

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ ИМ. И.П. ПАВЛОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

ШОШИНА ИРИНА ИВАНОВНА

**ЛОКАЛЬНЫЙ И ГЛОБАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ
В НОРМЕ И ПРИ ШИЗОФРЕНИИ**

03.03.01 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 2015

Работа выполнена в лаборатории физиологии зрения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук.

Научный консультант: **Шелепин Юрий Евгеньевич**,
доктор медицинских наук, профессор

Официальные оппоненты: **Кропотов Юрий Дмитриевич**
доктор биологических наук, профессор,
лауреат Государственной премии СССР,
Институт мозга человека РАН, Санкт-Петербург,
заведующий лабораторией нейробиологии
программирования действий

Коскин Сергей Алексеевич
доктор медицинских наук, доцент
Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова,
заместитель начальника кафедры офтальмологии

Александров Александр Алексеевич
доктор биологических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный университет,
заведующий кафедрой высшей нервной деятельности
и психофизиологии

Ведущая организация: Институт эволюционной физиологии и биохимии
им. И.М.Сеченова РАН, Санкт-Петербург

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2015 года в _____ на
заседании Диссертационного совета по защите докторских и кандидатских
диссертаций при Институте физиологии им. И.П.Павлова РАН (Д 002.020.01).
199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института физиологии им.
И.П. Павлова РАН.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2015 года

Ученый секретарь Диссертационного совета,
доктор биологических наук

Н.Э. Ордян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Проблема восприятия и распознавания образов остается одной из важнейших проблем современной науки, в рамках которой одно из центральных мест занимает вопрос локального и глобального анализа изображений. В соответствии с представлениями о пространственно-частотной фильтрации в зрительной системе отличия механизмов локального и глобального анализа изображений можно представить как отличия в рабочих диапазонах пространственных частот. Глобальный механизм анализа изображений работает в полосе низких пространственных частот, локальный – в области высоких пространственных частот (Шелепин и др., 2009; 2011; 2014; Bar, 2003; Kourtzi, Huberle, 2005; Braddick et al., 2006; Bar et al., 2006; Kveraga et al., 2007; Shelepin et al., 2009; Swettenham et al., 2010; Sehatpour, et al., 2010; Conci et al., 2011; De la Rosa et al., 2011; Calderone et al., 2013). Известно, что различение пространственно-частотных характеристик зрительных стимулов обеспечивается множеством относительно "узких" фильтров (каналов) – нейронных комплексов, настроенных на восприятие разных пространственных частот (Campbell, Robson, 1968; Глезер, 1973; 1995; Ginsburg, Evans, 1979). Каналов много, около 20, однако условно можно выделить основные из них – крупноклеточные магноцеллюлярные и мелкоклеточные парвоцеллюлярные каналы, взаимодействие которых обеспечивает опознание объектов и формирование целостного представления об окружающей среде. Работа магно- и парвоклеточной систем должна рассматриваться и рассматривается как частный случай работы механизмов глобального и локального анализа, в которых могут быть задействованы и другие пути.

Магноцеллюлярные каналы представлены большими ганглиозными клетками с большими рецептивными полями (Croner, Kaplan, 1995) с проекциями к магноцеллюлярным слоям латерального колленчатого тела и затем к слою 4Ca первичной зрительной коры. Нейроны этой системы более чувствительны к низким пространственным и высоким временным частотам (Kulikowski, 1989; Regan, 2000), обеспечивая тем самым быстрое проведение информации к нейронам преимущественно дорзального пути головного мозга (Merigan, Maunsell, 1993; Куликовский, Робсон, 1999). Эти свойства определяют ведущую роль магноцеллюлярных каналов в обработке информации о глобальной организации стимула (De la Rosa et al., 2011; Calderone et al., 2013), в процессах «предвнимания» (Conci et al., 2011; De la Rosa et al., 2011; Calderone et al., 2013), анализе движения (De Souza, 2000).

Парвоцеллюлярные каналы представлены мелкими ганглиозными клетками с маленькими рецептивными полями (Croner, Kaplan, 1995) с проекциями к парвоцеллюлярным слоям латерального колленчатого тела и затем к слою 4Cβ первичной зрительной коры, а также слоям IVA и VIA. Нейроны этой системы более чувствительны к высоким пространственным и низким временным частотам (Thiele et al., 2001; Kerri et al., 2002; Butler et al., 2008; Conci et al., 2011; Calderone et al., 2013). Они обеспечивают медленное, по

сравнению с магноцеллюлярными нейронами, проведение информации преимущественно к нейронам вентрального пути, пролегающего через нижневисочную зону коры головного мозга (Merigan, Maunsell, 1993). Эти свойства определяют ведущую роль парвоцеллюлярных каналов в процессах выделения отдельных объектов и деталей объектов, то есть локального анализа зрительного поля (Calderone et al., 2013).

В настоящей работе предпринята попытка исследования механизмов локального и глобального анализа изображений в крайних условиях функционирования магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных каналов: при психопатологии и в условиях зрительных иллюзий. Основанием к исследованию механизмов локального и глобального анализа изображений при психопатологии послужили результаты исследований о нарушении базисных зрительных функций при шизофрении (Шамшинова, 1972; Гольдовская, 1987) и изменении «высших» зрительных функций (Foxe et al., 2005; Гурович, 2012). Особую актуальность в настоящее время приобрела проблема функционального состояния магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных каналов при шизофрении (Butler et al., 2007; 2008; 2012; 2014; Kim et al., 2006; Kantrowitz et al., 2009; Kantrowitz, Javitt, 2010a; 2010b; Kiss et al., 2010; Koychev et al., 2010; 2011; Chen, 2011; Dias et al., 2011; Green et al., 2011; Silverstein, Keane, 2011a,b; Kim, Park, 2011; Martinez et al., 2012; Lalor et al., 2012; Yoon et al., 2013; Silverstein et al., 2004; 2005; 2006a,b; 2009; 2010a,b; 2011; 2013; Cadenhead et al., 2013; Симонова и др., 2014; Шошина и др., 2012; 2013a,б; 2014a,б,в; Shoshina et al., 2011b; 2013; 2014) ввиду противоречивости накопленных данных. Большинство исследователей сходятся во мнении, что для больных шизофренией характерно нарушение работы магноцеллюлярных каналов с сохранением функций парвоцеллюлярных каналов (O'Donnell et al., 2002; Kim et al., 2006; Kiss et al., 2006; Butler et al., 2007; 2008; Martinez et al., 2008; Green et al., 2009b; Kiss et al., 2010). В то же время получены отдельные свидетельства дисфункции парвоцеллюлярной системы (Slaghuis, 1998; Chen et al., 1999; Brittain et al., 2010) или же обеих систем (Doniger et al., 2002; Kantrowitz et al., 2009; Cadenhead et al., 2013; Шошина и др., 2012; 2013a,б; 2014a,б,в; Shoshina et al., 2011b; 2013; 2014). Неоднозначность данных литературы может быть вызвана различиями в клинической картине, влиянием антипсихотического лечения, разной длительностью заболевания (косвенно свидетельствующей о тяжести заболевания) и методологическими особенностями исследований. Поэтому особую актуальность приобретает изучение функционального состояния магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем, соответственно механизмов глобального и локального описания изображений у больных шизофренией в различные периоды развития болезни и в условиях разной антипсихотической терапии.

Представляет интерес потенциальная роль зрительных функций в диагностике и прогнозировании болезни, возможность использования зрительных функций в качестве прогностических критериев влияния терапии, в том числе фармакологической. Несмотря на то, что на сегодняшний день

накоплен достаточно большой фактический материал о зрительных дисфункциях при шизофрении, их мониторинг до сих пор не вошел в практику ведения пациентов. В связи с этим приобретает актуальность разработка и внедрение методов регистрации функциональных нарушений в работе зрительного анализатора.

В качестве модели для исследования механизмов глобального и локального анализа зрительной информации представляет интерес исследование функций магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных каналов на пределе их работы, в частности, в условиях зрительных иллюзий. Зрительные иллюзии являются неотъемлемой частью зрительного восприятия и отражают работу фундаментальных механизмов формирования зрительного образа, поэтому активно используются исследователями, как модель для изучения этих механизмов (Gregory, 2009; Соколов, 2003; Меньшикова, 2013).

Иллюзия Мюллера-Лайера – одна из наиболее известных геометрических иллюзий, которой посвящено множество исследований, однако вопрос о механизме ее возникновения до сих пор остается открытым. Одна из наиболее проработанных гипотез о механизме ее возникновения основана на теории пространственно-частотной фильтрации (Ginsburg, 1980). Согласно этой теории, искажения определяются низкочастотной составляющей самого исходного изображения, которая вследствие низкочастотной фильтрации в зрительной системе становится видимой наблюдателю. Иными словами, это не искажение восприятия, а восприятие истинного изображения, определяемое самой структурой отрезков со стрелками (Ginsburg, 1984). Однако К. Карлсон с коллегами (Carlson et al., 1984) показали, что иллюзия возникает и при предъявлении фигуры Мюллера-Лайера в виде точечного стимула, свободного от низких пространственных частот или с уменьшенным их вкладом. В таком случае слабая выраженность, но, тем не менее, сохранность иллюзии Мюллера-Лайера должна быть объяснена другим механизмом. Предположительно это механизм глобального анализа, напоминающий низкочастотную фильтрацию нейронами экстрастриарных областей коры головного мозга, осуществляющих построение огибающей на основе предварительной работы рецептивных полей первичной зрительной коры (Шелепин, 1984; Бабенко, 2003; Elleberg et al., 2006; Шелепин и др., 2009). В связи с этим актуально исследование иллюзии Мюллера-Лайера с точки зрения глобального и локального описания изображения.

Зрительные иллюзии представляют интерес не только как собственно феномен зрительного восприятия, но и как инструмент исследования механизмов сенсорных нарушений при психопатологии. Показано, что дефициты ранней визуальной обработки и высших интегративных функций у лиц, страдающих шизофренией, могут быть оценены с помощью зрительных геометрических иллюзий (Dakin et al., 2000; Kerri et al., 2002; Slaghuis, Thompson, 2003; Butler et al., 2005; Pessoa et al., 2008). Актуальность подобного исследования состоит в том, что восприимчивость к иллюзиям больных шизофренией может быть маркером, обнаруживаемым на начальной стадии

заболевания, но исчезающим или, наоборот, более выражено проявляющимся с прогрессированием болезни.

В свете физиологических основ глобального и локального описания изображений при формировании образа представляют интерес исследования особенностей восприятия у лиц с различными показателями когнитивного стиля. С точки зрения психологии когнитивные стили представляют собой «способы переработки информации о своем окружении в виде индивидуальных различий в восприятии, анализе, структурировании, оценивании происходящего» (Холодная, 2004). Один из наиболее изученных когнитивных стилей – полезависимость/полenezависимость. Лиц с полenezависимым когнитивным стилем с позиций психологии характеризуют, как способных активно структурировать зрительное поле, отделять объект от контекста, и рассматривают эти способности как свидетельство аналитичности восприятия (Кочетков, Скотникова, 1993; Song et al, 2011). В свою очередь стиль полезависимость характеризуют противоположно. Возникает резонный вопрос: каковы физиологические основы этих стилей восприятия? Логично предположить, что лица с полезависимым когнитивным стилем демонстрируют доминирование глобального анализа зрительного поля, тогда как лица с полenezависимым когнитивным стилем – доминирование локального анализа. Тем не менее, экспериментальные свидетельства, подтверждающие взаимосвязь между стилем полезависимость/полenezависимость и глобальным/локальным описанием изображения как их физиологической основой, в настоящее время отсутствуют.

Исходя из гипотезы, что физиологической основой полезависимого/полenezависимого когнитивного стиля являются механизмы глобального и локального описания изображения, а иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера согласно теории пространственно-частотной фильтрации являются результатом низкочастотной фильтрации, соответственно, глобального описания изображения, логично предположить наличие взаимосвязи между полезависимым/полenezависимым когнитивным стилем и величиной зрительных иллюзий. Между тем, данных литературы о чувствительности к зрительным иллюзиям лиц с тем или иным когнитивным стилем крайне мало и они далеко неоднозначны (Kincade, 1998; Чекалина, 2008; Чекалина, Гусев, 2008; Schiano et al, 2009; Song et al., 2011), что свидетельствует об актуальности изучения данного вопроса.

В целом актуальность темы диссертационной работы подтверждена соответствием перечню приоритетных направлений развития науки и технологий страны (Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899), куда включены исследования в области информационных технологий, человека в информационном обществе, сенсорных систем, систем распознавания образов, изучение мозга и его заболеваний.

Цель работы: исследование процессов глобального и локального описания изображений в норме и на модели нарушения зрительного восприятия при шизофрении.

Задачи исследования:

1. Исследовать механизмы глобального и локального анализа изображений путем оценки функционального состояния магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных зрительных каналов у психически здоровых и лиц, страдающих шизофренией, на разных стадиях развития болезни новыми методами цифрового синтеза тестовых изображений с заданными пространственно-частотными характеристиками в режиме обнаружения и сравнения контраста решеток, уравнивания длины отрезков.

2. Оценить с помощью частотно-контрастных характеристик и чувствительности к зрительным иллюзиям функциональное состояние магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных зрительных каналов, обеспечивающих глобальный и локальный анализ изображений, у больных шизофренией, получающих лечение атипичными и типичными нейролептиками.

3. Определить и сравнить уровень внутреннего шума зрительной системы у психически здоровых испытуемых и пациентов, страдающих шизофренией.

4. Исследовать взаимосвязь между физиологическими механизмами локального и глобального анализа изображений и представлением о полезависимом/полenezависимом когнитивном стиле, сформированным в психологии.

Методологические и теоретические предпосылки исследования: представления о механизмах локального и глобального анализа в зрительной системе (Н.В. Barlow, О.Ж. Braddick, Д.Н. Hubel, Т.Н. Wiesel, В.Д. Глезер, Н.Н. Красильников, Ю.Е. Шелепин), теория пространственно-частотной фильтрации в зрительной системе (С. Blakemore, F.W. Campbell, А. Ginsburg, J.J. Kulikowski, D. Regan, J.G. Robson, В.Д. Глезер, И.И. Цуккерман, Ю.Е. Шелепин); теоретические представления о механизмах пространственного зрения (В.Д. Глезер, В.А. Барабанщиков, В.М. Бондарко, М.В. Данилова, С.А. Коскин, Л.И. Леушина, А.А. Невская, Г.И. Рожкова, Н.Ф. Подвигин, В.Б. Полянский, И.А. Шевелев, В.В. Шульговский, А.Л. Ярбус); теория согласованной фильтрации (А.В. Watson, Н.Н. Красильников).

Научная новизна. Впервые предпринято исследование механизмов глобального и локального анализа изображений в едином подходе от входного сигнала до его "выхода" – механизмов принятия решений, основанное на представлениях о пространственно-частотной фильтрации в зрительной системе. Использование пространственно-частотного языка позволило объединить для изучения функционального состояния мозга совершенно разные классы изображений, давно применяемые в клинике и впервые примененные нами для изучения нарушений психики. Так как единственно возможный способ задать вопрос мозгу это использование сенсорных каналов, в диссертации оптимально для современного состояния науки подобраны и стимулы, и язык, на котором возможно проводить исследования и описание различных уровней обработки зрительной информации в здоровом и больном мозге. Использование пространственно-частотного языка позволило

объединить для изучения механизмов анализа изображений совершенно разные стимулы.

Получены новые научные данные, значительно расширяющие современное представление о механизмах локального и глобального анализа изображений в норме и на примере зрительных дисфункций у больных шизофренией. Показана значимость согласованной работы глобального и локального анализа для зрительного восприятия. Стойкие сенсорные нарушения при шизофрении сопровождаются рассогласованием в работе этих механизмов, что проявляется в изменении функционального состояния магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной зрительных систем, обеспечивающих глобальный и локальный анализ. Впервые показано, что характер этих нарушений определяется стадией развития заболевания.

Впервые установлено, что на стадии ранних клинических проявлений шизофрении повышена чувствительность магноцеллюлярных зрительных каналов, обеспечивающих глобальный анализ зрительного поля, тогда как чувствительность парвоцеллюлярных каналов, отвечающих за локальный анализ, наоборот, снижена. Соответственно, наблюдается доминирование механизмов глобального анализа изображения над механизмами локального анализа. По мере прогрессирования заболевания снижается чувствительность обоих типов каналов, следовательно, нарушается работа механизмов и глобального, и локального анализа изображений, что ведет к еще более тяжелым дисфункциям зрительного восприятия.

Впервые показано, что функциональное состояние магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной зрительных систем, соответственно, процессы глобального и локального анализа изображений у больных шизофренией испытывают влияние антипсихотического лечения. Как типичные, так и атипичные нейролептики снижают чувствительность магноцеллюлярной системы, вероятно, ввиду более или менее выраженной блокады рецепторов дофамина. В условиях применения на начальных стадиях заболевания атипичных нейролептиков в меньшей мере страдает чувствительность в диапазоне высоких пространственных частот, тогда как чувствительность в диапазоне низких пространственных частот достоверно более выражена, чем у пациентов, принимающих типичные нейролептики.

Впервые показано, что измерение уровня внутреннего шума зрительной системы в ходе оценки контрастной чувствительности или помехоустойчивости является информативным методом оценки зрительных функций при шизофрении. Как у лиц с первым психотическим эпизодом шизофрении, так и у хронически больных наблюдается повышение уровня внутреннего шума зрительной системы, что, вероятно связано с интоксикацией в результате внутреннего патологического процесса и внешнего медикаментозного воздействия, и приводит к нарушениям согласованной работы механизмов локального и глобального анализа.

Впервые научно обоснована необходимость оценки функционального состояния зрительных функций у больных шизофренией на разных стадиях

развития болезни, апробированы офтальмологические и физиологические пороговые и надпороговые методы их мониторинга.

Показано, что при исследовании сенсорно-когнитивных функций в надпороговых условиях в задачах сравнения контраста решеток Габора и размера отрезков в иллюзии Мюллера-Лайера необходимо учитывать пространственно-частотный спектр тестового изображения, характеристики полосовой фильтрации в пространственно-частотных каналах первичных отделов зрительной системы и роль высших отделов зрительной системы, осуществляющих построение огибающей на основе предварительной работы рецептивных полей первичной зрительной коры.

Впервые получены данные о физиологических основах одного из основополагающих когнитивных стилей – полезависимость/полenezависимость. Получены свидетельства доминирования у лиц с полезависимым когнитивным стилем механизмов глобального анализа изображений, у лиц с полenezависимым когнитивным стилем – локального анализа.

Теоретическая и практическая значимость. Впервые удалось экспериментально показать, что глобальный и локальный анализ, нейрофизиологические механизмы, которых включают нейронные сети, образованные магноцеллюлярными и парвоцеллюлярными каналами, имеют терминологический эквивалент в психологии – полезависимый и полenezависимый когнитивный стиль. Выход из терминологической путаницы открывает новые направления в сенсорной физиологии и в практике, в частности в психологической и клинической оценке состояния зрительной системы человека.

Новые научные данные о функциональном состоянии у больных шизофренией магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем, являющихся частью нейрофизиологических сетей, обеспечивающих глобальный и локальный анализ изображений, углубляют представления об изменении физиологических механизмов обнаружения и опознания при шизофрении и дополняют современные представления о работе этих механизмов в норме.

Получены свидетельства гиперактивации магноцеллюлярной системы, обеспечивающей глобальный анализ изображений, у лиц с первым психотическим эпизодом. Тем самым дано физиологическое обоснование клинических симптомов, характеризующих восприятие при первом манифесте заболевания.

Установлено влияние антипсихотического лечения на состояние магно- и парвоцеллюлярных каналов, соответственно на работу механизмов глобального и локального анализа изображений. Поэтому показатели зрительных функций могут служить прогностическими критериями для оценки эффективности фармакологической терапии и использоваться при тестировании новых антипсихотических препаратов.

Результаты исследований являются научным обоснованием необходимости мониторинга функционального состояния зрительной системы на разных стадиях шизофрении и у лиц с высоким риском развития

заболевания. Показано, что особенности работы механизмов глобального и локального анализа при шизофрении могут выступать в качестве маркеров заболевания.

Предложенные физиологические и офтальмологические методы дают в руки офтальмологов и медицинских психологов объект – механизмы глобального и локального анализа (магно- и парвосистемы как их нейрофизиологический субстрат) и инструмент исследования – набор тестов для изучения процессов разного уровня.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы в курсах лекций по физиологии, физиологии высшей нервной деятельности и сенсорных систем, психофизиологии, дифференциальной психологии, общей психологии, патофизиологии, патопсихологии, клинической психологии.

Реализация результатов исследований. Научные положения и разработки диссертационной работы используются в учебном процессе ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения РФ, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», ГБОУ ВПО «Красноярский государственный педагогический университет им. И.П. Астафьева, ГБОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева»; внедрены в практику деятельности КГБУЗ «Красноярский краевой психоневрологический диспансер №1», ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера» СО РАМН.

Апробация работы. Основные научные положения диссертации и экспериментальные результаты доложены и обсуждены на 16 международных и 9 всероссийских конференциях.

Международные конференции: Всемирном конгрессе психофизиологов (Санкт-Петербург, 2008), международной конференции «Прикладная оптика – 2010» (Санкт-Петербург, 2010); XXI съезде физиологического общества им. И.П. Павлова (Калуга, 2010); Европейской конференции по зрительному восприятию – ECVR (Тулуза, Франция, 2011; Бремен, Германия, 2013; Белград, Сербия, 2014); 20-й Ежегодной встрече Израильского общества неврологов (Эйлат, Израиль, 2011); Всемирном конгрессе по разработкам и технологиям (Шанхай, Китай, 2011); 7-м Международном междисциплинарном конгрессе «Нейронаука для медицины и психологии» (Судак, 2011); III съезде физиологов СНГ (Ялта, 2011); Ежегодной встрече по экспериментальной психологии (Манхейм, Германия, 2012; Гисен, Германия, 2014); Международной конференции по когнитивным наукам (Калининград, 2012; 2014). XXII-м съезде физиологического общества им. И.П. Павлова (Волгоград, 2013); Международной конференции «Информационные и компьютерные технологии в образовании в течение всей жизни» (Красноярск, 2014).

Всероссийские конференции: на Всероссийской конференции с международным участием «Механизмы регуляции физиологических систем

организма в процессе адаптации к условиям среды» (Санкт-Петербург, 2010); конференции «Познание в деятельности и общении от теории и практики к эксперименту» (Москва, 2011); Всероссийской научной конференции «Экспериментальный метод в структуре психологического знания» (Москва, Россия, 2012); Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы теории и практики современной психологии», (Иркутск, 2012); VII Сибирском физиологическом съезде (Красноярск, 2012); Симпозиуме «От детектора признака к единому зрительному образу» посвященному 80-летию со дня рождения академика И.А. Шевелева (Москва, 2012); конференции «Современные технологии диагностики и лечения при поражениях органа зрения» (Санкт-Петербург, 2013); II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Психологическое здоровье человека: жизненный ресурс и жизненный потенциал» (Красноярск, 2013); Всероссийской научной конференции «Естественнонаучный подход в современной психологии» (Москва, 2014).

На семинарах и заседаниях: семинаре лаборатории общей психологии Свободного университета г. Берлина (Германия, 2010); заседаниях отдела сенсорных систем Института физиологии им. И.П. Павлова (Санкт-Петербург, 2011–2014); расширенных заседаниях кафедры психического здоровья ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (Красноярск, 2011–2014); заседаниях в КГБУЗ «Красноярский краевой психоневрологический диспансер №1» (Красноярск, 2012–2014), заседании Красноярского филиала физиологического общества им. И.П. Павлова (Красноярск, 2014); заседании кафедры психологии ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева» (Красноярск, 2014); заседании кафедры клинической психологии ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России (Красноярск, 2014); заседании лаборатории зрительного восприятия клиники Шарите медицинского университета г. Берлина (Германия, Берлин, 2014).

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Механизмы глобального и локального анализа изображений являются нейрофизиологическим субстратом психологического понятия полезависимый/полenezависимый когнитивный стиль. Лица с полenezависимым когнитивным стилем демонстрируют доминирование локального механизма восприятия, тогда как с полезависимым когнитивным стилем, наоборот, доминирование глобального механизма описания изображения. Порог опознания фрагментированных фигур ниже у лиц с полезависимым когнитивным стилем.

2. Рассогласование работы механизмов глобального и локального анализа изображений приводит к стойким сенсорным нарушениям при шизофрении. Характер нарушений зависит от стадии развития заболевания и может быть описан изменениями функционального состояния магноцеллюлярной и

парвоцеллюлярной систем, являющихся частью нейрофизиологической сети, обеспечивающей глобальный и локальный анализ изображений.

3. Нарушение согласованной работы механизмов глобального и локального анализа на начальном этапе развития шизофрении проявляется в увеличении чувствительности магноцеллюлярной системы и одновременно снижении чувствительности парвоцеллюлярной системы, соответственно доминировании механизмов глобального анализа изображений над механизмами локального описания и как результат – нарушении согласованной работы механизмов глобального и локального анализа изображений.

4. Рассогласование в работе механизмов глобального и локального анализа изображений у хронически больных шизофренией связано с нарушением работы этих механизмов. Пациенты демонстрируют снижение контрастной чувствительности и повышение выраженности иллюзии Мюллера-Лайера во всех диапазонах тестируемых частот, что свидетельствует о снижении чувствительности магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных зрительных каналов, обеспечивающих локальное и глобальное описание зрительного поля.

5. Фармакологическая антипсихотическая терапия оказывает влияние на согласованную работу механизмов глобального и локального описания. Независимо от типа получаемых нейролептиков, пациенты демонстрируют снижение контрастной чувствительности в области низких пространственных частот и повышение выраженности иллюзии Мюллера-Лайера при предъявлении изображения со спектром низких пространственных частот (обеспечивающих глобальное описание), к которым восприимчивы магноцеллюлярные каналы. Воздействие достоверно более выражено в условиях применения атипичных нейролептиков, оказывающих влияние на дофаминовую и серотониновую системы мозга, чем типичных нейролептиков, воздействующих преимущественно на дофаминовую систему.

6. Нарушения согласованной деятельности механизмов локального и глобального описания зрительного поля наблюдаются на фоне повышения уровня внутреннего шума зрительной системы, возможно вследствие внутренней и внешней интоксикации в результате развивающегося внутреннего патологического процесса и медикаментозного воздействия. Уровень внутреннего шума зрительной системы возрастает по мере прогрессирования заболевания, а чувствительность магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем, обеспечивающих глобальный и локальный анализ, снижается.

7. Измерения контрастной чувствительности в области низких и средних пространственных частот в режиме обнаружения порогового контраста решеток Габора и сравнения контраста решеток Габора в надпороговых условиях, порогов иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера в классическом варианте и после полосовой фильтрации изображений могут быть использованы в качестве маркеров шизофрении.

8. Предложена система тестов для оценки согласованности работы механизмов локального и глобального анализа на уровне первичных звеньев и

высших отделов «зрительного» мозга на уровне принятия решений и отражающих когнитивный стиль испытуемого.

9. При исследовании сенсорно-когнитивных функций в надпороговых условиях в задачах сравнения контраста решеток Габора и при оценке размера отрезков в иллюзии Мюллера-Лайера необходимо учитывать пространственно-частотный спектр тестового изображения, характеристики полосовой фильтрации в пространственно-частотных каналах первичных отделов зрительной системы и роль высших отделов зрительной системы, осуществляющих построение низкочастотной огибающей на основе предварительной высокочастотной фильтрации в рецептивных полях первичной зрительной коры.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 45 печатных работ, из них 19 в рецензируемых изданиях.

Личный вклад диссертанта. Все результаты, представленные на защиту, получены лично диссертантом. Автор выполнял постановку целей и задач исследований, проведение исследований, обработку и интерпретацию полученных результатов.

Структура диссертации. Диссертация включает: введение, обзор литературы, методическую главу, пять глав собственных экспериментальных исследований и их обсуждений, общее обсуждение, выводы, список цитированной литературы из 570 работ, и приложения. Диссертация изложена на 371 странице компьютерного исполнения, содержит 2 таблицы и 71 рисунок.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в период с 2008 по 2013 год в лаборатории физиологии зрения ФГБУН Института физиологии им. И.П. Павлова РАН (г. Санкт-Петербург), кафедре психического здоровья ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск) и на базе Красноярского краевого психоневрологического диспансера № 1. В исследованиях приняли участие 1101 человек, среди которых 446 человек – пациенты Красноярского краевого психоневрологического диспансера, страдающие параноидной формой шизофрении. Острота зрения всех испытуемых была нормальной или скорректированной до нормы. Условия проведения исследований соответствовали Хельсинкской декларации всемирной медицинской ассоциации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

КОНТРАСТНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ У ПСИХИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ И БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ

Контрастная чувствительность в режиме обнаружения контраста элементов Габора

Объекты и методы исследования. С помощью компьютерной визоконтрастометрии (Шелепин и др., 1985) методом лестницы (Бардин, 1976)

фиксируют пороговую контрастную чувствительность. На экране монитора 17' Samsung Samtron 76E (яркость – 80-cd/m², разрешение – 640/480 пикселей, кадровая частота – 85 Гц) после гамма-коррекции и калибровки искажений предъявляли элементы Габора с пространственной частотой 0,4; 3,6 и 17,9 цикл/град (рис. 1).

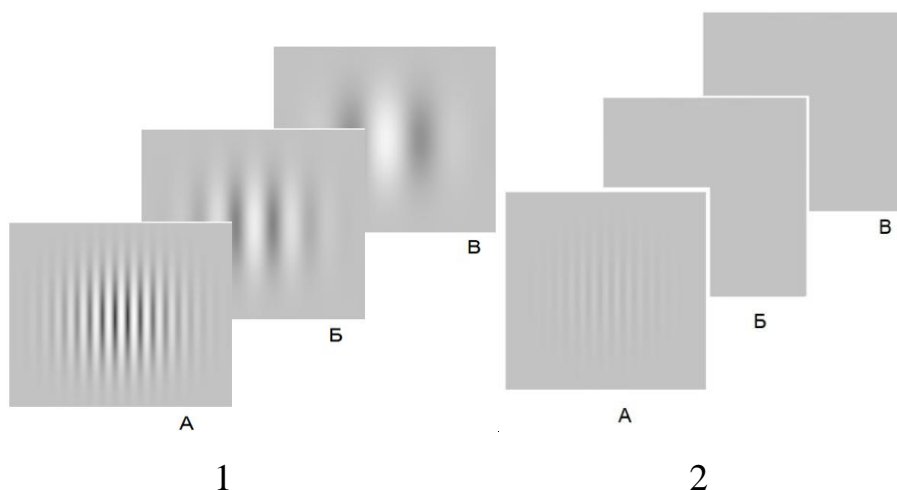


Рис. 1. Примеры решеток элементов Габора, использованных для измерения порогового контраста.

1 ряд – решетки надпорогового контраста с высокой (А), средней (Б) и низкой (В) пространственной частотой; 2 ряд – для измерения порогового контраста каждую из решеток 1 ряда давали в пороговом режиме (А), подпороговом (Б) и в отсутствие контраста (В).

Размер изображения – 4,48°*3,36°. Задача испытуемого – нажать на кнопку мыши, когда на экране появится «решётка», и держать до тех пор, пока она не исчезнет, затем отпустить кнопку и дождаться, когда «решётка» вновь появится. Таким образом, происходило колебание контраста решетки около порогового значения, за которое принималось среднее значение между значениями контраста, при которых испытуемый увидел «решетку» и перестал ее видеть. Было выполнено по 8 измерений пороговой контрастной чувствительности для каждой пространственной частоты в условиях бинокулярного наблюдения.

В исследовании участвовали: 20 психически здоровых испытуемых женского пола (36,0±12,4 лет) и 45 пациентов (10 мужчин; 37,7±10,2 лет), находящихся на амбулаторном лечении с диагнозом параноидная шизофрения (F20.0 по классификации МКБ–10). Общей клинической чертой пациентов являлось наличие в различной степени выраженных негативных симптомов при отсутствии явной продуктивной симптоматики, без сопутствующей органической патологии.

В зависимости от длительности заболевания больные шизофренией были разделены на группы: пациентов, страдающих шизофренией менее 10 лет (в среднем 3,9±2,3 лет), – 23 человека и, страдающих шизофренией более 10 лет (в среднем – 17,3±6,9 лет), – 22 пациента.

Влияние на показатели контрастной чувствительности типа принимаемых нейролептиков оценивали при сравнении контрастной чувствительности у психически здоровых испытуемых, пациентов, получавших лечение атипичными нейролептиками, блокирующими преимущественно рецепторы серотонина и дофамина, – 25 человек (мужчин – 4) и пациентов, получавших лечение типичными нейролептиками, блокирующими преимущественно рецепторы дофамина, – 20 человек (мужчин – 6).

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью однофакторного (ANOVA) и многофакторного дисперсионного анализа (MANOVA), критерия Краскела-Уоллеса и критерия Манна-Уитни пакета статистических программ SPSS-13.

Результаты. В целом больные шизофренией демонстрировали достоверное снижение, по сравнению с психически здоровым контролем, контрастной чувствительности в области низких ($p < 0,0001$) и средних пространственных частот ($p < 0,01$), что свидетельствует об изменении функционального состояния магноцеллюлярных каналов, восприимчивых к низким пространственным частотам и обеспечивающих глобальный анализ изображения (рис. 2).

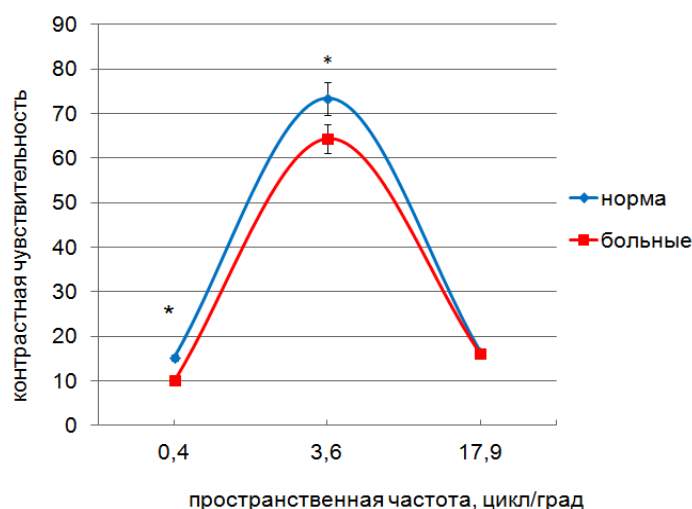


Рис. 2. Контрастная чувствительность, измеренная в режиме обнаружения, в норме и у больных шизофренией.

Вертикальные линии у каждой точки – величина относительной ошибки.

Снижение контрастной чувствительности в области средних пространственных частот у больных шизофренией рассматривается как свидетельство повышения у них уровня внутреннего шума зрительной системы. Основанием к такому утверждению послужили результаты исследований влияния шума на контрастно-частотную характеристику зрительной системы человека (Шелепин и др., 1985; Красильников, Шелепин, 1996).

Обращает внимание еще и тот факт, что у психически здоровых испытуемых пороговая контрастная чувствительность в диапазоне низких и высоких пространственных частот была одинаковой, тогда как у больных

шизофренией достоверно различалась ($p < 0,01$). То есть для больных шизофренией характерно рассогласование работы магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем, являющихся частью нейрофизиологической сети, обеспечивающей глобальный и локальный анализ изображений.

При анализе данных с учетом типа принимаемых нейролептиков, которые условно подразделены на атипичные, блокирующие преимущественно рецепторы дофамина и серотонина, и типичные нейролептики, блокирующие преимущественно рецепторы дофамина, установлено следующее (рис. 3).

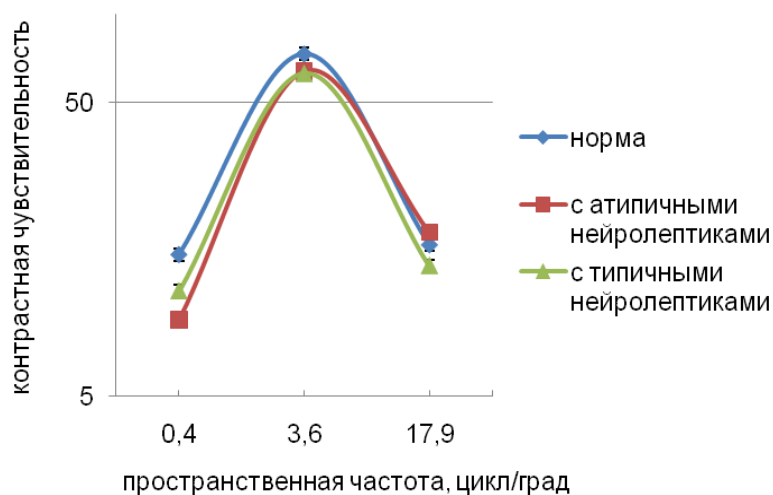


Рис. 3. Влияние типа нейролептиков на контрастную чувствительность, измеренную в режиме обнаружения, у больных шизофренией.

По оси ординат – логарифмическая шкала контрастной чувствительности. Вертикальные линии у каждой точки – величина относительной ошибки.

Пациенты, получавшие лечение атипичными нейролептиками, демонстрировали достоверное снижение контрастной чувствительности, по сравнению с психически здоровыми, в диапазоне низких ($p < 0,0001$) и средних пространственных частот ($p < 0,009$). Тогда как пациенты, получавшие типичные нейролептики, – в диапазоне низких ($p < 0,0001$) и высоких пространственных частот ($p < 0,03$). Обращает внимание тот факт, что пациенты, получающие разные типы нейролептиков, отличались при обнаружении контраста решеток, содержащих низкие пространственные частоты ($p < 0,03$), к которым наиболее чувствительны магноцеллюлярные каналы, обеспечивающие глобальный анализ изображений.

При анализе данных с учетом длительности заболевания установлено, что пациенты, страдающие шизофренией менее 10 лет (в среднем $3,9 \pm 2,3$ лет), демонстрировали снижение контрастной чувствительности, по сравнению с психически здоровым контролем, только в диапазоне низких пространственных частот (рис. 4; $p < 0,0001$).

В тоже время пациенты, страдающие шизофренией более 10 лет, показали достоверное снижение контрастной чувствительности, по сравнению

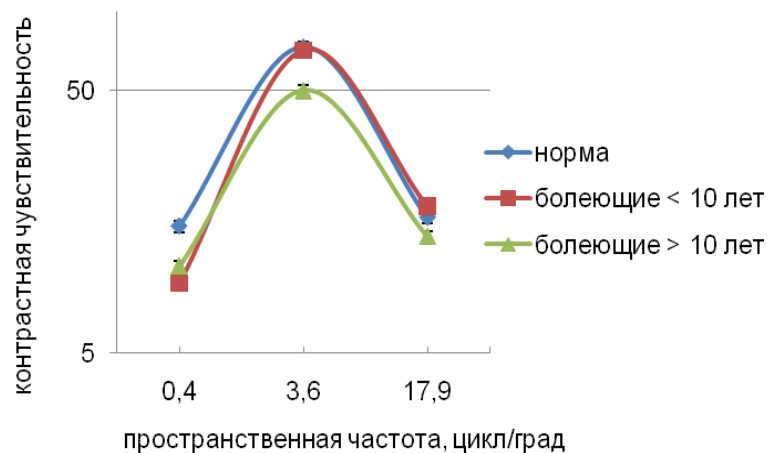


Рис. 4. Контрастная чувствительность в режиме обнаружения в норме и у больных шизофренией с разной длительностью заболевания.

По оси ординат – логарифмическая шкала контрастной чувствительности. Вертикальные линии у каждой точки – величина относительной ошибки.

с психически здоровыми испытуемыми, во всех диапазонах тестируемых пространственных частот (в диапазоне низких и средних частот – $p < 0,0001$, в диапазоне высоких пространственных частот – $p < 0,002$). То есть пациенты, страдающие шизофренией более 10 лет, демонстрировали нарушения работы механизмов и глобального, и локального описания зрительного поля.

Контрастная чувствительность в режиме уравнивания контраста элементов Габора

Объекты и методы исследования. В ходе компьютерной визоконтрастометрии (Шелепин и др., 1985) определяли контрастную чувствительность в режиме уравнивания контраста (рис. 5).

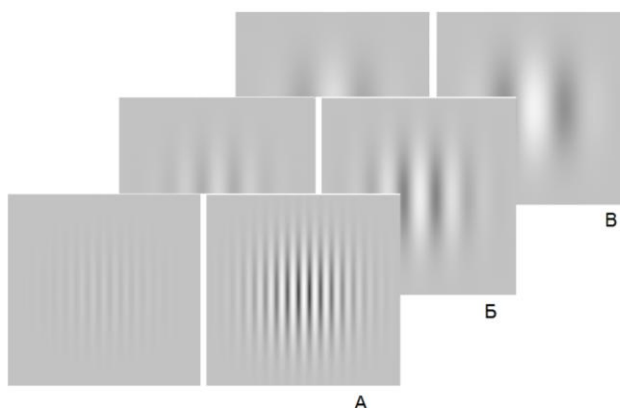


Рис. 5. Примеры пар решеток Габора с разной пространственной частотой, использованных в исследовании методом уравнивания контраста.

А – пример пары решеток с высокой пространственной частотой, Б – средней пространственной частотой, В – с низкой пространственной частотой.

Регистрировали абсолютные значения разности контрастов тестовой и эталонной решеток Габора, которые выводили на экран монитора 17' Samsung Samtron 76E (яркость – 80-cd/m², разрешение – 640/480 пикселей, кадровая частота – 85 Гц) после его предварительной гамма-коррекции. Предъявляли решетки с пространственной частотой 0,4; 3,6 и 18,2 цикл/град на сером фоне в двух окнах 317×317 мм, расстояние между окнами – 10 мм. Пространственная частота каждой пары сравниваемых решеток была одинаковой. Контраст эталонной решетки – 0,5, контраст тестовой решетки варьировал от 0 до 1. Количество предъявлений каждой пары решеток – 8. По величине абсолютной разности контрастов судили о контрастной чувствительности, которая тем выше, чем меньше абсолютное значение разности контрастов тестовой и эталонной решетки.

В исследованиях участвовали 20 психически здоровых женщин (возраст – 34,9±13,4 лет), и 43 пациентки с диагнозом параноидная шизофрения, находящиеся на лечении в стационаре (возраст – 36,6±10,7 лет). Пациенты были разделены на группы: с первым эпизодом шизофрении (возраст – 27,8±9,9 лет; длительность болезни – 0,6±0,6 лет) и хронически больных шизофренией (возраст – 38,5±10,4 лет; длительность болезни – 13,2±7,1 лет). Для пациентов с первым эпизодом шизофрении, в отличие от хронически больных, характерно преобладание в той или иной мере выраженной продуктивной симптоматики над негативной.

В свою очередь пациенты с первым психотическим эпизодом были подразделены на пациентов, не получавших длительного антипсихотического лечения (11 человек с длительностью антипсихотического лечения – 0,1±0,05 месяцев), и пациентов с историей антипсихотического лечения от 3-х месяцев до 3-х лет (8 человек с длительностью антипсихотического лечения 2,2±1,1 лет). В группу хронически больных шизофренией вошли 24 пациента с длительностью заболевания более 3-х лет.

На момент обследования 44,5% пациентов из группы с первым психотическим эпизодом находились под наблюдением и не получали никакого антипсихотического лечения и 54,5% получали непродолжительное время одно лекарство из группы типичных нейролептиков, второе – из атипичных нейролептиков. Длительное антипсихотическое лечение получали 42,1% пациентов с первым психотическим эпизодом шизофрении, среди них 26,3% пациентов получали типичные нейролептики, 10,5% – атипичные нейролептики и 5,3% пациентов получали нейролептики обоих типов. Среди хронически больных шизофренией типичные нейролептики получали 50% пациентов, атипичные нейролептики – 8,3%, нейролептики обоих типов принимали 41,7% пациентов.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью многофакторного дисперсионного анализа (MANOVA) и критерия Манна-Уитни пакета статистических программ SPSS-13.

Результаты. В целом результаты исследований контрастной чувствительности в режиме обнаружения и в режиме сравнения контрастов

совпадают и свидетельствуют о том, что для больных шизофренией характерно снижение, по сравнению с психически здоровым контролем, контрастной чувствительности во всех диапазонах тестируемых пространственных частот (рис. 6).

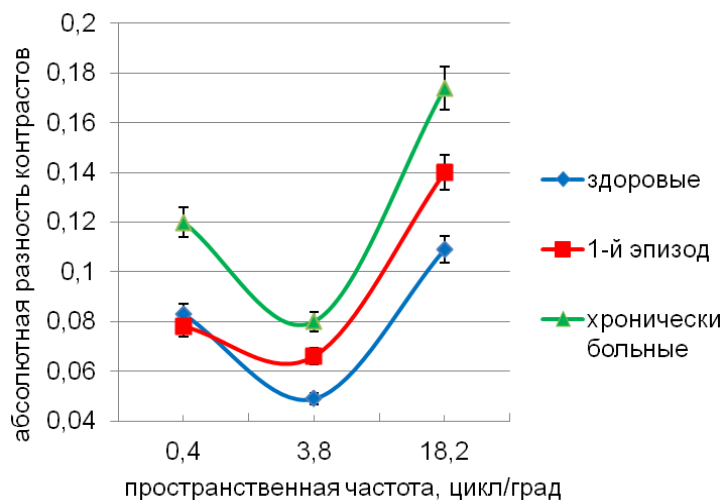


Рис. 6. Абсолютные разности контрастов сравниваемых решеток у психически здоровых и больных шизофренией с разной клинической картиной заболевания.

Вертикальные линии у каждой точки – величина относительной ошибки.

То есть в целом можно говорить о нарушении при шизофрении работы механизмов как глобального, так и локального анализа изображений. Однако при подразделении испытуемых по преобладающей клинической картине установлено, что абсолютная разность контрастов сравниваемых решеток в паре психически здоровый контроль/пациенты с первым эпизодом шизофрении достоверно отличается только в диапазоне средних и высоких пространственных частот (рис. 6; $p < 0,0001$).

В паре психически здоровый контроль/хронически больные шизофренией показатели абсолютной разности контрастов отличались уже во всех диапазонах пространственных частот ($p < 0,0001$). Между собой группы пациентов отличались только чувствительностью в диапазоне низких пространственных частот ($p < 0,0001$).

В свете сложно решаемого вопроса о возможном действии лекарств на показатели контрастной чувствительности у больных шизофренией представляют интерес данные пациентов, которые только заболели и еще не получали длительного антипсихотического лечения (рис. 7). В паре психически здоровый контроль/пациенты с первым эпизодом шизофрении без длительного лечения абсолютные разности контрастов отличались во всех диапазонах пространственных частот (при низких частотах уровень достоверности различий – $p < 0,002$; при средних – $p < 0,045$; при высоких частотах – $p < 0,007$). Абсолютные разности контрастов в паре психически здоровый контроль/пациенты с первым эпизодом шизофрении с длительным лечением достоверные отличия зафиксированы только при сравнении решеток со

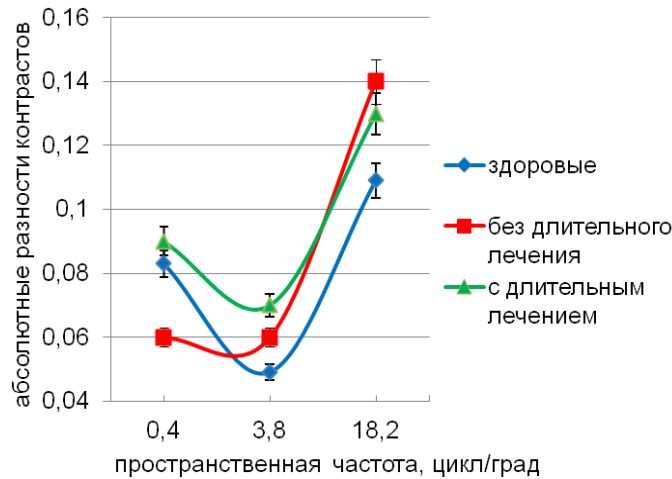


Рис. 7. Абсолютные разности контрастов сравниваемых решеток у здоровых и пациентов с первым эпизодом шизофрении.

Вертикальные линии у каждой точки – величина относительной ошибки.

средними ($p < 0,0001$) и высокими пространственными частотами ($p < 0,0001$). Соответственно, между собою группы пациентов с первым эпизодом шизофрении с разной длительностью лечения отличались только при сравнении решеток с низкими пространственными частотами ($p < 0,001$).

Пациенты с первым эпизодом шизофрении, не получавшие длительного лечения, и хронически больные достоверно отличались при сравнении решеток, содержащих низкие ($p < 0,0001$) и средние пространственные частоты ($p < 0,035$). Тогда как пациенты с первым эпизодом, получавшие длительное лечение, достоверно отличались от хронически больных только при сравнении решеток с низкими пространственными частотами ($p < 0,029$).

Таким образом, пациенты с первым эпизодом шизофрении, не получавшие длительного антипсихотического лечения, демонстрировали гиперчувствительность магноцеллюлярной системы. Тогда как в области средних и высоких пространственных частот контрастная чувствительность была ниже, чем у психически здоровых испытуемых. То есть на начальных этапах шизофрении наблюдается рассогласование в работе механизмов глобального и локального анализа изображений, проявляющееся в повышении чувствительности магноцеллюлярной системы и снижении чувствительности парвоцеллюлярной системы. С увеличением длительности болезни снижается чувствительность и магноцеллюлярной, и парвоцеллюлярной системы, соответственно нарушается работа обоих механизмов описания зрительного поля. Стойкие сенсорные нарушения при шизофрении наблюдаются на фоне повышения уровня внутреннего шума зрительной системы, о чем свидетельствует снижение контрастной чувствительности в диапазоне средних пространственных частот уже на ранних стадиях заболевания.

Анализ результатов исследований контрастной чувствительности в задаче обнаружения и сравнения у психически здоровых и больных шизофренией, позволяет сделать следующие **выводы**:

1. При шизофрении наблюдается рассогласование работы магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем, а характер рассогласования зависит от стадии развития заболевания. На начальном этапе развития шизофрении рассогласование проявляется в увеличении чувствительности магноцеллюлярной системы, тогда как у хронически больных – в снижении чувствительности как магноцеллюлярных, так и парвоцеллюлярных каналов. Таким образом, можно говорить о том, что на начальных стадиях шизофрении наблюдается доминирование механизмов глобального анализа над механизмами локального описания зрительного поля, по мере прогрессирования заболевания – нарушения в работе механизмов и локального, и глобального анализа изображений.

2. Стойкие сенсорные нарушения при шизофрении наблюдаются на фоне повышения уровня внутреннего шума зрительной системы.

3. Лечение, получаемое больными шизофренией, оказывает влияние на функциональное состояние магноцеллюлярных каналов зрительной системы, чувствительных к низким пространственным частотам и обеспечивающих глобальный анализ зрительного поля. Это воздействие достоверно более выражено в условиях применения атипичных нейролептиков, оказывающих влияние на дофаминовую и серотониновую системы мозга, чем типичных нейролептиков, воздействующих преимущественно на дофаминовую систему.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ У ПСИХИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ И БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ

Объекты и методы исследования. На экран монитора размером 11 дюймов (с разрешением 1024*600 пикселей и частотой обновления – 60 Гц) с помощью авторской компьютерной программы, разработанной в лаборатории физиологии зрения Института физиологии им. И.П. Павлова РАН и усовершенствованной С.В. Прониным (Dan'ko et al., 1999; Krasil'nikov et al., 2002), выводили белые на черном фоне стилизованные изображения колец Ландольта (рис. 8). Кольца были разного размера с величиной разрыва кольца: 4, 8, 12, 16, 20, 28, 36, 60 и 100 пикселей. Дистанция бинокулярного наблюдения стимулов – 5 метров. Задача испытуемого – различить местоположение разрыва кольца (справа, слева, сверху или снизу).

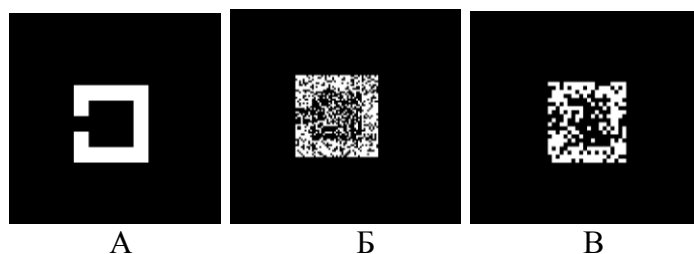


Рис. 8. Стимулы, использованные в исследовании, без наложения шума – (А) и с шумом разного качества: Б – шум с фиксированным размером помехи, В – шум с размером помехи 25% от величины разрыва кольца (Krasil'nikov et al., 2002).

Регистрировали вероятность правильного ответа при предъявлении изображений колец Ландольта без шума и с наложением шума разного качества и количества. Использовали шум двух видов: фиксированный и нефиксированный. При фиксированном шуме размер элементарной помехи составлял 4*4 пикселя, при нефиксированном шуме – 25% от величины разрыва кольца. Количество накладываемого шума в каждом случае составляло 30% и 40%.

В исследовании участвовали: 41 психически здоровый испытуемый (5 мужчин) и 56 пациентов (8 мужчин) с диагнозом параноидная шизофрения. Среди пациентов 22 человека (8 мужчин) наблюдались амбулаторно, 34 пациента (все женщины) проходили курс лечения в стационаре и находились в клинически стабильном состоянии, готовились к выписке. Средний возраст здоровых испытуемых составил $36,0 \pm 12,4$ лет, пациентов, страдающих шизофренией, – $36,2 \pm 10,7$ лет.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью критерия Манна-Уитни пакета статистических программ SPSS-13.

Результаты исследования свидетельствуют о повышении уровня внутреннего шума зрительной системы у больных шизофренией. Наиболее выраженное, по сравнению с психически здоровым контролем, увеличение уровня внутреннего шума зрительной системы при шизофрении зафиксировано при предъявлении оптотипов с наложением 30% уровня шума с размером элементарной помехи в 25% от величины разрыва кольца Ландольта (рис. 9).

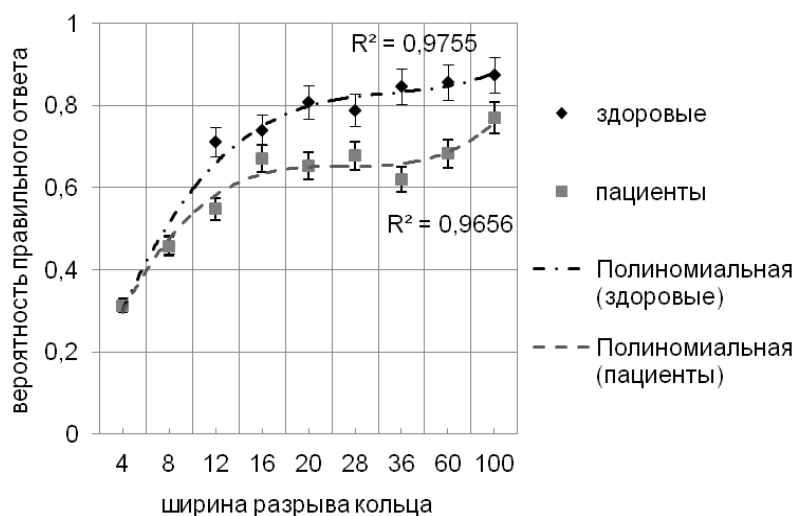


Рис. 9. Демонстрация зависимости вероятности правильных ответов от размера разрыва кольца Ландольта при добавлении 30% шума с размером элементарной помехи 25% от величины разрыва кольца.

По оси абсцисс – ширина разрыва кольца в пикселях; по оси ординат – вероятность правильного ответа. Графические линии – полиномиальные линии аппроксимации (степень полинома – 3), R^2 – достоверность аппроксимации.

Вертикальные линии у каждой точки – планки погрешностей с относительными ошибками. Выбор делали из четырех возможных положений разрыва кольца, поэтому вероятность случайного гадания – 0,25.

Эффективность опознания может указывать на функциональное состояние зрительной системы, способности опознания объектов и принятия решения, а также состояние отдельных компонентов зрительного анализатора в соответствии с моделью согласованной фильтрации (Красильников, Шелепин, 1997). Логично предположить, что внутренний шум, возникающий на разных уровнях восприятия, приводит к разным последствиям вплоть до галлюцинаций.

Настоящее исследование в совокупности с исследованиями контрастной чувствительности в норме и при шизофрении свидетельствуют о повышении уровня внутреннего шума в первичных звеньях системы зрительного восприятия. Продемонстрировать повышение внутреннего шума на более высоком когнитивном уровне возможно с использованием в качестве инструмента зрительных геометрических иллюзий, которые могут быть количественно измерены.

Вывод: Больные шизофренией демонстрируют повышение уровня внутреннего шума зрительной системы.

ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЙ В НАДПороГОВЫХ УСЛОВИЯХ КОНТРАСТА НА ПРИМЕРЕ ЗРИТЕЛЬНЫХ ИЛЛЮЗИЙ

Зрительные иллюзии являются неотъемлемой частью зрительного восприятия и отражают базовые механизмы функционирования мозга. В большинстве своем зрительные иллюзии имеют множественные механизмы, расположенные как на ранних, так и на более высоких когнитивных уровнях. С целью получить дополнительные свидетельства о работе механизмов глобального и локального анализа изображений в норме и при шизофрении, определяли чувствительность к зрительным иллюзиям, используя обычные изображения и изображения, подвергнутые цифровой обработке. Использование цифровой обработки позволило все на том же пространственно-частотном языке, что и при регистрации контрастной чувствительности, исследовать работу механизмов глобального и локального анализа.

Иллюзия Поггендорфа у психически здоровых и больных шизофренией

Объекты и методы исследования. Количественную регистрацию иллюзии выполняли с помощью авторской компьютерной программы (Медведев, Шошина, 2004), позволяющей выводить на экран монитора монохромное изображение фигуры Поггендорфа в модификации Джастроу (Толанский, 1967). Изображение фигуры выводили на экран монитора 17" Samsung Samtron 76E (с яркостью 90 кд/м²) в виде белых линий на черном фоне (рис. 10). Дистанция наблюдения – 50 см. Длина вертикальных параллельных линий Д и Е составила 480 пикселей (~14 см), каждого из отрезков А, В и С – 228 пикселей (~6 см), толщина линий – 2 пикселя. Расстояние между линиями

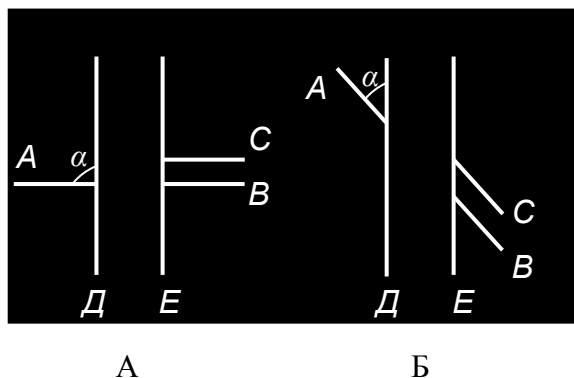


Рис. 10. Фигура Поггендорфа в модификации Джастроу.

Обозначения: А – угол α равен 90° ($1,57$ рад), отрезок А физически находится и воспринимается на одной прямой с отрезком В; Б – угол α меньше 90° – возникает иллюзия смещения отрезка А в сторону отрезка С.

Д и Е – 20 пикселей, В и С от 6 до 18 пикселей. Стимулы рассматривали монокулярно через квадратное отверстие размером 3×3 см в непрозрачной панели, ограничивая тем самым поле зрения испытуемого размерами объекта. С помощью кнопки «мыши» экспериментатор производил синхронный поворот элементов А, В и С по часовой стрелке, изменяя величину угла альфа (α). Задача испытуемого – сказать «стоп», как только возникнет ощущение, что отрезок А расположился напротив середины между отрезками В и С. Для каждого из расстояний В–С фиксировали абсолютную величину угла α , чем меньше был этот угол, тем выше была выраженность иллюзии.

В исследовании участвовали 62 испытуемых: 39 психически здоровых испытуемых (возраст – $32,8 \pm 12,4$ лет; мужчин – 24) и 33 пациента с диагнозом параноидная шизофрения (возраст – $34,2 \pm 12,2$ года; мужчин – 18). С целью оценки влияния длительности заболевания на величину иллюзии Поггендорфа пациенты были подразделены на две группы. Одна группа – пациенты с длительностью заболевания до 10 лет (длительность болезни – $4,7 \pm 2,2$ лет; возраст – $28,9 \pm 9,2$ лет), другая группа – пациенты, страдающие шизофренией более 10 лет (длительность болезни – $19,6 \pm 10,2$ лет; возраст – $43,4 \pm 11,5$ лет).

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова, t-критерия, однофакторного дисперсионного анализа и критерия Манна-Уитни пакета статистических программ SPSS-11.

Результаты. Достоверных различий в чувствительности к иллюзии Поггендорфа между психически здоровыми испытуемыми и больными шизофренией ни в одном из случаев сравнения не установлено.

Иллюзия Понцо у психически здоровых и больных шизофренией

Объекты и методы исследования. Величину иллюзии Понцо определяли в ходе двух исследований, в которых на экран монитора 17' Samsung Samtron 76E (с яркостью 90 кд/м²) последовательно выводили четыре фигуры Понцо (рис. 11). Длина параллельных отрезков составляла 18 мм, наклонных линий – 60 мм, толщина элементов – 2 пикселя.

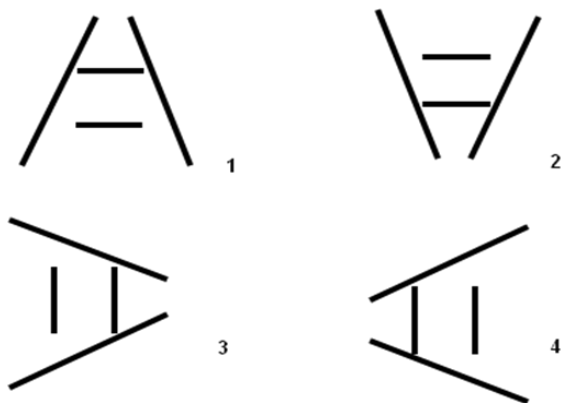


Рис. 11. Фигуры Понцо, использованные в исследовании.

Стимулы наблюдали на расстоянии 50 см монокулярно через квадратное отверстие в непрозрачной панели размером 3×3 см. Испытуемому сообщали, что помощник экспериментатора будет изменять длину тестового отрезка, расположенного в широкой части фигуры, задача испытуемого сказать «стоп», как только отрезки, по его мнению, станут равными. Автоматически фиксировали разницу в длине сравниваемых отрезков. Чем больше была эта разница, тем более чувствителен к иллюзии был испытуемый.

В первом исследовании участвовали 43 здоровых испытуемых (средний возраст 40 лет, женщин – 23) и 32 пациента психоневрологического диспансера с диагнозом параноидная шизофрения (средний возраст 40 лет, женщин – 18). Это были пациенты с ранними симптомами заболевания (продромальная стадия) и пациенты, перенесшие одну госпитализацию (первый манифест), находящиеся в стадии ремиссии, наблюдаемые амбулаторно.

Во втором исследовании участвовали 43 здоровых испытуемых (средний возраст 40 лет, женщин – 23) и 33 пациента с диагнозом параноидная шизофрения, находящихся в стационаре (средний возраст 40 лет, женщин – 16). Для оценки влияния длительности заболевания на величину иллюзии пациенты были подразделены на две группы: страдающие шизофренией менее 10 лет (15 человек) и более 10 лет (18 человек).

Сравнивали величину иллюзии Понцо у психически здоровых и больных шизофренией:

- первично признанных пациентов, находящихся на амбулаторном лечении, не имеющих или имеющих не более одной госпитализации, наблюдающихся менее 3-х лет, характеризующихся ранними клиническими проявлениями, преобладанием позитивной симптоматики над негативной симптоматикой;

- пациентов с более чем одной госпитализацией и длительностью заболевания от 3-х до 10 лет;

- пациентов с длительностью заболевания более 10 лет.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью критерия Манна-Уитни пакета статистических программ SPSS-11.

Результаты. В ходе анализа в целом всех данных, полученных в ходе двух исследований, установлено, что психически здоровые испытуемые и лица, страдающие шизофренией, одинаково чувствительны к иллюзии Понцо (рис. 12; $p=0,3$).

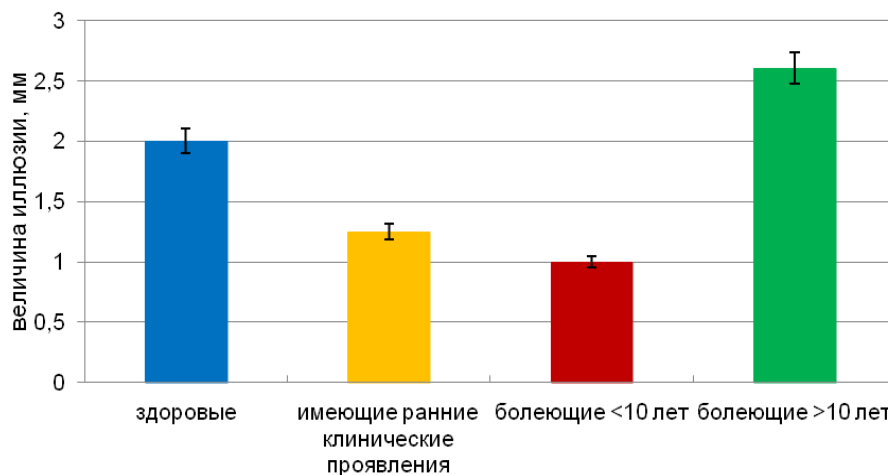


Рис. 12. Величина иллюзии Понцо у здоровых и больных шизофренией. Наблюдали на расстоянии 50 см, в этих условиях 1 градус равен 8,7 мм. Вертикальные линии у каждого столбца – планки погрешностей с относительными ошибками.

Однако при подразделении испытуемых по длительности заболевания, выраженность иллюзии у больных шизофренией отличалась от таковой у психически здоровых испытуемых, причем в кардинально противоположном направлении на этапе ранних клинических проявлений и при хроническом расстройстве. На этапе ранних клинических проявлений выраженность иллюзии Понцо была достоверно ниже, чем у психически здоровых испытуемых ($p=4*10^{-6}$), также как у пациентов, страдающих шизофренией менее 10 лет ($p=0,003$), тогда как у хронически больных, страдающих шизофренией более 10 лет, наоборот, была выше, чем в норме ($p<0,0001$). При этом различия в величине иллюзии Понцо у пациентов с продромальной стадией шизофрении и пациентов, страдающих шизофренией менее 10 лет, отсутствовали ($p=0,2$). Таким образом, выраженность иллюзии Понцо может служить маркером шизофрении.

Иллюзия Мюллера-Лайера у психически здоровых и больных шизофренией

Объекты и методы исследования. В ходе исследований по изучению особенностей возникновения иллюзии Мюллера-Лайера у психически здоровых и больных шизофренией были использованы обычные изображения классической фигуры Мюллера-Лайера и изображения, подвергнутые цифровой обработке, содержащие определенный спектр пространственных частот (рис. 13). Таким образом, использовали все тот же пространственно-частотный подход, что и при изучении функционального состояния

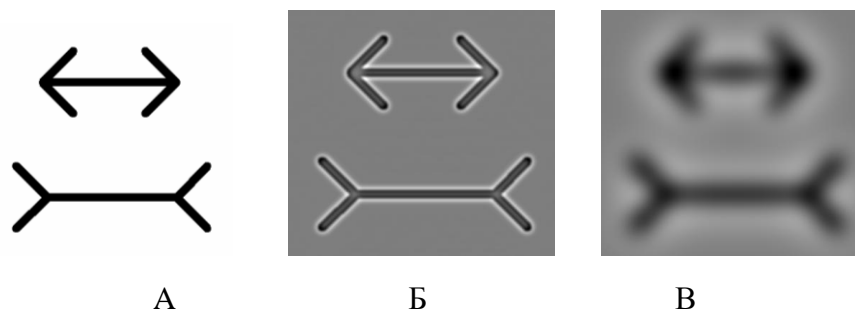


Рис. 13. Изображения фигуры Мюллера-Лайера, использованные в исследованиях.

магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных каналов в задаче обнаружения и сравнения контраста элементов Габора у здоровых испытуемых и больных шизофренией.

Первоначально в исследовании среди психически здоровых испытуемых были установлены особенности проявления иллюзии Мюллера-Лайера в ответ на предъявление обычных изображений фигуры Мюллера-Лайера и изображений, содержащих определенный спектр низких или высоких пространственных частот. В дальнейшем были предприняты исследования по изучению особенностей восприятия, полученных изображений, больными шизофренией.

Изображения последовательно выводили на экран монитора 17" Samsung Samtron 76E (с яркостью 90 кд/м²) в трех повторах. Отрезок линии с крыльями стрел, направленными внутрь, был референтным, отрезок с крыльями стрел, направленными наружу, – тестовым. Длина сравниваемых отрезков – 6,7 см, крыльев – 2,0 см, угол между отрезками, образующими стрелку, – 45 и 135 градусов. Варьируя расстояние до монитора от 68 до 530 см, создавали условия для того, чтобы изображения, подвергнутые вейвлетной фильтрации, содержали определенный высокочастотный (рис. 13Б) или низкочастотный (рис. 13В) спектр. Центральная частота изображения со спектром высоких пространственных частот составила 23,0 цикл/градус, со спектром средних пространственных частот – 2,8-3,0 цикл/градус, со спектром низких пространственных частот – 0,4 цикл/градус.

Испытуемому сообщали, что экспериментатор будет изменять длину нижнего отрезка, задача сказать «стоп», как только отрезки, по его мнению, станут равными. Рассчитывали порог компенсации иллюзии неравенства отрезков в фигуре Мюллера-Лайера по формуле: $\Pi = W_1/W_2 \cdot 100\%$, где W_1 – длина тестового отрезка в момент, когда возникло ощущение равенства отрезков, W_2 – длина референтного отрезка. Таким образом, чем больше была пороговая величина компенсации иллюзии неравенства, тем менее чувствителен был испытуемый к иллюзии Мюллера-Лайера.

В первом исследовании по изучению влияния фильтрации изображения на величину иллюзии Мюллера-Лайера среди здоровых испытуемых участвовал 61 человек в возрасте от 18 до 55 лет. Во втором исследовании приняли участие: 51 психически здоровый испытуемый (возраст – 40±14,4 лет) и 78

пациентов, страдающих параноидной формой шизофрении (возраст – $40 \pm 13,8$ лет). Среди больных шизофренией 23 пациента страдали шизофренией менее 10 лет ($2,5 \pm 1,5$ года), и 55 человек болели на протяжении более 10 лет. Все пациенты, принимали типичные нейролептики. В третьем исследовании по изучению влияния типа принимаемых нейролептиков на функциональное состояние магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных зрительных каналов при шизофрении, приняли участие: 20 психически здоровых испытуемых (возраст – $36,0 \pm 12,4$ лет) и 49 пациентов с диагнозом параноидная шизофрения, наблюдающихся амбулаторно (возраст – $37,7 \pm 12,2$ лет). В зависимости от типа получаемых нейролептиков пациенты, были разделены на две группы. В первую группу вошли 25 пациентов, получавших атипичные нейролептики, блокирующие преимущественно рецепторы серотонина и дофамина (длительность болезни – $7,4 \pm 5,7$ лет), во вторую группу – 22 пациента, получавшие типичные нейролептики, блокирующие преимущественно рецепторы дофамина (длительность болезни – $7,9 \pm 5,6$ лет).

Статистическую обработку данных выполняли с помощью однофакторного дисперсионного анализа, Т-критерия Стьюдента и критерия U-Манна-Уитни пакета статистических программ SPSS-13.

Результаты. Установлено, что иллюзия Мюллера-Лайера возникает в ответ на предъявление всех использованных изображений. Однако порог компенсации иллюзии, возникающей при восприятии изображения со спектром низких частот, достоверно ниже, чем при восприятии изображений со средними и высокими пространственными частотами ($p < 0,0001$; рис. 14).

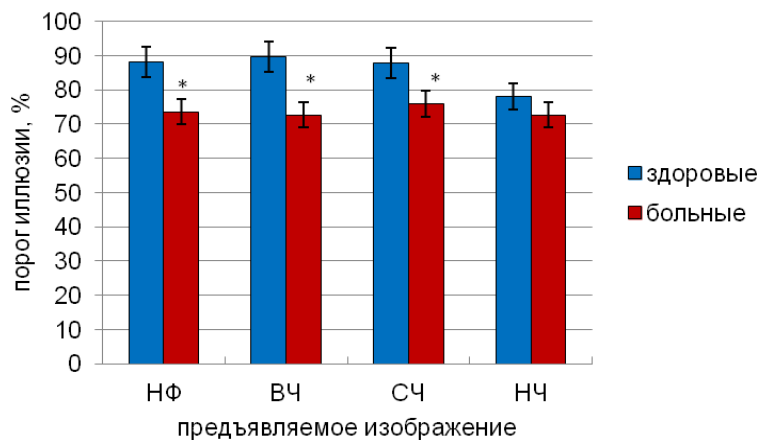


Рис. 14. Иллюзия Мюллера-Лайера у психически здоровых и больных шизофренией.

Здесь и на рисунке 15–16: НФ – изображение фигуры Мюллера-Лайера без цифровой обработки (нефильтрованное), ВЧ – изображение, полученное в результате цифровой обработки, содержащее спектр высоких пространственных частот, СЧ – изображение со спектром средних частот, НЧ – изображение со спектром низких пространственных частот.

Вертикальные линии у каждого столбца – планки погрешностей с относительными ошибками. Звездочками обозначены столбцы с достоверными отличиями между пациентами и психически здоровыми.

В связи с тем, что к низким пространственным частотам более восприимчивы магноцеллюлярные каналы, обеспечивающие глобальное описание зрительного поля, полученные данные рассматриваются как свидетельства в пользу многоканальной модели обработки зрительной информации и роли глобального описания зрительного поля в возникновении иллюзии Мюллера-Лайера.

Результаты исследования позволяют заключить, что при использовании иллюзии Мюллера-Лайера в исследованиях сенсорно-когнитивных функций необходимо учитывать пространственно-частотный спектр тестового изображения, характеристики полосовой фильтрации в пространственно-частотных каналах первичных отделов зрительной системы и роль высших отделов зрительной системы, осуществляющих построение низкочастотной огибающей на основе предварительной работы рецептивных полей первичной зрительной коры. Иллюзия Мюллера-Лайера может служить инструментом, с помощью которого можно исследовать процессы обработки информации на раннем сенсорном и на более высоком – когнитивном уровне.

Результаты второго исследования с участием больных шизофренией свидетельствуют о том, что при предъявлении обычных изображений фигуры Мюллера-Лайера без цифровой обработки у лиц, страдающих шизофренией, порог компенсации иллюзии неравенства отрезков (далее порог компенсации иллюзии) достоверно ниже, чем у психически здоровых наблюдателей ($p < 0,0001$; рис. 14а). То есть в этом случае больные шизофренией более чувствительны к иллюзии Мюллера-Лайера, чем психически здоровые испытуемые.

Однако при предъявлении изображений, содержащих определенный спектр пространственных частот, к которым в разной степени чувствительны магноцеллюлярные и парвоцеллюлярные каналы, картина была неоднозначной (рис. 14). Больные шизофренией демонстрировали порог компенсации иллюзии ниже, чем психически здоровые испытуемые, только в ответ на предъявление изображений фигуры со спектром высоких и средних пространственных частот ($p < 0,0001$). Изображение со спектром низких пространственных частот они воспринимали также как здоровые испытуемые ($p = 0,06$).

Обращает внимание тот факт, что здоровые испытуемые по-разному воспринимали изображение с низкими и высокими пространственными частотами, тогда как у лиц, страдающих шизофренией, пороги компенсации иллюзии, возникающей при предъявлении любого из изображений, не отличались, что рассматривается как свидетельство нарушения согласованной работы механизмов глобального и локального описания зрительного поля.

Пациенты, страдающие шизофренией менее 10 лет (в среднем $2,5 \pm 1,5$ года) были более чувствительны к иллюзии Мюллера-Лайера при предъявлении изображений, содержащих спектр высоких пространственных частот, к которым наиболее чувствительны нейроны парвоцеллюлярных каналов (рис. 15; $p < 0,001$). В тоже время при предъявлении изображений со спектром низких пространственных частот, к которым наиболее чувствительны нейроны

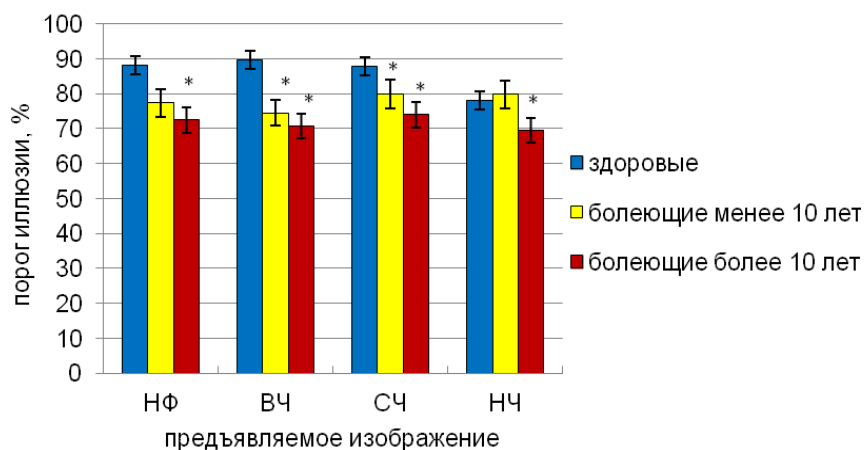


Рис. 15. Иллюзия Мюллера-Лайера у пациентов с разной длительностью заболевания.

магноцеллюлярных каналов, обеспечивающих глобальный анализ изображений, различия в чувствительности к иллюзии Мюллера-Лайера отсутствовали. Тогда как пациенты, страдающие шизофренией продолжительное время, были более чувствительны к иллюзии при предъявлении всех изображений фигуры Мюллера-Лайера.

Полученные данные согласуются с данными исследования функционального состояния магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных каналов в ходе регистрации контрастной чувствительности в режиме уравнивания контраста двух изображений элементов Габора. Таким образом, используя пространственно-частотный подход к регистрации зрительной иллюзии Мюллера-Лайера, возникающей в результате уравнивания длин двух отрезков, расположенных в определенном контексте, получены дополнительные свидетельства об изменении при шизофрении функционального состояния магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных каналов, являющихся частью нейрофизиологических сетей, обеспечивающих глобальный и локальный анализ изображений. Для пациентов, страдающих шизофренией относительно непродолжительное время (около 3-х лет), характерно нарушение работы механизмов локального описания зрительного поля, тогда как для хронически больных – нарушение работы механизмов и локального, и глобального анализа изображений.

Анализ данных с точки зрения возможного влияния типа принимаемых нейролептиков показал, что при рассматривании изображений фигуры Мюллера-Лайера без цифровой обработки больные шизофренией достоверно более чувствительны к иллюзии, чем здоровые испытуемые независимо от типа принимаемых нейролептиков (рис. 16; $p < 0,01$).

В условиях наблюдения изображений фигуры Мюллера-Лайера, содержащих узкий спектр высоких или низких пространственных частот, картина была неоднозначной. В случае лечения атипичными нейролептиками, ингибирующими обратный захват серотонина и дофамина, при предъявлении изображения со спектром низких пространственных частот, наблюдали такой

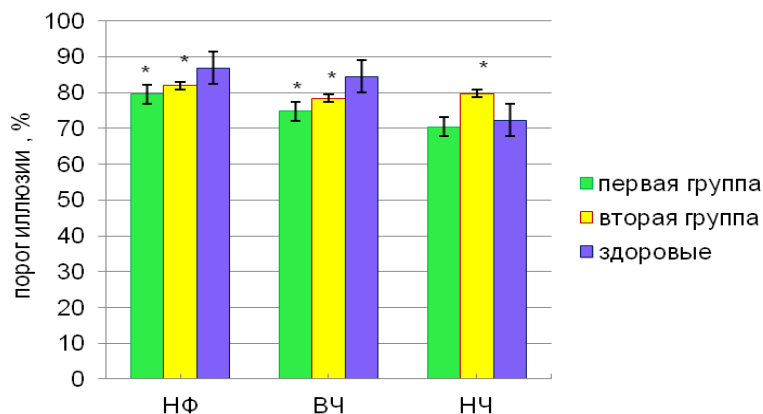


Рис. 16. Иллюзия Мюллера-Лайера в норме и у больных шизофренией, получающих лечение разными типами нейролептиков.

Обозначения: НФ – обычное нефильтованное изображение фигуры Мюллера-Лайера; НЧ – изображение со спектром низких пространственных частот; ВЧ – изображение со спектром высоких пространственных частот; первая группа – пациенты, получавшие атипичные нейролептики; вторая группа – пациенты, получавшие типичные нейролептики. Вертикальные линии у каждого столбца – величина относительной ошибки.

же как у здоровых испытуемых, показатель компенсации иллюзии ($p=0,4$). Тогда как в случае лечения типичными нейролептиками антагонистами преимущественно D_2 -рецепторов дофамина – повышенный, по сравнению с психически здоровыми, порог компенсации иллюзии в ответ на предъявление изображения со спектром низких частот ($p=0,02$). Кроме того, больные обеих групп демонстрировали снижение порога компенсации иллюзии при предъявлении изображения со спектром высоких пространственных частот. Между собой пациенты, получающие разные типы нейролептиков, достоверно отличались восприятием изображения с низкими пространственными частотами ($p<0,01$).

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о влиянии лечения на восприятие больными шизофренией изображений, содержащих спектр низких пространственных частот, к которым более восприимчивы магноцеллюлярные каналы, обеспечивающие механизмы глобального анализа изображений. Известно, что магноцеллюлярные зрительные каналы наиболее чувствительные к уровню дофамина, дефицит которого приводит к снижению контрастной чувствительности. В случае лечения атипичными нейролептиками блокируется примерно 65% D_2 -рецепторов, тогда как при лечении типичными нейролептиками – 78% D_2 -рецепторов, как следствие увеличивается количество эндогенного несвязанного дофамина. Кроме того, включаются механизмы компенсации, и мозг начинает синтезировать дофамин в избытке. Возможно поэтому пациенты, получающие терапию типичными нейролептиками, демонстрировали более высокую контрастную чувствительность в диапазоне низких пространственных частот, как в пороговых, так и надпороговых условиях, а так же были менее чувствительны к иллюзии Мюллера-Лайера, при

предъявлении изображений, содержащих спектр низких пространственных частот, по сравнению с пациентами, получающими терапию атипичными нейролептиками.

В свете пространственно-частотного подхода наряду с фигурой Мюллера-Лайера были подвергнуты фильтрации изображения фигуры Понцо и Поггендорфа. Удаление в изображениях фигур высоких пространственных частот привело к уменьшению эффекта иллюзии Поггендорфа и увеличению выраженности иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера.

Выводы:

1. С использованием пространственно-частотного подхода получены свидетельства общности механизмов иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера. Иллюзия Поггендорфа, вероятно, обеспечивается другими механизмами.

2. Измерения иллюзии Понцо и иллюзии Мюллера-Лайера в классическом варианте и после полосовой фильтрации изображений могут быть использованы в качестве маркеров шизофрении.

3. Получены дополнительные свидетельства влияния фармакологической антипсихотической терапии на работу механизмов глобального анализа изображений, о чем свидетельствует снижение порогов компенсации иллюзии Мюллера-Лайера в условиях наблюдения изображений, содержащих спектр низких пространственных частот, к которым наиболее восприимчивы магноцеллюлярные каналы.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ЧАСТОТНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ МОНОХРОМНЫХ РИСУНКОВ ПСИХИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ИСПЫТУЕМЫХ И БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ

Объекты и методы исследования. В исследовании участвовали 81 психически здоровый испытуемый ($34,0 \pm 12,4$ лет) и 77 пациентов ($38,7 \pm 13,1$ лет) с диагнозом – параноидная шизофрения. Все пациенты находились в стабильном состоянии. Задача испытуемого – нарисовать на одном листе бумаги лицо человека, на другом листе – человека полностью. Все рисунки были выполнены с помощью маркера черного цвета, с одним и тем же размером грифеля на листе бумаги одного размера. Все рисунки отсканировали и в каждом изображении выделили границы темных областей – штрихов и областей со сплошной закраской (рис. 17).



Рис. 17. Демонстрация выделения контуров (границ темных областей) изображений.

Выделенные в изображении контуры описывали цепочками точек. Вычисляли: суммарную длину всех контурных цепочек в изображении, средний размер изображения и отношение суммарной длины цепочек к размеру. Для вычисления размера контурного изображения первоначально рассчитывали его "центр тяжести" (путем усреднения координат всех точек контура по осям X и Y), а затем вычисляли среднее расстояние точек контуров от этого "центра тяжести". Для каждой из характеристик строили гистограммы распределения, а также рассчитывали средние значения.

В качестве пространственно-частотной характеристики рисунков использовали угол наклона амплитудного спектра изображения в логарифмической системе координат. Исходный двумерный спектр изображения преобразовывали в одномерный путем усреднения сечений, затем спектры аппроксимировали прямой линией по методу наименьших квадратов и вычисляли тангенс угла между этой линией и осью абсцисс. Значение тангенса угла использовали в качестве характеристики степени наклона спектра. Статистический анализ данных выполняли с помощью t-критерия.

Результаты. Среднее значения длины контуров и размера рисунков для здоровых испытуемых были достоверно больше, чем для рисунков больных шизофренией (соответственно: $p=1,01 \cdot 10^{-6}$ и $p=2,68 \cdot 10^{-4}$). Степень детализации рисунков, о которой свидетельствует показатель относительной длины контуров (длина контуров, делённая на размер рисунков), выше у больных шизофренией ($p=1,27 \cdot 10^{-6}$). Гистограммы распределения относительных длин контуров в рисунках больных смещены в сторону меньших значений. Результаты расчета наклонов амплитудных спектров рисунков больных шизофренией и психически здоровых испытуемых свидетельствуют об усилении у больных шизофренией амплитудного спектра в диапазоне средних пространственных частот, что рассматривается как свидетельство повышенной тревожности.

Вывод: рисунки больных шизофренией более детализированные, чем рисунки психически здоровых испытуемых, с усилением спектра в области средних пространственных частот.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОГО И ЛОКАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ У ЛИЦ С ПОЛЕЗАВИСИМЫМ И ПОЛЕНЕЗАВИСИМЫМ КОГНИТИВНЫМ СТИЛЕМ

Иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера у лиц с полезависимым и поленезависимым когнитивным стилем

Объекты и методы исследования. Величину иллюзий Понцо и Мюллера-Лайера регистрировали согласно методикам, описанным выше. В исследовании участвовали 204 человека (мужчин – 50) в возрасте от 17 до 35 лет. Диагностику полезависимости/поленезависимости выполняли с помощью классического теста Готтшальдта «Включенные фигуры» (по: Холодная, 2004).

Задача испытуемого – в каждой из тридцати замаскированных фигур найти одну из пяти возможных эталонных фигур. Фиксировали общее время выполнения теста. За каждый правильный, совпадающий с ключом ответ присваивали 1 балл и подсчитывали общую сумму баллов. Рассчитывали индекс полезависимости, как отношение общей суммы баллов за каждое правильно выполненное задание ко времени работы над всем тестом. Согласно методике, если индекс полезависимости испытуемого был больше 2,5, его относили к группе с полнезависимым когнитивным стилем, меньше 2,5 – к группе с полезависимым когнитивным стилем.

Статистический анализ данных выполняли с помощью критерия Манна-Уитни и корреляционного анализа пакета статистических программ SPSS-13.

Результаты. Лица с полнезависимым когнитивным стилем демонстрировали достоверно большую точность в восприятии размера отрезков в условиях иллюзии Понцо, чем с полезависимым когнитивным стилем (рис. 18; $p < 0,0001$).

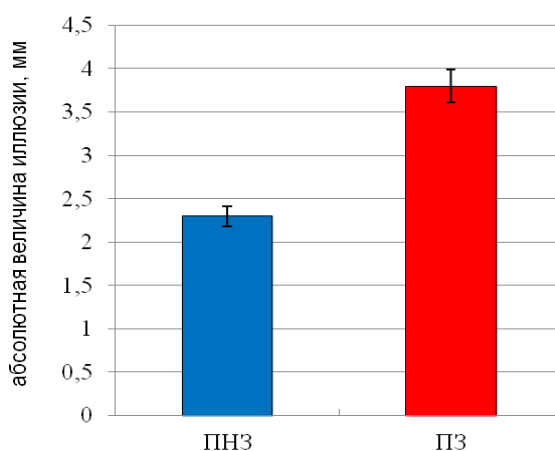


Рис. 18. Величина иллюзии Понцо у лиц с полезависимым (ПЗ) и полнезависимым (ПНЗ) когнитивным стилем.

Наблюдали на расстоянии 70 см, в этих условиях 1 градус равен 12,2 мм. Вертикальные линии у каждого столбца – величина относительной ошибки.

Такой же характер различий наблюдали при предъявлении изображений, фигуры Мюллера-Лайера. Лица с полнезависимым когнитивным стилем демонстрировали достоверно меньшую чувствительность к иллюзии Мюллера-Лайера независимо от того какое предъявляли изображение: без цифровой обработки или после таковой (рис. 19; $p < 0,0001$).

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о выраженной зависимости между точностью зрительного восприятия длины отрезков в условиях иллюзий Понцо и Мюллера-Лайера и показателем когнитивного стиля полезависимость – полнезависимость. Испытуемые с полезависимым когнитивным стилем, подверженные влиянию внешнего поля, испытывающие трудности при выделении фигуры из фона, восприятие которых глобально, достоверно более чувствительны к иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера, чем лица с полнезависимым когнитивным стилем (Скотникова, 2003; Холодная, 2004).

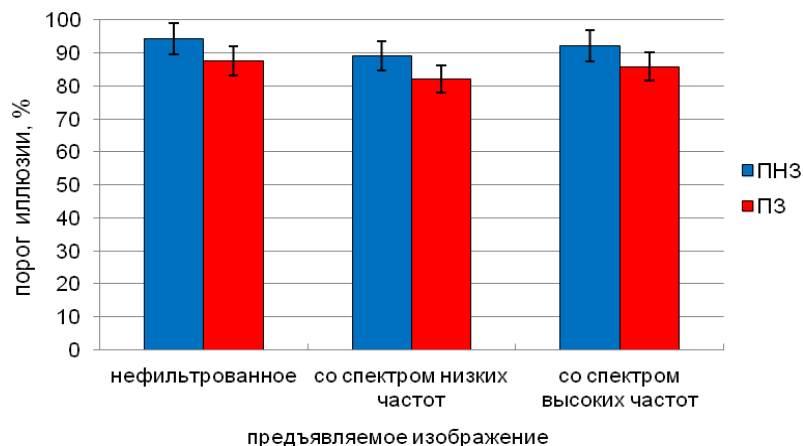


Рис. 19. Иллюзия Мюллера-Лайера у лиц с полезависимым (ПЗ) и полнезависимым (ПИЗ) когнитивным стилем.
Вертикальные линии у каждого столбца – величина относительной ошибки.

Субъекты с полнезависимым когнитивным стилем, по сравнению с полезависимым стилем, отличаются способностью активно структурировать зрительное поле и отделять объект от контекста. Поэтому полученные данные рассматриваются как свидетельства важной роли механизмов глобального анализа изображения в возникновении иллюзорного эффекта.

Вывод: Лица с полезависимым когнитивным стилем более чувствительны к иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера, что рассматривается как свидетельство ведущей роли глобального описания изображения в возникновении данных иллюзий.

Восприятие фрагментированных фигур лицами с полезависимым и полнезависимым когнитивным стилем

Объекты и методы исследования. В исследовании участвовали 32 испытуемых в возрасте 18–22 лет.

Использовали компьютерную версию Голлин-теста (Gollin, 1960), предложенную Н. Фореманом (Foreman, 1991) и созданную С.В. Прониным в лаборатории физиологии зрения Института физиологии им. И.П. Павлова РАН. Голлин-тест основан на измерении порогов узнавания фигур в условиях последовательного формирования их контура из отдельных фрагментов (рис. 20). Предъявляли 75 контурных изображений общеизвестных объектов. Линии, составляющие контурное изображение объекта, формировали на экране дисплея АП Mobility Radeon HD 5470 (диагональ – 41 см, разрешение – 1366*768, частота квантования – 60 Гц) в режиме прогрессивного накопления путем случайного добавления блоков пикселей со скоростью предъявления – 10 фрагмент/с. Дистанция наблюдения – 1,5 м, средний размер проекции изображения на сетчатку – 3,4 угл/град. Задача испытуемого – правильно идентифицировать объект. В момент опознания фигуры накопление фрагментов останавливали и фиксировали пороговую (минимальную)

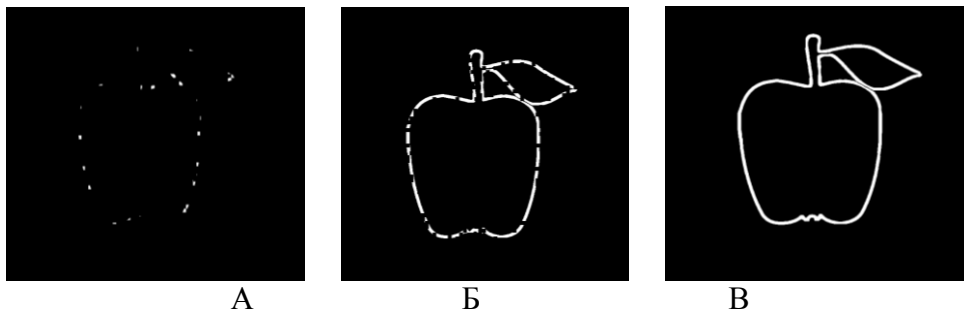


Рис. 20. Демонстрация последовательного накопления элементов контурного изображения (Шелепин, 2009).

А – количество выведенных на экран монитора элементов контура – 7%;
 Б – 76%; В – количество элементов – 100%.

суммарную площадь выведенных в этот момент фрагментов в процентах от полной площади контура, а также время формирования изображения.

Статистический анализ выполняли с помощью дисперсионного анализа (ANOVA), критерия Манна-Уитни, пакета статистических программ SPSS-13.

Результаты. Респондентам с полнезависимым когнитивным стилем потребовалось достоверно большее количество фрагментов контура для опознания объекта, чем лицам с полезависимым когнитивным стилем (рис. 21; $p < 0,0001$).

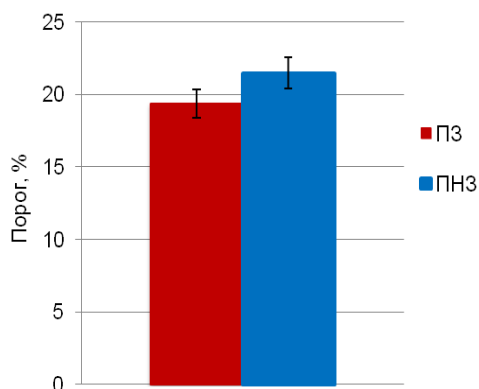


Рис. 21. Пороги распознавания фрагментированных фигур у лиц с полезависимым (ПЗ) и полнезависимым (ПНЗ) когнитивным стилем.

Вертикальные линии у каждого столбца – планки погрешностей с относительными ошибками.

Полученные данные рассматриваются как свидетельства того, что лица с полезависимым когнитивным стилем демонстрируют доминирование механизмов глобального анализа изображений, а лица с полнезависимым когнитивным стилем, наоборот, доминирование локального описания над глобальным. Соответственно гипотеза исследования, основанная на представлениях о пространственно-частотной фильтрации, выделении сигнала из шума и модели согласованной фильтрации (Красильников, Шелепин, 1996; 1997; Chikhman et al., 1998; 2001a; 2001b; 2006; Shelepin et al., 1989; 2000; 2004; Tsukkerman, Shelepin, 1993; Шелепин, 2001; Шелепин и др., 2004; 2008) подтвердилась.

Вывод: порог опознания фрагментированных фигур у лиц с полезависимым когнитивным стилем ниже, чем у лиц с полenezависимым когнитивным стилем.

ВЫВОДЫ

1. Механизмы глобального и локального анализа изображений являются нейрофизиологическим субстратом психологического понятия полезависимый/полenezависимый когнитивный стиль. Лица с полenezависимым когнитивным стилем демонстрируют доминирование локального механизма восприятия, тогда как с полезависимым когнитивным стилем, наоборот, доминирование глобального механизма описания изображения. Порог опознания фрагментированных фигур ниже у лиц с полезависимым когнитивным стилем.

2. Рассогласование работы механизмов глобального и локального анализа изображений приводит к стойким сенсорным нарушениям при шизофрении. Характер нарушений зависит от стадии развития заболевания и может быть описан изменениями функционального состояния магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем, являющихся частью нейрофизиологических сетей, обеспечивающих глобальный и локальный анализ изображений. Измерены характеристики работы обеих систем в режимах порогового и надпорогового контраста тестовых решеток Габора, восприятия изображений фигуры Мюллера-Лайера, полученных в результате полосовой фильтрации, содержащих определенный спектр пространственных частот.

3. Нарушение согласованной работы механизмов глобального и локального анализа на начальном этапе развития шизофрении проявляется в увеличении чувствительности магноцеллюлярной системы и одновременно снижении чувствительности парвоцеллюлярной системы, соответственно доминировании механизмов глобального анализа изображений над механизмами локального описания и как результат – нарушении согласованной работы механизмов глобального и локального анализа изображений. В результате происходит повышение контрастной чувствительности в диапазоне низких пространственных частот, и снижение чувствительности в диапазоне высоких пространственных частот у пациентов с первым эпизодом шизофрении, не получавших длительного антипсихотического лечения.

4. Рассогласование в работе механизмов глобального и локального анализа изображений у хронически больных шизофренией связано с нарушением работы этих механизмов. Подтверждением тому является снижение контрастной чувствительности и повышение чувствительности к иллюзии Мюллера-Лайера во всех диапазонах тестируемых частот, свидетельствующее о снижении чувствительности магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных зрительных каналов, обеспечивающих локальный и глобальный анализ.

5. Фармакологическая антипсихотическая терапия оказывает влияние на согласованную работу механизмов глобального и локального описания. Не

зависимо от типа получаемых нейролептиков, пациенты демонстрировали снижение контрастной чувствительности в области низких пространственных частот и повышение чувствительности к иллюзии Мюллера-Лайера при предъявлении изображения со спектром низких пространственных частот (обеспечивающих глобальное описание), к которым восприимчивы магноцеллюлярные каналы. Воздействие достоверно более выражено в условиях применения атипичных нейролептиков, оказывающих влияние на дофаминовую и серотониновую системы мозга, чем типичных нейролептиков, воздействующих преимущественно на дофаминовую систему.

6. Нарушения согласованной деятельности механизмов локального и глобального описания зрительного поля наблюдаются на фоне повышения уровня внутреннего шума зрительной системы, возможно вследствие внутренней и внешней интоксикации в результате развивающегося внутреннего патологического процесса и медикаментозного воздействия. Уровень внутреннего шума зрительной системы возрастает по мере прогрессирования заболевания, а чувствительность магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем, обеспечивающих глобальный и локальный анализ, снижается. Показано снижение контрастной чувствительности и повышение чувствительности к иллюзии Мюллера-Лайера при рассматривании изображений со спектром средних пространственных частот, а также снижение эффективности опознания в условиях добавления к изображению внешнего шума.

7. Измерения контрастной чувствительности в режиме обнаружения порогового контраста решеток Габора и сравнения контраста решеток Габора в надпороговых условиях, порогов иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера в классическом варианте и после полосовой фильтрации изображений могут быть использованы в качестве маркеров шизофрении.

8. Предложена система тестов для оценки согласованности работы механизмов локального и глобального анализа на уровне первичных звеньев и высших отделов «зрительного» мозга на уровне принятия решений и, отражающих когнитивный стиль испытуемого.

9. Лица с полнезависимым когнитивным стилем, характеризующиеся доминированием механизмов локального описания зрительного поля, менее чувствительны к иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера, что рассматривается как свидетельство ведущей роли глобального описания изображения в возникновении данных иллюзий.

10. При исследовании сенсорно-когнитивных функций в надпороговых условиях в режиме сравнения контраста решеток Габора и при оценке размера отрезков в иллюзии Мюллера-Лайера необходимо учитывать пространственно-частотный спектр тестового изображения, характеристики полосовой фильтрации в пространственно-частотных каналах первичных отделов зрительной системы и роль высших отделов зрительной системы, осуществляющих построение низкочастотной огибающей на основе предварительной высокочастотной фильтрации в рецептивных полях первичной зрительной коры.

Список основных публикаций по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых изданиях:

1. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Семенова Н.Б. Контрастно-частотная чувствительность у больных шизофренией при терапии атипичными и типичными нейролептиками // Физиология человека. – 2014а. – Т. 40. – № 1. – С. 1–6. WoS – 0,281.
2. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Новикова К.О. Исследование остроты зрения в условиях помехи у психически здоровых и больных шизофренией // Офтальмологический журнал (Украина). – 2014б. – № 4. – С. 71–79.
3. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Вершинина Е.А., Новикова К.О. Функциональные особенности магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем при шизофрении // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Психология». – 2014в. – Т. 27. – № 4. – С. 10–16.
4. Shoshina I., Novikova K., Shelepin Y. Contrast sensitivity in treated and untreated patients with schizophrenia // Perception. – 2014. – V. 43. – P. 172. WoS – 1,114.
5. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е. Эффективность различения размера отрезков линий лицами с разными показателями когнитивного стиля // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2013а. – Т. 63. – № 3. С. 349–357. WoS – 0,213.
6. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Семенова Н.Б., Пронин С.В. Особенности зрительного восприятия у больных шизофренией при терапии атипичными и типичными нейролептиками // Сенсорные системы. – 2013б. – Т. 27. – № 2. – С. 144–152.
7. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е. Контрастная чувствительность у больных шизофренией с разной длительностью заболевания // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2013в. – Т.99. – № 8. – С. 928–936. WoS – 0,213.
8. Shoshina I., Shelepin Y. The Detection and Discrimination of the Objects in Patients with Schizophrenia treated with the Atypical and Typical Drugs // Perception. – 2013. – V. 39. – P. 80. WoS – 1,114.
9. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Конкина С.А., Пронин С.В., Бендера А.П. Исследование парвоцеллюлярных и магноцеллюлярных зрительных каналов в норме и при психопатологии // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2012. – Т.98. – № 5. – С. 657–664. WoS – 0,213.
10. Шошина И., Перевозчикова И., Семенова Н., Шелепин Ю. Особенности зрительной оценки размера и местоположения частей объекта у лиц с начальной стадией шизофрении // Экспериментальная психология. – 2011а. – № 4. – С. 13–18.
11. Шошина И.И., Перевозчикова И.Н., Шелепин Ю.Е., Пронин С.В., Конкина С.А., Бендера А.П. Особенности восприятия длины отрезков в условиях иллюзии Понцо и Мюллера-Лайера при шизофрении // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2011б. – Т. 61. – № 6. – С. 1–9. WoS – 0,213.

12. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Пронин С.В. Использование вейвлетной фильтрации входного изображения для изучения механизмов зрительной иллюзии Мюллера-Лайера // *Оптический журнал*. – 2011в. – № 5. – С. 70–75. WoS – 0,288.
 13. Perevozchikova I, Shoshina I, Shelepin Y., Pronin S. Features of visual perception of the Ponzo and Müller-Lyer illusions in schizophrenia // *Perception*. – 2011a. – V. 40. – P. 170. WoS – 1,313.
 14. Shoshina I., Perevozchikova I., Shelepin Y., Pronin S. Evidence of magnocellular and parvocellular pathways impairment in the initial and advanced stages of schizophrenia // *Perception*. – 2011b. – V. 40. – P. 122. WoS – 1,313.
 15. Shoshina I., Shelepin Y.E., Perevozchikova I.N., Pronin S.V. Müller-lyer illusion in schizophrenia // *Journal of Molecular Neuroscience*. – 2011с. – V. 45. – P. 158–159. WoS – 2,7.
 16. Шошина И.И., Пронин С.В., Шелепин Ю.Е. Влияние предварительной фильтрации изображения на пороги различения длины отрезков в условиях иллюзии Мюллера-Лайера // *Экспериментальная психология*. – 2010. – № 4. – С. 16–24.
 17. Shoshina I., Tozkaya E., Lubgan E. Software development for planning, realization and analysis of results of Psychophysiological experiments // *International Journal of Psychophysiology*. – 2008. – V. 69. – № 3. – P. 307 – 308. WoS – 0,833.
 18. Shoshina I., Medvedev L., Olada E. The illusion misalignment in the Poggendorff figure is modeled by an early visual processing and cognitive mechanisms // *Psychophysiology*. – 2009. – V. 46. – P. 91. WoS – 3,18.
 19. Medvedev L., Shoshina I., Fedorova E., Sharafutdinova R. Psychophysiological features of the display of geometrical visual illusions // *International Journal of Psychophysiology*. – 2008. – V. 69. – № 3. – P. 139 – 140. WoS – 0,833.
- Список основных публикации в материалах конференций и сборниках научных трудов:**
20. Shoshina I., Shelepin Y., Novikova K. The Detection of the Objects in Patients with Schizophrenia treated with the Atypical and Typical Drugs // *Conference of Experimental Psychologists, Giesen, Germany, 2014*. – P. 245.
 21. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е. Офтальмологические тесты в диагностике психических заболеваний // *Современные технологии диагностики и лечения при поражениях органа зрения / Материалы юбилейной конференции*. – СПб.: ВМедА, 2013.–С. 158–159.
 22. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е. Частотно-контрастные характеристики зрительной системы у больных шизофренией // *Доклады XXII Съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова*. – Волгоградский медицинский университет, 2013. – С. 638.
 23. Shoshina I., Shelepin Y.E., Pronin S.V. Müller-Lyer illusion in the initial and advanced stages of schizophrenia // *Die Thesen der 54 Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Mannheim, Deutschland, 2012*. – S.145.

24. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Пронин С.В. Принятие решения о размере в норме и при психопатологии // В сборнике: Пятой международной конференции по когнитивной науке. – М.: Художественно-издательский центр, 2012. – Т.2. – С. 730–731.
25. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Пронин С.В., Семенова Н.Б. Использование геометрических иллюзий для изучения механизмов зрительного восприятия в норме и при психопатологии // В сборнике: Пятой международной конференции по когнитивной науке. – М.: Художественно-издательский центр, 2012 – Т. 2. – С. 189–190.
26. Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Пронин С.В., Семенова Н.Б. Функциональное состояние магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных зрительных каналов при шизофрении // Тезисы докладов VII Съезда физиологов Сибири. – Красноярск: КрасГМУ, 2012. – Т. 1. – С. 173.
27. Шошина И., Перевозчикова И., Конкина С., Шелепин Ю., Бендера А. Иллюзия Понцо у больных шизофренией // В сборнике: Нейронаука для медицины и психологии: 7-й Международный междисциплинарный конгресс. – М.: МАКС Пресс, 2011. – С. 473–474.
28. Шошина И.И., Пронин С.В., Шелепин Ю.Е. Вейвлетная фильтрация и пороги различения длины отрезков линий в условиях возникновения иллюзии Мюллера-Лайера // Доклады XXI Съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова. – М. – Калуга: "БЭСТ-принт", 2010. – С. 702.
29. Шошина И.И., Перевозчикова И.Н, Пронин С.В, Шелепин Ю.Е., Конкина С.А. Свидетельства дисфункции парвоцеллюлярной и магноцеллюлярной зрительных систем на разных стадиях развития шизофрении // Научные труды III Съезда физиологов СНГ. – М.: Медицина–Здоровье, 2011. – С. 128.
30. Шошина И.И. Величина иллюзии Понцо у лиц с разными показателями когнитивного стиля // Глава в монографии «Познание в деятельности и общении от теории и практики к эксперименту» под ред. В.А. Барабанщиков. – М.: «Институт психологии РАН», 2011. – С. 123–129.

Проводимые исследования поддержаны:

1. Грант Германской службы академических обменов «Механизмы иллюзии Мюллера-Лайера» (научное исследование в лаборатории общей психологии и психофизиологии, Свободный университет г. Берлина, 2010 г.)

2. Грант РГНФ «Участие в 34-й Европейской конференции по зрительному восприятию ECVR-2011» №11-06-15035 (2011 г.).

3. Медаль и премия РАН за лучшую студенческую работу по физиологии «Использование зрительных иллюзий для изучения механизмов зрительных нарушений при шизофрении» (И. Перевозчикова, 2011 г.).

4. Грант Фонда Михаила Прохорова № ПМ–06/12 «Участие в международной конференции по когнитивным наукам» (2012 г.).

5. Грант Фонда Михаила Прохорова № ПМ–35/13 стажировка «Механизмы обнаружения и опознания в норме и при шизофрении» (2013 г.).

6. Грант Германской службы академических обменов «Восприимчивость к зрительным иллюзиям при психопатологии: перспективы использования бистабильных изображений в диагностике биполярного расстройства и шизофрении» (научное исследование в лаборатории зрительного восприятия клиники Шарите, Медицинский университет, г. Берлин, 2014 г.).

7. Грант Российского научного фонда № 14–15–00918 «Технологии оптимизации и восстановления когнитивных функций человека виртуальной средой».