветовом спектре объектов [8].

Вероятно, что рецептивные поля магноцеллюлярных клеток реагируют во время саккадических движений глаз, потому что дирекционная чувствительность [9] этих рецептивных полей не адекватна световому раздражителю, который состоит из парных регулярно повторяющихся светлых и темных деталей, находящихся по отношению друг к другу в световой противофазе. Такое действие приводит к нейродинамическому конфликту в зрительной системе, по видимому, и провоцирующему иллюзорное видение подвижки фрагментов. Очевидно, магноцеллюлярные рецептивные поля сетчатки всегда остаются активными во время саккад, а парвоцеллюлярные рецептивные поля макулярной части и периферии сетчатки во время саккад находятся в состоянии торможения. Известно [10], что во время саккады включается механизм саккадического подавления зрительного сигнала. Логический анализ позволяет предположить, что именно в структурах ЦНС нейроны должны быть всегда активны представительства магноцеллюлярных рецептивных полей в процессе зрительного акта и реагировать на все движения, происходящие во внешней среде. Такое взаимоотношение активности рецептивных полей необходимо для осуществления защитной функции – обнаружения движущихся объектов, которая осуществляется рецептивными полями от центра до периферии сетчатки всем полем зрения субъекта.

Таким образом, в процессе рассматривания изображений детали, ориентированные не адекватно дирекционной чувствительности рецептивных полей сетчатки, действуют как раздражители и приводят к дезориентации в ЦНС представительства дирекционно чувствительных магноцеллюлярных рецептивных полей во время саккад, что приводит к нейродинамическому конфликту и порождает иллюзию подвижки фрагментов зрительного образа. Другими словами, иллюзорные картины, которые имеют раскраску деталей, регулярно повторяющихся в световой противофазе, неадекватны функциональной организации приема зрительной информации с магноцеллюлярных периферических рецептивных полей сетчатки, работа которых связана с саккадическими и, вероятно, другими движениями глаз.

Выводы

1. Цвет деталей созданных иллюзорных картин не влияет на возникновение зрительной иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа. При рассматривании черно-белых картин иллюзия подвижки сохраняется.

2. Размер изображений влияет на возникновение иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа. Размер картин в 3 угл. град по горизонтали у большинства добровольцев устраняет эту иллюзию.

3. Уменьшение количества деталей в картинах, находящихся в световой противофазе, снижает эффект иллюзии подвижки фрагментов зрительного образа. При полном устранении деталей, находящихся в противофазе по отношению друг к другу, иллюзия подвижки не возникает.

4. Иллюзорное видение подвижки фрагментов зрительного образа является следствием нейродинамического конфликта в структурах ЦНС, возникающего при неадекватной переработке зрительной информации, приходящей с периферических магноцеллюлярных рецептивных полей сетчатки в процессе саккадических движений глаз.

Литература

1. Beer A.L., Heckel A.H., Greenlee M.W. Motion Illusion Reveals Mechanisms of Perceptual Stabilization // Published: July 23, 2008. – DOI: 10.1371 / <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0002741>.

2. Нейробиология. – 28 июня 2011. – 18:46/ <http://compulenta.computerra.ru/archive/neuroscience/618974/>.

3. <http://nauka21vek.ru/archives/15227>.

4. Kitaoka Akiyoshi. Оптические иллюзии от Акиёши Китаока / <http://www.abc-people.com/illusion/kitaoka-1.htm>.

5. Menkhoff Inga. (Vonderstein S., Linz B., Ergun N.) Die Welt der Optischen Illusionen // Paragon Dooks Ltd. – 2007. – 95 s.

6. Ухтомский А.А. Собрание сочинений. В 5 т. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1954. Т.4. – 231 с.

7. Николс Дж.Г., Мартин А.Р., Валлас Б.Дж., Фукс П.А. От нейрона к мозгу / Пер. с англ. П.М.Балабана, А.В.Галкина, Р.А.Гиниатуллиной, Р.Н.Хазипова, Л.С.Хируга. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 672 с.

8. Смит К.Ю. Биология сенсорных систем / Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2005. – 583 с.

9. Hubel D.H., Wiesel T.N. Brain and visual perception / The story of a 25-year collaboration. Oxford, University press. – New York. – 2005. – 729 p.

10. Шахнович А.Р. Мозг и регуляция движений глаз. – М.: Медицина, 1974. – 160 с.

Поступила в редакцию 08.07.2016

УДК 57.045; 612.821

Хронобиологические особенности психоэмоционального напряжения студентов в условиях высоких широт

Н.В. Мельгуй, О.Н. Колосова, Е.Н. Николаева

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

Проведено исследование состояния хронобиологических особенностей психоэмоционального напряжения организма мужчин-студентов коренной национальности, обучающихся в вузе в условиях высоких широт. Полученные результаты свидетельствуют о динамике повышения психоэмоционального напряжения в организме студентов за последние 10–15 лет (с 2001–2004 гг. по 2014–2015 гг.). Укорочение светового дня в зимний период вызывает статистически достоверное ($p < 0,05$) увеличение психоэмоциональной нестабильности организма студентов-мужчин на фоне повышения уровня ЛТ ($r = 0,781$). Достоверное повышение числа студентов с низким уровнем психоэмоционального напряжения организма весной является свидетельством снижения в этот период адаптационных ресурсов и стрессоустойчивости организма.

Ключевые слова: студенты, высокие широты, психоэмоциональное напряжение, тревожность, адаптация, хронобиология, сезоны, коренные жители.

МЕЛЬГУЙ Наталья Владимировна – аспирант; КОЛОСОВА Ольга Николаевна – д.б.н., проф., в.н.с., kolosova.olga8@inbox.ru; НИКОЛАЕВА Евгения Николаевна – к.б.н., доцент, evgeniaschacte@mail.ru.