

УДК 612.821

## ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ И МЕЖПОЛУШАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВНИМАНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

© 2018 г. О.А. Кроткова\*, М.Ю. Каверина, Г.В. Данилов

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва

\*E-mail: OKrotkova@nsi.ru

Поступила в редакцию 28.06.2017 г.

При использовании оригинальной методики, связанной с регистрацией движений глаз в ходе запоминания расположенных в ряд стимульных триплетов, были выявлены закономерности распределения зрительного внимания у здоровых испытуемых (43 человека) и больных с очаговыми поражениями мозга (17 пациентов). Оценивались два процесса: отсроченное свободное воспроизведение и узнавание стимулов в ряду последовательных визуально сходных дистракторов. Оба процесса сильно коррелировали у здоровых испытуемых ( $r = 0,6$ ;  $p = 0,00001$ ). Произвольное вербальное воспроизведение наиболее грубо нарушалось при поражении левого полушария мозга. Общая эффективность узнавания при поражении мозга снижалась без достоверной зависимости от латерализации очага.

Была выявлена зависимость количества и качества осознаваемой и запоминаемой информации от паттернов зрительных фиксаций: сконцентрированных на смысловых участках изображения или хаотично распределённых в пространстве стимульной экспозиции. У больных «неэффективные» паттерны зрительных фиксаций чаще наблюдались в контралатеральном очагу зрительном поле. Эти же, контралатеральные стимулы хуже воспроизводились и узнавались по сравнению с центральными и ипсилатеральными очагу изображениями. Полное игнорирование контралатерального очагу изображения в триплете могло наблюдаться как при отсутствии на нём зрительных фиксаций, так и в сочетании с диффузным паттерном.

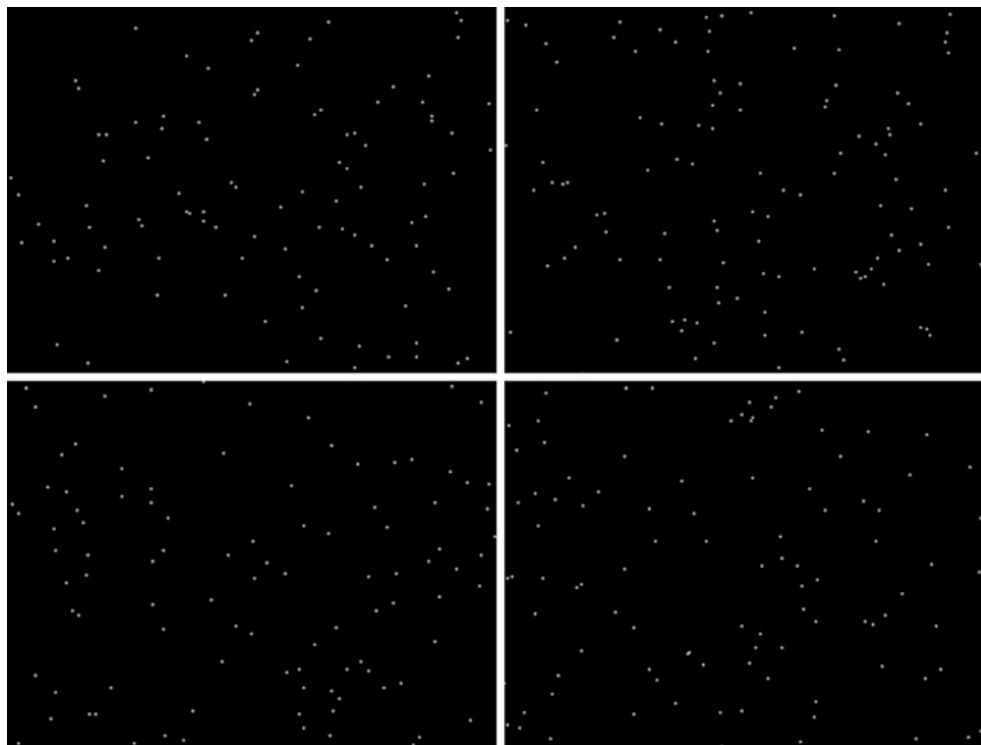
*Ключевые слова:* айтрекинг, внимание, память, межполушарное взаимодействие, фиксированная левосторонняя агнозия (*unilateral spatial neglect*).

DOI: 10.7868/S0131164618020108

Распределение внимания в зрительном поле не является однородным. Оно зависит от многих факторов, прежде всего, от содержательных характеристик окружающего пространства, от осуществляемой человеком деятельности, его целей, интересов, прежнего опыта [1]. Ещё одним фактором, влияющим на распределение внимания, являются текущие особенности межполушарного взаимодействия индивида. Обнаружить этот фактор позволяют эксперименты с однородным стимульным полем. Так, в одной из работ испытуемым на темном фоне экрана монитора предъявлялись стимулы в виде множества точек, напоминающих картину звездного неба. Дважды взаимно перпендикулярными линиями экран был разделён на четыре одинаковых части (рис. 1). Количество точек не поддавалось подсчету, но в одной из частей экрана их было на 15% больше. От испытуемого требовалось показать, в какой части, как ему кажется, точек больше. Преобладающее поле возникало в псевдослучайном порядке в каждой из частей экрана в ходе 40 экспозиций. Ни на какой стадии

выполнения задания испытуемый не получал обратной связи о том, правильны его выборы или нет. Выполнение задания здоровыми испытуемыми не показало статистически значимого преобладания в выборах одного из четырёх сегментов. При этом в группе больных с локальными поражениями мозга (53 человека) регистрировалось отчетливое снижение внимания в контралатеральной по отношению к очагу части зрительного пространства. Эти области выбирались реже, а точность ответов была значимо более низкой чем в ипсилатеральном очагу полуполе зрения ( $p < 0,05$ ) [2].

Проблема распределения внимания в зрительном поле в клинике очаговых поражений мозга смыкается с проблемой зрительных агнозий. Наиболее явно — с агнозией фиксированного левостороннего игнорирования пространства (в англоязычной литературе — *unilateral spatial neglect*) [3, 4]. В качестве объяснительного принципа здесь чаще всего заявляются различные модификации теории скрытых сдвигов внимания в сторону, контралатеральную функционально более активному полуша-



**Рис. 1.** Пример однородного стимульного поля при изучении роли межполушарного взаимодействия в распределении внимания [2].

рию *M. Kinsbourn* [5]. При этом наибольшие трудности возникают при попытке объяснить отсутствие симметричных явлений игнорирования правой части пространства при поражениях левого полушария мозга. Новые технологии, привлекаемые к решению этой задачи, расширяют спектр обсуждаемых гипотез. Так, одно из крупных исследований последних лет с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ)-покоя показало, что во время актуализации дефолтной сети мозга, включающей помимо прочих структур, области гиппокампов, связи правого гиппокампа демонстрируют двустороннее полушарное представительство, а связи левого – интегрируют информационные потоки только контралатерально. Такая функциональная асимметрия отчасти объясняет клиническую феноменологию левостороннего игнорирования, однако полностью все вопросы с нею связанные не решает [6].

Регистрация движений глаз (окулография) давно используется в изучении механизмов распределения внимания. Широкую международную известность получили работы А.Л. Ярбуса, одним из первых продемонстрировавшего выраженную зависимость траектории движений глаз при рассмотрении сложных сюжетных изображений от стоящей перед субъектом задачи [7]. Современные системы бесконтактной регистрации направленности взгляда чаще всего основаны на инфракрасном освещении и видеокамере, отслеживающей поло-

жение глазных яблок для компьютерной обработки сигнала. Определяются координаты взгляда – точки пересечения осей глазных яблок и плоскости наблюдаемого объекта или экрана, на котором предъявляется зрительный стимул. В русскоязычной литературе за этой технологией закрепился термин «айтрекинг» (от англ. «eyetracking», дословно: «отслеживание положения глаз») [8]. Направление взгляда рассматривается как индикатор внимания и позволяет решать широкий спектр задач, связанных с его пространственным распределением. Например, в клинических исследованиях с помощью этой технологии проводится дифференциальная диагностика комы, вегетативного статуса и состояний минимального сознания [9, 10], изучаются особенности внимания у больных с афазией [11], осуществляется квалификация глазодвигательных дефектов [12].

Проблема внимания в клинических и экспериментальных исследованиях тесно связана с проблемой памяти. Какая информация остаётся в памяти субъекта при разных стратегиях восприятия и внимания? Показано, что параллельное осуществление двух видов деятельности влияет на распределение зрительных фиксаций [13], эмоционально окрашенные стимулы привлекают большее внимание и лучше хранятся в памяти [14], сравнение траекторий движения глаз при первом и повторном предъявлении стимулов может служить индикато-

ром полноты хранящейся у субъекта информации об этом стимуле [15].

Методический приём настоящего исследования был направлен на оценку межполушарного взаимодействия в ходе пространственного распределения внимания, регистрируемого с помощью айтрекинга, и дополнительную объективизацию изучаемых процессов с помощью воспроизведения и узнавания испытуемыми хранящихся в памяти стимулов.

## МЕТОДИКА

В исследовании участвовали 43 здоровых испытуемых (29 женщин) в возрасте от 19 до 81 года (средний возраст  $46 \pm 24$ ). Клиническую группу составили 17 больных (все правши) с очаговыми поражениями (опухоли мозга) височных и теменно-затылочных отделов левого (7 пациентов) или правого (10 пациентов) полушарий мозга. Топическая верификация очага поражения осуществлялась по данным контрастных исследований и протоколам нейрохирургического лечения.

Для всех участников исследования русский язык являлся родным. По данным предварительного тестирования никто из испытуемых не испытывал затруднений в распознавании и назывании картинок, аналогичных составу стимульного материала в Методике настоящего исследования.

Запись движений глаз испытуемых осуществляли с помощью айтрекера фирмы *Eye Tribe* (частота дискретизации – 30 Гц, точность 0.5–1). Предъявление изображений осуществляли через программу *Ogama* (*Open Gaze And Mouse Analyzer*). Обработку траекторий движения глаз осуществляли с помощью программы *Matlab*. При обработке стимульные триплеты разделяли на три одинаковые прямоугольные области, в каждой из которых находилась левая, средняя или правая картинка триплета. Подсчитывали число зрительных фиксаций в каждой из областей. Экранные координаты взгляда, записанные айтрекером, совмещали с изображениями на картинках в разрешении  $1920 \times 1080$ .

Процедура проведения методики регистрации движения глаз (Айтрекинг), оценки пространственного распределения внимания (Внимание) и характеристики памяти (Память), далее Методика АВП, состояла в следующем. На экране монитора испытуемому предъявляли стимулы с инструкцией «внимательно на них посмотреть и запомнить». Стимулы представляли собой три расположенные в ряд цветные картинки (триплет картинок). Время экспозиции каждого триплета составляло 10 с. Перед предъявлением триплетов, также на 10 с, возникала экспозиция серого экрана (до эксперимента испытуемому сообщалось, что

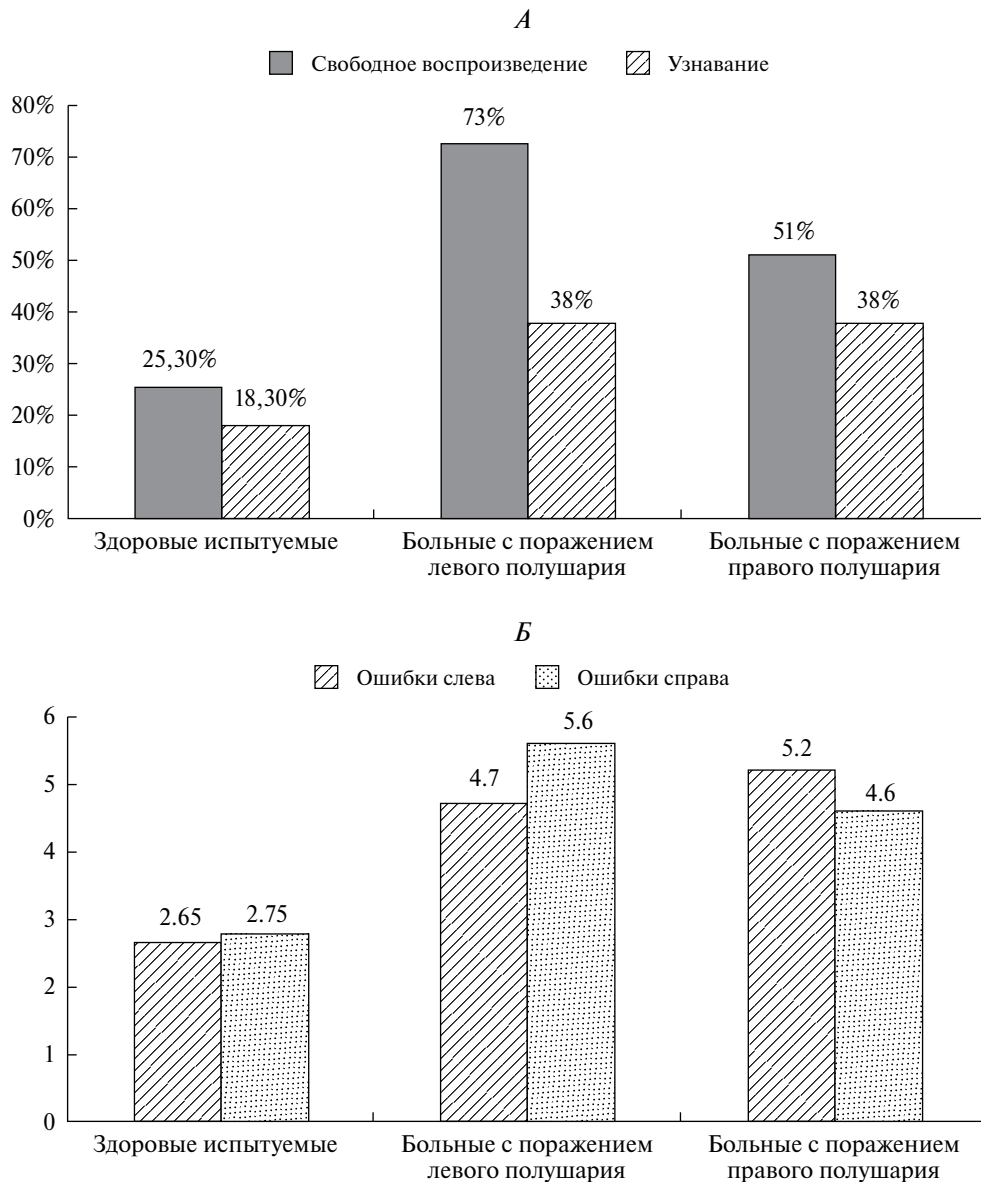
«во время экспозиции серого экрана надо просто отдыхать, ничего не делать»). Экспериментальный набор содержал 5 триплетов (15 картинок) и 6 экспозиций серого экрана, обрамляющих по времени стимульный материал. Общая длительность презентации – 110 с. Вся презентация сопровождалась записью движений глаз испытуемого.

Испытуемые не получали каких-либо указаний на то, в какой части экрана должен находиться их взор во время пауз и перед началом экспозиции стимульного материала. Выбираемые ими стратегии распределения зрительного внимания регулировали лишь их собственной спонтанной активностью. В записи зрительных фиксаций можно было анализировать как общую траекторию взора во время каждой из 10-секундных экспозиций, так и распределение фиксаций во времени, например, выделить 5 первых и 5 последних фиксаций для каждого триплета.

Через 10 мин после предъявления стимулов (перед проведением Методики АВП и во время интервалов интерференции испытуемый выполнял задания нейропсихологического исследования по методу А.Р. Лурия и батарею психофизиологических тестов) проходил второй этап методики АВП. Вторым этапом заключался в свободном воспроизведении хранящихся в памяти стимулов. Испытуемый должен был вспомнить и назвать в любом порядке картинки, которые он недавно видел на экране. Ответ испытуемого протоколировали.

Еще через 15 мин проводили процедуру узнавания стимульного материала. На мониторе компьютера в псевдослучайном порядке появлялись одиночные картинки, среди которых были как полностью идентичные исходному образцу, так и несколько отличающиеся от образца – мелкими деталями, цветом, расположением в пространстве. Среди дистракторов были и совершенно новые картинки, никак не связанные с исходным образцом. Соответственно, при появлении каждой картинки испытуемый должен был дать ответ – видел ли он именно эту картинку раньше, видел ли похожую на неё, или такой картинке не было совсем. Ещё до проведения экспериментального исследования различия в словах «такой же» и «похожий» демонстрировали испытуемому на примерах. Исследование проводили только с теми испытуемыми, которые понимали смысл данных слов. Стимульный материал на этапе узнавания состоял из 30 картинок: 15 картинок идентичных образцу, 10 картинок, похожих на латеральные стимулы в триплетах, 5 новых дистракторов.

Статистическую обработку полученных в результате эксперимента данных производили с помощью языка статистического программирования и программной среды *R* ([www.project.org](http://www.project.org)). Для оценки статистической значимости различий распреде-



**Рис. 2.** Результаты воспроизведения и узнавания стимулов в Методике АВП.

*А* – доля невоспроизведённых объектов в тесте свободного воспроизведения и процент ошибок в тесте узнавания стимулов, *Б* – среднее число ошибок узнавания левых стимулов триплета (левый столбик в каждой паре) и правых стимулов триплета (правый столбик в каждой паре).

ления численных величин в двух группах использовали непараметрический критерий Вилкоксона-Манна-Уитни. Для анализа взаимосвязи между двумя численными величинами рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена. Различия или взаимосвязь признавали статистически значимыми на уровне значимости  $p = 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты запоминания материала в Методике АВП представлены на рис. 2. И больные с очаговыми поражениями мозга, и здоровые испытуемые допускали при вспоминании ошибки. Однако характер

этих ошибок в клинической группе и в группе сравнения различался. У здоровых испытуемых забывание не превышало 25% исходного объёма информации. Процедуры свободного воспроизведения и узнавания картинок представляли одинаковую трудность: выявлена статистически значимая корреляция между числом названных объектов при свободном воспроизведении и числом правильных ответов при узнавании стимулов ( $r = 0,6; p = 0,00001$ ). Доля неназванных объектов и процент ошибок при узнавании были схожими (рис. 2, *А*). Дополнительную обработку прошли ошибки, допущенные в отношении латеральных изображений в каждом триплете. Мы наблюдали схожее число ошибок узнава-

ния левосторонних и правосторонних стимулов у здоровых испытуемых (рис. 2, Б).

В клинической группе наблюдалось значительное ухудшение показателей памяти по сравнению со здоровыми испытуемыми, зависящее от поражения левого или правого полушария. При поражении левого полушария мозга процесс отсроченного свободного воспроизведения представлял значительно большую трудность, чем процесс узнавания картинок (рис. 2, А). При этом стимулы, расположенные в правой части триплета узнавались и воспроизводились хуже, чем расположенные слева (рис. 2, Б).

У больных с поражением правого полушария общее число неузнанных стимулов было практически таким же, как и у больных с поражением левого полушария, но свободное воспроизведение было значимо лучше, чем у больных с поражением левого полушария (рис. 2, А). Наиболее важным результатом в контексте анализируемой проблемы оказалось инвертированное по сравнению с «левополушарной группой» распределение ошибок в узнавании латеральных стимулов — здесь ошибок было больше в левом поле зрения (рис. 2, Б).

Дальнейший анализ был связан с изучением особенностей движения взгляда испытуемых. Число зрительных фиксаций подсчитывалось для каждого изображения в триplete и сопоставлялось с результатами его свободного воспроизведения и узнавания. Однако зависимости между этими показателями выявлено не было. Длительность рассматривания картинок, которые испытуемые вспоминали в тесте свободного воспроизведения (медианы числа фиксаций на каждой картинке варьировали от 50 до 95) статистически значимо не отличалась от длительности рассматривания картинок, которые при свободном воспроизведении не вспомнились (медианы зрительных фиксаций 42–85,  $p > 0,05$ ). Та же тенденция наблюдалась для узнанных (медианы зрительных фиксаций 48–99 для разных стимулов) и неузнанных стимулов (медианы зрительных фиксаций 50–80,  $p > 0,05$ ).

Несмотря на то, что результаты запоминания не зависели от числа зрительных фиксаций, они явно определялись характером паттернов фиксаций. Примеры паттернов представлены на рис. 3. В таблице приведены сведения о результатах запоминания у испытуемых. Знаком «+» в таблице отмечены стадии Методики АВП, пройденные испытуемыми правильно. Так, для здорового испытуемого Ф. (рис. 3, А) прохождение всех стадий было безошибочным. Он смог вспомнить стимулы при свободном воспроизведении. Увидев похожие на стимулы дистракторы, он смог сказать, что это были именно «похожие» изображения (поскольку для средних стимулов триплета похожие изображения не предъ-

являлись, стадия узнавания для них отсутствует). И, наконец, увидев оригинал картинки, он смог сказать, что это и есть запоминавшийся им стимул. В случае ошибок (стимул не был вспомнен или был неправильно узнан) таблица содержит соответствующее ошибке слово. Так, здоровая испытуемая Г. (рис. 3, Б) при свободном воспроизведении не вспомнила стимулы «яблоко» и «черепеха», а во время предъявления картинок с яблоком (похожим и оригиналом) дала ответ «такой картинки не было».

Паттерны фиксаций у испытуемого Ф. характеризуются высокой концентрацией в центре объекта или в его важных смысловых областях. Они хорошо сгруппированы и очень «экономичны» в переходах от одного изображения к другому. Поисковые движения глаз у испытуемого практически отсутствуют. Образно говоря — это цепкий, пристальный, максимально внимательный взгляд. Такие паттерны фиксаций в нашем исследовании, как правило, приводили к полному, безошибочному воспроизведению и узнаванию объектов.

Иной паттерн фиксаций наблюдали для этих же стимулов у испытуемой Г. (рис. 3, Б). В центр изображения фиксации попадают только у стимула «очки». Этот стимул в последующем воспроизводится и узнаётся. На стимул «яблоко» испытуемая вроде и посмотрела, но взгляд как бы ушел «мимо цели», много фиксаций расположено по бокам стимула. Это «рассеянный» взгляд, сопровождающийся последующим игнорированием стимула, отсутствием информации о нём в памяти испытуемой.

У больных с очаговыми поражениями мозга наблюдали как фиксации, сходные с паттернами здоровых людей, так и специфические, не встречающиеся при нормальном распределении внимания. Патологические варианты паттернов, чаще всего, наблюдались по отношению к стимулам, контрлатеральным пораженному полушарию.

У больной Р. с опухолью левой височной доли (рис. 3, В) наблюдали много избыточных движений взора в пустых областях экспозиции. Взор нельзя назвать сконцентрированным, много фиксаций не попадает в цель. Стимул «очки» вообще остаётся без зрительных фиксаций. Взор уходит в правую часть триплета, но попадает ниже стимула. В итоге — стимул не сохраняется в памяти: не воспроизводится и не узнаётся. Можно сказать, что стимул игнорируется уже на стадии распределения внимания.

У больной В. с опухолью правой височной доли (рис. 3, Г) наблюдали большое количество поисковых, скользящих движений взора, как бы сканирующих всё пространство экспозиции без остановок на каком-либо изображении, без пристального его разглядывания. В итоге больная успевает заметить

Результаты запоминания к примерам, представленным на рис. 3

Испытуемые	Стимул «яблоко»			Стимул «черепаха»		Стимул «очки»		
	вербальное восприятие	узнавание похожего стимула	узнавание оригинала	свободное восприятие	узнавание оригинала	вербальное воспроизведение	узнавание похожего стимула	узнавание оригинала
<i>А</i> Здоровый испытуемый Ф. 23 г.	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Б</i> Здоровая испытуемая Г. 74 г.	Не вспомнила	«не было»	«не было»	не вспомнила	+	+	+	+
<i>В</i> Больная Р. 58 лет. Опухоль левой височной доли.	Не вспомнила	+	+	не вспомнила	+	не вспомнила	«не было»	«не было»
<i>Г</i> Больная В. 32 г. Опухоль правой височной доли	+	+	«было похоже»	«лягушка»	«не было»	+	«был такой»	+
<i>Д</i> Больная С. 50 лет. Опухоль правой теменно-височно-затылочной области	Не вспомнила	«не было»	«не было»	+	+	не вспомнила	«не было»	«были похоже»

*Примечание:* + – правильные ответы испытуемого. Словами обозначены варианты ошибочного вспоминания.

все рисунки и два из них правильно назвать по памяти. Но не успевает разглядеть детали. Не формируется конкретный зрительный образ изображения. Вспоминая, что в центре было «что-то зелёное», называет стимул «лягушкой». На стадиях узнавания по отношению ко всем стимулам допускает ошибки.

У больной С. с опухолью правой теменно-височно-затылочной области (рис. 3, *Д*) во время нейропсихологического исследования диагностируется фиксированная левосторонняя агнозия. При рассматривании триплета все зрительные фиксации приходятся на средний стимул. Причем, в отличие от большинства испытуемых, которые, так или иначе, останавливали взгляд на голове черепахи, к этой левой части изображения взгляд не переводит. Однако стимул «черепаха» вспоминается во время свободного воспроизведения и узнаётся при опознании. Стимул «очки», на который паттерн фиксации частично распределился, больная не вспомнила, но признала его наличие в ходе узнавания: когда ей предъявила оригинал, сказала, что «при запоминании видела похожее очки». Левый стимул «яблоко» полностью игнорируется – к нему не обращается взор – объект не вспоминается и не признаётся его наличие во время узнавания.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В исследовании были получены многочисленные подтверждения неоднородного распределения внимания в пространстве, зависимости осознаваемой и запоминаемой информации от этой характеристики внимания и особенностей межполушарного взаимодействия в его обеспечении.

После периода интерференции участники исследования должны были вспомнить предъявлявшиеся в течение 10 с картинки и назвать их в любом порядке любыми подходящими, по их мнению, словами. Этот процесс, по данным литературы, преимущественно связан с функциональной активностью левого полушария мозга [3, 16]. Действительно, наибольшие трудности задание свободного воспроизведения (называния) стимульного материала вызывало у больных с поражением левого полушария мозга. По-видимому, грубое нарушение свободного воспроизведения в условиях Методики АВП у больных с поражением левого полушария мозга, было связано со снижением общей эффективности связанных с речью ассоциативных процессов, которые, даже при отсутствии собственно афатической патологии, делали задание для больных с поражением левого полушария максимально сенсibilизированным.

В исследовании были получены данные, показывающие, что для последующей дифференциации стимульного изображения от сходных объектов требуется внимательное «всматривание», эффективный паттерн зрительных фиксаций. Этот процесс нарушается и при поражении левого, и при поражении правого полушарий мозга, без четких латеральных различий в своей общей эффективности (были выявлены некоторые частные особенности, обусловленные топикой очага, которые, не рассматриваются в данной работе).

Характер паттернов зрительных фиксаций позволяет предвидеть возможность последующего вспоминания стимула и у здоровых испытуемых, и у больных с очаговыми поражениями мозга. В отсутствие специальной терминологии для описания паттернов зрительных фиксаций использовали слова обыденного языка.

*Эффективные паттерны.* Взгляд точно попадает в цель, фиксации хорошо сгруппированы в центре объекта или на его важных смысловых участках. Экономичный переход взора от стимула к стимулу. Почти отсутствуют случайные движения взора в пустых областях экспозиции. Хорошая концентрация внимания, цепкий, пристальный взор.

*Неэффективные паттерны.* Скользящие движения глаз по всей экспозиции, как бы поисковые, управляемые задачей что-то найти, ответить на вопрос «где?». Много лишних движений от стимула к стимулу. Много фиксаций, непопадающих в цель — где-то сбоку, где-то на неважном, случайном месте, иногда — в пустом пространстве. Рассеянный, блуждающий взгляд. Можно предположить, что внимание человека в данный момент обращено не на стимулы, а к своим мыслям.

Стратегия рассматривания триплетов не всегда идентична у одного и того же испытуемого даже в рамках одной экспериментальной сессии. Например, на фоне полного воспроизведения и точного узнавания стимулов четырёх триплетов, пятый набор мог быть полностью забыт или сопровождаться ошибками в узнавании. Эти колебания внимания «во времени» достаточно подробно описаны в литературе [1]. Работа была посвящена неравномерному распределению внимания в пространстве. Контралатеральные очагу поражения стимулы воспроизводились и узнавались менее точно, чем расположенные ипсилатерально. В контралатеральном очагу поле зрения чаще наблюдались неэффективные паттерны зрительных фиксаций.

Пожалуй, крайним, наиболее выраженным проявлением «невнимания» к стимулу является его игнорирование. Стимул как бы перестаёт существовать в памяти человека. Испытуемый не вспоминает о нём во время свободного воспроизведения, а когда видит на картинках, отвечает, что ничего, даже отдалённо

похожего, он при экспозиции не видел. Из трёх расположенных рядом картинок одна не получает распределённого внимания. На рис. 3, Д видно, что у больной с поражением теменно-височно-затылочной области правого полушария левый стимул не сопровождался зрительными фиксациями. Это типичный паттерн фиксированной левосторонней агнозии [3, 7]. Однако феномен игнорирования стимулов наблюдался и в ситуациях, сопровождающихся зрительными фиксациями. На рис. 3, Б, В примеры фиксаций здоровой испытуемой (игнорируется левый стимул) и больной с поражением левой височной доли (игнорируется правый стимул). Исследование показало, что феномен игнорирования может наблюдаться в ситуациях не только полного отсутствия зрительных фиксаций на объекте, но и в случаях неэффективных паттернов.

Клиническим преломлением исследований внимания, является использование полученных данных в реабилитации пациентов с гностическими нарушениями. Приёмы коррекции, основанные на перераспределении внимания, описаны в монографии М.Г. Храковской [17]. Делаются попытки модуляции внимания с помощью системы виртуальной реальности [18]. Айтрекинг используется для привлечения внимания у больных с грубым снижением общей спонтанности [19]. Реабилитационный контекст последующих работ, должен содержать не раз высказывавшуюся в работах Н.Н. Трауготт мысль о том, что понимание механизмов нарушения, исследование природы дефекта — это главные шаги на пути к восстановлению психического процесса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пространственное распределение внимания может быть объективизировано при помощи регистрации движений глаз человека. Осознание и запоминание визуальной информации зависит от паттернов зрительных фиксаций. Сконцентрированные на смысловых участках изображения зрительные фиксации способствуют сохранению информации в памяти. Случайные, рассеянные фиксации часто не оказываются эффективными, особенно при дифференциации похожих изображений. Очаговое поражение мозга приводит к снижению внимания в контралатеральной очагу стороне пространства. Здесь, по сравнению с ипсилатеральной стороной, наблюдается больше ошибок воспроизведения и узнавания и менее эффективные паттерны зрительных фиксаций. Крайним проявлением нарушенного распределения внимания в пространстве является игнорирование стимула — он не воспроизводится и не узнаётся в дальнейшем. Такое игнорирование наблюдается как при отсутствии зрительных фиксаций на стимуле, так и в сочетании с неэффективными паттернами.

Работа поддержана РФФИ (грант 16-29-08255 ОФИ-М).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Величковский Б.М.* Когнитивная наука. Основы психологии познания. М.: Смысл; Академия, 2006. Т. 1. 447 с.
2. *Кроткова О.А., Лукьянов В.И., Машеров Е.Л., Каверина М.Ю.* Распределение внимания в зрительном поле в зависимости от особенностей межполушарного взаимодействия здоровых испытуемых / Структурно-функциональные и нейрохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга. Сборник статей. М.: Икар, 2005. С. 152.
3. *Лурия А.Р.* Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. 2 доп. изд. М.: Изд. МГУ, 1969. 504 с.
4. *Кок Е.П.* Зрительные агнозии. Л.: «Медицина», 1967. 224 с.
5. *Kinsbourn M.* Eye and head turning indicates cerebral lateralization // *Science*. 1972. V. 176. № 4034. P. 539.
6. *Ushakov V.L., Sharaev M.G., Kartashov S.I. et al.* Dynamic Causal Modeling of Hippocampal Links within the Human Default Mode Network: Lateralization and Computational Stability of Effective Connections // *Frontiers in Human Neuroscience*. Frontiers Research Foundation. 2016. V. 10. doi: 10.3389/fnhum.2016.00528.
7. *Ярбус А.Л.* Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1965. 173 с.
8. *Барабанищikov В.А., Жегалло А.В.* Айттрекинг: Методы регистрации движений глаз в психологических исследованиях и практике. М.: Когито-Центр, 2014. 128 с.
9. *Käthner I., Kübler A., Halder S.* Comparison of eye tracking, electrooculography and an auditory brain-computer interface for binary communication: a case study with a participant in the locked-in state // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2015. Т. 12. № 1. С. 1.
10. *Ting W.K.C., Velazquez J.L.P., Cusimano M.D.* Eye movement measurement in diagnostic assessment of disorders of consciousness // *Frontiers in neurology*. 2014. Т. 5. С. 34.
11. *Heuer S., Hallowell B.* A novel eye-tracking method to assess attention allocation in individuals with and without aphasia using a dual-task paradigm // *Journal of communication disorders*. 2015. Т. 55. С. 15.
12. *Samadani U.* Detection of third and sixth cranial nerve palsies with a novel method for eye tracking while watching a short film clip // *Journal of neurosurgery*. 2015. Т. 122. № 3. С. 707.
13. *Shelton J., Christopher E.* A fresh pair of eyes on prospective memory monitoring // *Mem. Cogn.* 2016. V. 44. P. 837. DOI 10.3758/s13421-016-0601-3.
14. *Steinmetz K.R.M., Kensinger E.A.* The emotion-induced memory trade-off: More than an effect of overt attention? // *Mem. Cogn.* 2013. V. 41. P. 69. DOI 10.3758/s13421-012-0247-8.
15. *Hannula D.E., Althoff R.R., Warren D.E. et al.* Worth a glance: using eye movements to investigate the cognitive neuroscience of memory // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2010. V. 4. Article 166. doi: 10.3389/fnhum.2010.00166.
16. *Трауголт Н.Н.* О механизмах нарушения памяти. Л.: Наука, 1973. 24 с.
17. *Храковская М.Г.* Афазия, агнозия, апраксия. Методики восстановления. СПб.: Нестор-История, 2017. 311 с.
18. *Cameirão M., Faria A., Paulino T. et al.* The impact of positive, negative and neutral stimuli in a virtual reality cognitivemotor rehabilitation task: a pilot study with stroke patients // *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*. 2016. V. 13. № 1. P. 70. DOI 10.1186/s12984-016-0175-0.
19. *Кроткова О.А., Данилов Г.В., Каверина М.Ю. и др.* Технология айттрекинга в реабилитации больных с выраженными нарушениями двигательных и коммуникативных функций / Избранные вопросы нейрореабилитации: материалы VIII Международного Конгресса «Нейрореабилитация-2016». М.: Изд. Союз реабилитологов России, 2016. С. 202.



## Eye Tracking and Interhemispheric Interaction in the Distribution of Spatial Attention

O.A. Krotkova\*, M. Yu. Kaverina, G.V. Danilov

\*E-mail: OKrotkova@nsi.ru

The patterns of visual attention distribution in healthy subjects ( $n = 43$ ) and patients with focal brain lesions ( $n = 17$ ) were investigated using the original method developed for eye tracking in patients while memorizing a series of stimulatory image triplets. We estimated two processes: delayed reproduction and recognition of stimuli in a series of consecutive visually similar distractors. In healthy subjects both processes correlated to a great extent ( $r = 0.6$ ;  $p = 0.00001$ ). The most significant disorders of voluntary verbal reproduction were observed when the left hemisphere of the brain was affected. The overall effectiveness of recognition in case of brain damage decreased without significant dependence on the lateralization of the focus.

We observed some correlation between realized and remembered information and the patterns of visual fixations (concentration on the semantic parts of the image or chaotically distributed in the space of stimulus exposure). «Ineffective» patterns of visual fixation in patients were more often observed in the area contralateral to the lesion. These contralateral stimuli were reproduced and recognized less efficiently in comparison with the central and ipsilateral images. Complete ignoring of the contralateral image in the triplet was observed both in the absence of visual fixation and in combination with the diffuse pattern.

*Keywords:* eye tracking, attention, memory, interhemispheric interaction, fixed left-sided agnosia (unilateral spatial neglect).