

ЗРИТЕЛЬНАЯ ОБЪЕКТНАЯ АГНОЗИЯ ПРИ ПОРАЖЕНИЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА (ОБЗОР)

DOI: 10.17691/stm2019.11.1.05

УДК 616.831:616.89–008.438.2

Поступила 5.11.2018 г.



Г.В. Тихомиров, ассистент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики¹;
И.О. Константинова, аспирант кафедры психофизиологии²;
М.М. Циркова, психолог отделения медицинской реабилитации³;
Н.А. Буланов, магистрант⁴;
В.Н. Григорьева, д.м.н., профессор, зав. кафедрой неврологии, нейрохирургии
и медицинской генетики¹

¹Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1,
Н. Новгород, 603005;

²Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им Н.И. Лобачевского,
проспект Гагарина, 23, Н. Новгород, 603950;

³Клиническая больница №2 Приволжского окружного медицинского центра ФМБА России, ул. Гончарова,
1д, Н. Новгород, 603032;

⁴Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, ул. Мясницкая, 20, Москва, 101000

Нарушения зрительного гнозиса служат одной из возможных причин ограничений жизнедеятельности у больных с поражением головного мозга, однако их распространенность и клиническая значимость в неврологической клинике недооценены. В обзоре дается представление о зрительных объектных агнозиях как проявлении патологии головного мозга.

Изложены современные взгляды на нейроанатомические и нейрофизиологические основы зрительного объектного гнозиса. Описаны клинические варианты зрительных объектных агнозий, их морфологические субстраты, особенности нейропсихологической диагностики и основные подходы к реабилитации больных.

Представлены уникальные возможности компьютерных технологий для реализации принципов физических измерений, цифрового картирования и контролируемой оптимизации в диагностико-реабилитационном процессе и, в частности, при зрительной объектной агнозии.

Подчеркнута необходимость разработки стандартизированных валидных методик диагностики зрительных объектных агнозий для совершенствования путей их коррекции в неврологической практике.

Ключевые слова: зрительная агнозия; теория двух потоков зрительной информации; стриарная и экстрастриарная кора; объектная агнозия; метод картирования очага поражения.

Как цитировать: Tikhomirov G.V., Konstantinova I.O., Cirkova M.M., Bulanov N.A., Grigoryeva V.N. Visual object agnosia in brain lesions (review). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019; 11(1): 46–53, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.05>

English

Visual Object Agnosia in Brain Lesions (Review)

G.V. Tikhomirov, Tutor, Department of Neurology, Neurosurgery, and Medical Genetics¹;

I.O. Konstantinova, PhD Student, Department of Psychophysiology²;

M.M. Cirkova, Psychologist, Medical Rehabilitation Department³;

N.A. Bulanov, MSc Student⁴;

V.N. Grigoryeva, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Neurology, Neurosurgery, and Medical Genetics¹

¹Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia;

²National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603950, Russia;

³Clinical Hospital No.2, Privolzhsky District Medical Center of Federal Medico-Biological Agency of Russia, 1D Goncharova St., Nizhny Novgorod, 603032, Russia;

⁴National Research University Higher School of Economics, 20 Myasnitskaya St., Moscow, 101000, Russia

Для контактов: Григорьева Вера Наумовна, e-mail: vrgr@yandex.ru

Visual gnostic disorders are among the possible causes of disability in patients with brain lesions, but their prevalence and clinical significance in neurological practice are underestimated. This review gives insight into visual object agnosia as a manifestation of brain pathology.

Particular attention is paid to the present-day ideas of the neuroanatomical and neurophysiological basis of visual gnosis. Clinical variants of visual object agnosia, their morphological substrates, features of neuropsychological diagnosis and basic approaches to patient rehabilitation are described.

The unique possibilities of computer technologies for implementation of physical measurement principles, digital mapping and controlled optimization in diagnostic and rehabilitation processes, particularly, in visual object agnosia, are presented.

Special emphasis is placed on the necessity to develop standardized valid methods for diagnosing visual object agnosias to improve the ways of their correction in neurological practice.

Key words: visual agnosia; two-streams hypothesis; striate and extrastriate cortex; object agnosia; lesion mapping technique.

Введение

Зрительный гнозис (узнавание, распознавание) — способность узнать увиденный объект, т.е. понять смысл ранее уже знакомого визуального стимула при восприятии его в целом или отдельных частей [1, 2]. Соответственно, под зрительной агнозией понимается неспособность человека распознать объект или часть объекта при помощи одного только зрения при сохранности у него элементарных зрительных функций (остроты зрения и полей зрения, чувствительности к пространственному контрасту, цветового зрения), речи, памяти и способности узнать предметы по звуковым или тактильным характеристикам [2–6].

Зрительная агнозия — мономодальное расстройство, поэтому клинические случаи, в которых пациенты наряду с нарушением зрительного гнозиса имеют признаки расстройства гностических функций других модальностей, по мнению ряда специалистов, не следует расценивать как случаи собственно зрительной агнозии [3]. Зрительные агнозии могут наблюдаться в клинике многих заболеваний и травм головного мозга, однако они до сих пор остаются одними из наименее изученных расстройств в неврологии [7]. Между тем актуальность своевременной диагностики нарушений зрительного гнозиса определяется их негативным влиянием на качество жизни больных и необходимостью ранней коррекции [8].

В настоящее время большинство авторов выделяют такие типы зрительной агнозии, как зрительная агнозия объектов и форм, лицевая агнозия, топографическая агнозия, агнозия букв [2, 8]. Наименее изученной остается зрительная агнозия объектов и форм (объектная агнозия), под которой понимают неспособность визуально распознавать сложные объекты или рисунки и дифференцировать классы стимулов, несмотря на интактность базовых зрительных функций [9]. Пациенты с объектной зрительной агнозией не узнают ранее знакомые предметы и не способны научиться опознавать новые объекты по одному только внешнему виду [10]. Кроме того, у таких больных снижен контроль за правильностью распознавания предмета [2]. Объектной зрительной агнозии может сопутствовать нарушение узнавания знакомых лиц (прозопагно-

зия), реже — букв и слов («чистая» алексия без аграфии) [3, 11].

Классификация зрительной объектной агнозии

Объектная агнозия разделяется на апперцептивную и ассоциативную формы [5, 10, 12, 13]. Апперцептивная объектная агнозия проявляется невозможностью скопировать предмет, а также найти сходство/различие между объектами [13–15], в то время как ассоциативная агнозия объектов характеризуется нарушением идентификации последних из-за утраты знаний об их значении: пациент способен нарисовать предмет, описать его части и найти сходство между разными предметами, однако не способен узнать объект, который только что предьявлялся и был зарисован [14, 15].

Апперцептивная зрительная агнозия. Подразделяется на агнозию формы, трансформационную агнозию и интегративную агнозию [5, 16, 17].

При апперцептивной агнозии формы пациенты не могут распознать простые геометрические формы и, следовательно, такие элементарные свойства предметов, как кривизна и объем. Они допускают ошибки в тестах на распознавание и сравнение объектов, а также не способны нарисовать или скопировать увиденный предмет [3]. Узнаванию помогает обведение контура предмета руками и его ощупывание, посредством чего зрительное восприятие переводится в кинестетическое [10, 12]. Ряд авторов полагают, что указанное расстройство не является чисто агностическим и его правильнее обозначать как «псевдоагнозия» [12].

Больной с апперцептивной интегративной зрительной агнозией не способен сложить детали объекта в единое целое и поэтому не может узнать предмет и отличить правильные и некорректные изображения реальных объектов, хотя может воспринимать их отдельные элементы и копировать изображения по частям [10, 12, 16, 18].

Апперцептивная трансформационная агнозия — невозможность распознавания трехмерных объектов в случаях, когда пациент смотрит на них с непривычных точек зрения и должен осуществить их «ментальный поворот» [10, 12, 19]. Некоторые авторы относят

такой дефицит к пространственной агнозии. Другие исследователи полагают, что термин «пространственная агнозия» в данном контексте может породить путаницу, поскольку создает у специалиста впечатление, что в основе трансформационной агнозии лежат ошибки пространственной обработки информации, а не нарушения возможности воспринимать один и тот же предмет под разными углами зрения [12].

Ассоциативная агнозия объектов. Характеризуется тем, что пациент не способен идентифицировать объект и определить его семантическую категорию, хотя может анализировать структуру объекта [18]. Некоторые авторы ставят под сомнение возможность признания этого расстройства собственно агнозией, так как его механизмы тесно связаны с селективным нарушением зрительной памяти. Полагают, что у больных с ассоциативной предметной агнозией страдает не только ранее полученное знание об объектах, но и возможности приобретения нового визуального опыта [10, 15]. J.J. Barton [10] предложил выделять два варианта ассоциативной формы зрительной агнозии в зависимости от того, нарушается ли у больного доступ к сохранным следам зрительного образа объекта (семантическая агнозия доступа) или же утрачивается сама зрительная репрезентация объекта в памяти (полная семантическая агнозия).

Наряду с двумя описанными формами ассоциативных зрительных объектных агнозий обсуждается существование категориально-специфичных агнозий — патологических состояний, при которых пациенты не способны узнать стимулы, относящиеся к конкретным специфическим категориям, в частности — к группе живых или неживых объектов [10].

Нейрофизиологические и морфологические основы зрительного объектного гнозиса

Объяснения природы зрительных агнозий в большинстве случаев основаны на представлениях о нормальных процессах формирования зрительных образов, которые условно разделяют на три уровня [4]. На первом (низшем) из них происходит обработка зрительного стимула и анализ информации о простейших физических свойствах объекта. Анатомической основой этих процессов служат структуры глаза, соответствующие проводящие пути, зрительные подкорковые центры и первичная (стриарная) зрительная кора. Второй (средний) уровень включает синтез зрительной информации о свойствах объекта, который осуществляется с участием экстрастриарной коры и на психологическом уровне соотносится с формированием образов [20–22]. На третьем (высшем) уровне происходит синтез полимодальной информации, необходимый для надления образа объекта определенным смыслом; нейрофизиологической основой такого синтеза служит активность мультимодальных ассоциативных областей коры [4].

Для понимания природы предметного гнозиса важное значение имеет гипотеза Лесли Унгерлейдер и Мортимера Мишкина о двух потоках экстрастриарной зрительной импульсации, один из которых следует из первичной зрительной коры в теменную кору и связан с обработкой информации о положении и направлении движения объекта (путь «где?»), а второй идет в височную кору и имеет отношение к распознаванию и категоризации образов (путь «что?»). Позднее было высказано предположение, что указанные потоки имеют несколько иные функциональные различия: с участием вентрального пути обрабатывается информация, необходимая для восприятия стимулов и осознания окружающего мира (зрение для узнавания), а с участием дорсального пути — информация, важная для контроля и программирования действий (зрение для действия) [5, 22–26]. Вентральный путь задействует медиальные затылочно-височные структуры, а дорсальный — латеральные затылочно-теменные структуры [12, 25].

В настоящее время представления об изолированности потоков зрительной информации в экстрастриарной коре стали оспариваться, поскольку появились свидетельства того, что как узнавание объектов, так и действия с ними могут нарушаться вне зависимости от локализации поражения в структурах вентрального или дорсального пути [5, 27, 28]. В этой связи предложена модифицированная модель вышеописанной теории двух потоков, согласно которой параллельное и иерархическое кодирование информации об объекте в дорсальной и вентральной системах может постоянно модифицироваться в рамках взаимодействия двух потоков перед конвергенцией в префронтальной коре [14, 22, 28, 29].

Для верификации морфологических субстратов нарушений зрительного предметного гнозиса проводится сопоставление клинических данных и результатов нейровизуализационных исследований. Все большее распространение получает метод картирования очага (lesion-mapping), заключающийся в статистическом анализе зависимости клинической картины (в частности, проявлений зрительных агнозий) от локализации очагов по данным нейровизуализации [30].

Анатомическими зонами, критически значимыми для зрительного объектного гнозиса (объект-чувствительными), считаются латеральный затылочный комплекс, задние отделы височной коры, парагиппокампальная зона места и фузиформная область распознавания лиц [14]. Латеральный затылочный комплекс — это область на боковой поверхности затылочной доли [14]. Она активируется при предъявлении объекта с различных точек зрения, но не при изменении размера или локализации последнего [18]. Задние отделы височной коры составляют нейрофизиологическую основу связывания образа предмета с его семантическим значением, а парагиппокампальная зона «места» максимально активируется в ответ на зрительные стимулы в виде зданий и топографиче-

ских ориентиров [14, 31]. Что касается фузиформной извилины, то эта зона активируется прежде всего в ответ на лица, а не предметы [14].

Зрительная объектная агнозия описана при отравлении монооксидом углерода, инсультах, синдроме задней обратимой лейкоэнцефалопатии, множественных метастазах в головной мозг, герпетическом энцефалите, задней кортикальной атрофии, болезни Крейтцфельда–Якоба [2, 9, 12]. При локальных поражениях головного мозга объектная агнозия чаще отмечается в случаях двусторонних височно-затылочных очагов, хотя возможна и при изолированном поражении левого или правого полушария [2, 3, 12, 32].

Диагностика зрительной объектной агнозии

Сложность диагностики зрительной объектной агнозии определяется тем, что при поражениях головного мозга она нередко сочетается с другими выраженными нейропсихологическими и неврологическими расстройствами, маскирующими нарушение гнозиса [5, 33]. Другая проблема заключается в недостатке стандартизированных методик выявления нарушений гнозиса [12, 34]. В то же время своевременное клиническое выявление предметной агнозии имеет большое значение, поскольку она может быть ранним признаком таких нейродегенеративных заболеваний, в отношении которых нейровизуализационные методы диагностики обладают низкой чувствительностью [33]. Точное определение характера агнозии позволяет разработать индивидуальную стратегию реабилитации пациента, улучшающую прогноз его восстановления [12].

Начальный этап обследования пациента с подозрением на зрительную агнозию включает клинический осмотр с оценкой элементарных зрительных функций и восприятия простых визуальных стимулов. При их сохранности переходят к проверке способности распознавать предметы [3, 16]. Для этого пациенту показывают известные объекты, просят назвать их, а также описать их свойства. Последнее необходимо для дифференциальной диагностики агнозии с аноимией: пациент с аноимией не может назвать предмет, но правильно описывает его назначение [2, 3]. Широко применяются задания на узнавание перечеркнутых изображений и наложенных друг на друга фигур [1, 16].

У больных с апперцептивной зрительной агнозией объектов узнавание пересекающихся изображений резко ухудшено по сравнению с отдельно представленными изображениями [16]. Используются задания на различение изображений реальных и бессмысленных (созданных путем добавления или замены деталей) предметов, представляющие наибольшие трудности для больных со зрительной предметной апперцептивной интегративной агнозией [16]. Для диагностики зрительной предметной апперцептив-

ной агнозии формы (сопровождающейся нарушением копирования) также предъявляются задания на срисовывание геометрических фигур и букв [12]. В диагностике зрительной объектной апперцептивной трансформационной агнозии применяются задачи на узнавание объектов, которые демонстрируются под необычными углами зрения и требуют для своего узнавания мысленных поворотов в пространстве [12, 19]. Зрительная объектная ассоциативная агнозия выявляется с помощью заданий на распознавание объектов из различных смысловых категорий и определение их видовых признаков [12, 16].

В настоящее время для выявления зрительной предметной агнозии стандартизированных тестов мало, что снижает надежность диагностики предметной агнозии [35].

Компьютерные технологии для диагностики и цифрового отображения объектной агнозии

Традиционные методы диагностики и реабилитации когнитивных функций адаптированы к когнитивно-аффективным ресурсам человека-эксперта. Достоинством этих методов является активный эмоционально-мотивационный компонент, обеспечивающий вовлечение человека в диагностико-реабилитационные процедуры (тренировки). Однако отмечается и ряд важных недостатков: ограниченное пространство признаков для описания структуры индивидуальной когнитивной системы; низкая точность детектирования; существенные искажения оценок, связанные с когнитивно-аффективным статусом эксперта. В рамках принятых клинических стратегий отсутствует возможность для объективного цифрового картирования и контролируемой оптимизации когнитивных функций.

Благодаря развитию компьютерных технологий, технологий виртуальной реальности и программного инструментария открылись уникальные возможности для объективизации диагностики и повышения эффективности коррекции когнитивных функций [36]. Созданы технологические предпосылки для реализации в отношении когнитивной системы человека базового принципа физических измерений: сравнение подобного с подобным, объекта с эталоном. В качестве эталонов для измерения свойств субъективного когнитивного пространства можно рассматривать информационные объекты и событийные контексты виртуальной компьютерной среды. В таком случае процедура измерения может быть сведена к формализованным оценкам ошибок распознавания, управления или воспроизведения виртуальных эталонов. Результатом измерений становятся цифровые когнитивные карты, дающие объективное отображение когнитивной системы конкретного человека в широком диапазоне параметров когнитивного процесса [37–39].

Существующие в настоящее время локальные и интернет-ориентированные программные ин-



Рис. 1. Примеры интернет-реализации базовых тестовых моделей (<https://wikium.ru/science/techniques>): а — методика Вундта; б — тест Струпа; в — тест «Фигуры Готтшальдта»

струменты для когнитивной диагностики и реабилитации (Lumosity.com, Cognifit.com, Wikium.ru, platform.arway.ru и др.) успешно обеспечивают измерение и тренировки восприятия, памяти, внимания, быстродействия, гибкости по отношению к визуальным объектам в разнообразных событийных контекстах [40–43].

Тестирование проводится по отношению к визуальным объектам разной семантики (предметные изображения, геометрические фигуры, буквы, слова с разнообразной эмоциональной экспрессией) в ограниченном наборе событийных контекстов. Событийные контексты обеспечивают выполнение заданий по узнаванию, поиску и сравнению визуальных образов [44–51]. Измеряются разные типы ошибок распознавания, время реакции, психофизические пороги обнаружения и различения. В качестве базовых моделей для реализации тестов использованы методика Вундта (рис. 1, а), тест Струпа (рис. 1, б), тест «Фигуры Готтшальдта» (рис. 1, в) в разных модификациях.

В большинстве компьютерных диагностико-реабилитационных тренажеров тесты реализованы в форме увлекательных компьютерных игр. Обязательным элементом является обратная связь с цифровой оценкой тренируемых функций и отображением истории тренировок в форме временной диаграммы оценок. Игровой и спортивный азарт мотивирует к продолжительным занятиям на когнитивных тренажерах. Однако каждая игра актуализирует множество когнитивных процессов, затрудняя дифференциальную диагностику и коррекцию поврежденного когнитивного модуля.

Альтернативой когнитивным тренажерам, представленным в открытом интернет-пространстве, может служить экспертная система, расположенная на платформе ArWay (platform.arway.ru), которая была

разработана в Приволжском исследовательском медицинском университете (Н. Новгород). Она обеспечивает возможность для цифрового картирования когнитивных функций в широком пространстве признаков и предоставляет удобный интерфейс для конструирования оригинальных пользовательских тестов [52]. К настоящему времени на платформе размещено 350 сценариев, позволяющих проводить измерения отдельных когнитивных модулей в трех целевых контекстах: сенсомоторная активность по широкому набору визуальных признаков и объектов; поиск объекта; ассоциации разномодальных информационных образов.

В среде ArWay, на базе оригинальной модели теста «компьютерная кампиметрия» [53], создана уникальная инфраструктура для реализации тестирования функции выделения визуальных объектов из фона (рис. 2).

В сценариях тестов, построенных по этой модели, могут использоваться визуальные объекты с различной семантикой (предметные изображения, геоме-



Рис. 2. Варианты семантики и локализации визуальных объектов на Web-платформе ArWay.ru

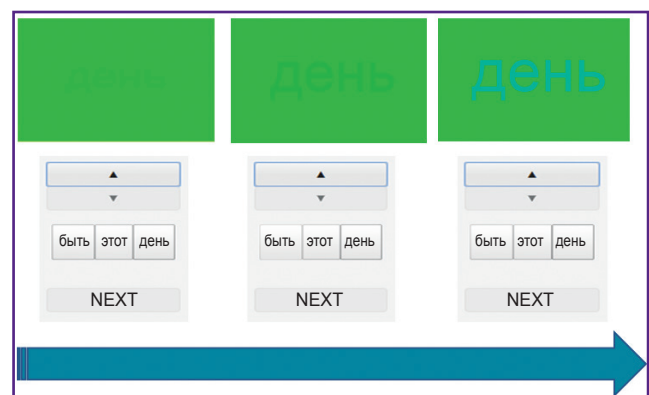


Рис. 3. Образцы объектных изображений в методе компьютерной кампиметрии

трические фигуры, буквы, слова), локализованные в разных зонах экрана. Перед пользователем ставится задача проявить фигуру на цветовом фоне, указать на пиктограмму этой фигуры, спрятать фигуру (рис. 3).

Одна и та же последовательность событий для разных оттенков фона позволяет построить психофизическую функцию цветоразличения (рис. 4), которая является цифровой картой субъективного цветового пространства и отображает особенности цветоразличения конкретного человека. Открывается возможность для инструментальной диагностики зрительной объектной агнозии независимо от речевых и мнестических функций.

Каждый тест на когнитивной платформе ApWay может быть оптимизирован для актуализации отдельных когнитивных модулей и обеспечивать как построение персональных цифровых когнитивных карт, так и формирование на их основе индивидуальных программ когнитивных тренировок. Существенным недостатком этой технологии является отсутствие удобного пользовательского интерфейса для обратной связи и дистанционного мониторинга процесса реабилитации.

Интернет-платформы, предоставляющие когнитивные тренажеры, успешно опробованы для диагностики и реабилитации пациентов с деменцией, для постинсультной реабилитации [54], а также для улучшения когнитивных функций у онкологических больных после прохождения химиотерапии [55].

Таким образом, созданы технологические предпосылки для объективизации когнитивной диагностики и реабилитации. Разрабатываются шаблонные цифровые карты по базовым признакам информационных объектов (пространственные, временные, количественные, качественные) и базовым когнитивным процессам (выделение признаков, идентификация и классификация объектов, селективное внимание, принятие решений) для основных нейропсихологических нарушений, в том числе для зрительной объектной агнозии. Уникальные возможности по персонализированной цифровизации когнитивной системы пока слабо реализованы. Однако следует признать, что происходит активное движение в этом направлении.

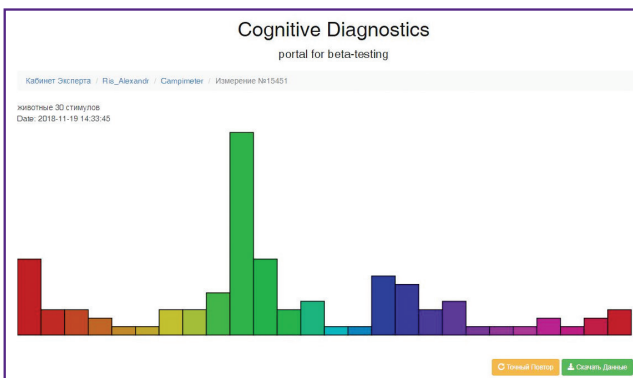


Рис. 4. Пример диаграммы функции цветоразличения по итогам прохождения компьютерной кампиметрии

Реабилитация пациентов со зрительной объектной агнозией

Спонтанное восстановление при зрительной объектной агнозии отмечается редко, что повышает важность проведения специальных занятий с больными [2, 8]. Между тем методикам восстановления или компенсации зрительного гнозиса уделяется очень мало внимания, существенно меньше, например, чем вопросам коррекции зрительного неглекта [7]. Так, J. Neutink и соавт. в 2018 г. обнаружили в научных публикациях всего семь работ, посвященных реабилитации пациентов со зрительной объектной агнозией [8]. Исследования в этой области основаны лишь на отдельных клинических наблюдениях, свидетельствующих о том, что индивидуальные занятия с больными со зрительной агнозией могут улучшить их способность узнавания объектов и привести к некоторой генерализации положительного эффекта [56].

G. Humphreys [16] на основании результатов 26-летнего наблюдения за больным со зрительной объектной апперцептивной интегративной агнозией пришел к выводу, что расстройство зрительного гнозиса со временем могут частично компенсироваться за счет вовлечения в распознавание сохраненных структур дорсального пути. Больных рекомендуется целенаправленно обучать использованию компенсаторных приемов, таких как осознанное применение контекстуальных, тактильных и слуховых подсказок и словесное описание предметов [2, 8].

Новые принципы формализованного описания индивидуальных когнитивных систем могут привести к пересмотру классификации когнитивных нарушений и созданию принципиально новых моделей когнитивной диагностики и реабилитации [57].

Заключение

Нарушения зрительного предметного гнозиса могут существенно ограничивать жизнедеятельность больных с поражениями головного мозга, однако на практике они часто недооцениваются врачами. Необходима разработка стандартизированных методик диагностики зрительных объектных агнозий и совершенствование подходов к реабилитации больных с этим расстройством.

Финансирование исследования и конфликт интересов. Исследование не финансировалось какими-либо источниками, и конфликты интересов, связанные с данным исследованием, отсутствуют.

Литература/References

1. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М: Издательский центр «Академия»; 2013. Luria A.R. *Osnovy neyropsikhologii* [Foundations of neuropsychology]. Moscow: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya"; 2013.
2. Zihl J. *Rehabilitation of visual disorders after*

- brain injury*. Psychology Press; 2010, <https://doi.org/10.4324/9780203843253>.
3. Cooper S.A. Higher visual function: hats, wives and disconnections. *Pract Neurol* 2012; 12(6): 349–357, <https://doi.org/10.1136/practneurol-2011-000153>.
 4. *Fundamental neuroscience*. Squire L., Berg D., Bloom F.E., du Lac S., Ghosh A., Spitzer N.C. (editors). Elsevier; 2012.
 5. Haque S., Vaphiades M.S., Lueck C.J. The visual agnosias and related disorders. *J Neuroophthalmol* 2018; 38(3): 379–392, <https://doi.org/10.1097/wno.0000000000000556>.
 6. Martinaud O. Visual agnosia and focal brain injury. *Rev Neurol (Paris)* 2017; 173(7–8): 451–460, <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2017.07.009>.
 7. Hanna K.L., Rowe F. Clinical versus evidence-based rehabilitation options for post-stroke visual impairment. *Neuroophthalmology* 2017; 41(6): 297–305, <https://doi.org/10.1080/01658107.2017.1337159>.
 8. Heutink J., Indorf D.L., Cordes C. The neuropsychological rehabilitation of visual agnosia and Balint's syndrome. *Neuropsychol Rehabil* 2018; 1–20, <https://doi.org/10.1080/09602011.2017.1422272>.
 9. Barton J.J.S. Objects and faces, faces and objects... *Cogn Neuropsychol* 2018; 35(1–2): 90–93, <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1414693>.
 10. Barton J.J. Disorders of higher visual processing. *Handb Clin Neurol* 2011; 102: 223–261, <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-52903-9.00015-7>.
 11. Cavina-Pratesi C., Large M.E., Milner A.D. Visual processing of words in a patient with visual form agnosia: a behavioural and fMRI study. *Cortex* 2015; 64: 29–46, <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.09.017>.
 12. Unzueta-Arce J., García-García R., Ladera-Fernández V., Perea-Bartolomé M.V., Mora-Simón S., Cacho-Gutiérrez J. Visual form-processing deficits: a global clinical classification. *Neurologia* 2014; 29(8): 482–489, <https://doi.org/10.1016/j.nrleng.2012.03.023>.
 13. Chechlacz M., Novick A., Rotshtein P., Bickerton W.L., Humphreys G.W., Demeyer N. The neural substrates of drawing: a voxel-based morphometry analysis of constructional, hierarchical, and spatial representation deficits. *J Cogn Neurosci* 2014; 26(12): 2701–2015, https://doi.org/10.1162/jocn_a_00664.
 14. Baars B.J., Gage N.M. *Fundamentals of cognitive neuroscience: a beginner's guide*. Elsevier; 2013.
 15. Kolb B., Whishaw I.Q. *Fundamentals of human neuropsychology*. New York: Worth; 2015.
 16. Humphreys G. *A reader in visual agnosia*. Routledge; 2016, <https://doi.org/10.4324/9781315668444>.
 17. Strappini F., Pelli D.G., Di Pace E., Martelli M. Agnostic vision is like peripheral vision, which is limited by crowding. *Cortex* 2017; 89: 135–155, <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.01.012>.
 18. Ptak R., Lazeyras F., Di Pietro M., Schnider A., Simon S.R. Visual object agnosia is associated with a breakdown of object-selective responses in the lateral occipital cortex. *Neuropsychologia* 2014; 60: 10–20, <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.05.009>.
 19. Searle J.A., Hamm J.P. Mental rotation: an examination of assumptions. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci* 2017; 8(6), <https://doi.org/10.1002/wcs.1443>.
 20. Angelucci A., Roe A.W., Sereno M.I. Controversial issues in visual cortex mapping: extrastriate cortex between areas V2 and MT in human and nonhuman primates. *Vis Neurosci* 2015; 32: E025, <https://doi.org/10.1017/s0952523815000292>.
 21. Kujovic M., Zilles K., Malikovic A., Schleicher A., Mohlberg H., Rottschy C., Eickhoff S.B., Amunts K. Cytoarchitectonic mapping of the human dorsal extrastriate cortex. *Brain Struct Funct* 2013; 218(1): 157–172, <https://doi.org/10.1007/s00429-012-0390-9>.
 22. Goodale M.A., Milner A.D. Two visual pathways — where have they taken us and where will they lead in future? *Cortex* 2018; 98: 283–292, <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.12.002>.
 23. Merabet L.B., Mayer D.L., Bauer C.M., Wright D., Kran B.S. Disentangling how the brain is “wired” in cortical (cerebral) visual impairment. *Semin Pediatr Neurol* 2017; 24(2): 83–91, <https://doi.org/10.1016/j.spen.2017.04.005>.
 24. Goodale M.A. Separate visual systems for perception and action: a framework for understanding cortical visual impairment. *Dev Med Child Neurol* 2013; 55(Suppl 4): 9–12, <https://doi.org/10.1111/dmcn.12299>.
 25. Goodale M.A. How (and why) the visual control of action differs from visual perception. *Proc Biol Sci* 2014; 281(1785): 20140337, <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0337>.
 26. Foley R.T., Whitwell R.L., Goodale M.A. The two-visual-systems hypothesis and the perspectival features of visual experience. *Conscious Cogn* 2015; 35: 225–233, <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.03.005>.
 27. Rossetti Y., Pisella L., McIntosh R.D. Rise and fall of the two visual systems theory. *Ann Phys Rehabil Med* 2017; 60(3): 130–140, <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2017.02.002>.
 28. Meichtry J.R., Cazzoli D., Chaves S., von Arx S., Pflugshaupt T., Kalla R., Bassetti C.L., Gutbrod K., Müri R.M. Pure optic ataxia and visual hemiagnosia — extending the dual visual hypothesis. *J Neuropsychol* 2018; 12(2): 271–290, <https://doi.org/10.1111/jnp.12119>.
 29. Takahashi E., Ohki K., Kim D.S. Dissociation and convergence of the dorsal and ventral visual working memory streams in the human prefrontal cortex. *Neuroimage* 2013; 65: 488–498, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.10.002>.
 30. Martinaud O., Pouliquen D., Gérardin E., Loubeyre M., Hirsbein D., Hannequin D., Cohen L. Visual agnosia and posterior cerebral artery infarcts: an anatomical-clinical study. *PLoS One* 2012; 7(1): e30433, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030433>.
 31. Ishii K., Koide R., Mamada N., Tamaoka A. Topographical disorientation in a patient with right parahippocampal infarction. *Neurol Sci* 2017; 38(7): 1329–1332, <https://doi.org/10.1007/s10072-017-2925-6>.
 32. Rennig J., Cornelsen S., Wilhelm H., Himmelbach M., Karnath H.O. Preserved expert object recognition in a case of visual hemiagnosia. *J Cogn Neurosci* 2018; 30(2): 131–143, https://doi.org/10.1162/jocn_a_01193.
 33. Cooper S.A., O'Sullivan M. Here, there and everywhere: higher visual function and the dorsal visual stream. *Pract Neurol* 2016; 16(3): 176–183, <https://doi.org/10.1136/practneurol-2015-001168>.
 34. De Vries S.M., Heutink J., Melis-Dankers B.J.M., Vrijling A.C.L., Cornelissen F.W., Tucha O. Screening of visual perceptual disorders following acquired brain injury: a Delphi study. *Appl Neuropsychol Adult* 2018; 25(3): 197–209, <https://doi.org/10.1080/23279095.2016.1275636>.
 35. Chiu E.-C., Wu W.-C., Chou C.-X., Yu M.-Y., Hung J.-W. Test-retest reliability and minimal detectable change of the test of visual perceptual skills-third edition in patients with stroke.

Arch Phys Med Rehabil 2016; 97(11): 1917–1923, <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.04.023>.

36. Величковский Б.М., Соловьев В.Д. Компьютеры, мозг, познание: успехи когнитивных наук. М: Наука; 2008. 293 с. Velichkovsky B.M., Solov'ev V.D. *Komp'yutery, mozg, poznanie: uspekhi kognitivnykh nauk* [Computers, brain, cognition: advances in cognitive sciences]. Moscow: Nauka; 2008. 293 p.

37. Morrison G.E., Simone C.M., Ng N.F., Hardy J.L. Reliability and validity of the NeuroCognitive Performance Test, a web-based neuropsychological assessment. *Front Psychol* 2015; 6: 1652, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01652>.

38. Hardy J.L., Nelson R.A., Thomason M.E., Sternberg D.A., Katovich K., Farzin F., Scanlon M. Enhancing cognitive abilities with comprehensive training: a large, online, randomized, active-controlled trial. *PLoS One* 2015; 10(9): e0134467, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134467>.

39. Jiang T. Brainnetome: a new-ome to understand the brain and its disorders. *Neuroimage* 2013, 80: 263–272, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.04.002>.

40. Feenstra H.E.M., Murre J.M.J., Vermeulen I.E., Kieffer J.M., Schagen S.B. Reliability and validity of a self-administered tool for online neuropsychological testing: the Amsterdam Cognition Scan. *J Clin Exp Neuropsychol* 2018 40(4): 253–273, <https://doi.org/10.1080/13803395.2017.1339017>.

41. Fliessbach K., Hoppe C., Schlegel U., Elger C.E., Helmstaedter C. NeuroCogFX — a computer-based neuropsychological assessment battery for the follow-up examination of neurological patients. *Fortschr Neurol Psychiatr* 2006; 74(11): 643–650, <https://doi.org/10.1055/s-2006-932162>.

42. Guimarães B., Ribeiro J., Cruz B., Ferreira A., Alves H., Cruz-Correia R., Madeira M.D., Ferreira M.A. Performance equivalency between computer-based and traditional pen-and-paper assessment: a case study in clinical anatomy. *Anat Sci Educ* 2018; 11(2): 124–136, <https://doi.org/10.1002/ase.1720>.

43. Segalowitz S.J., Mahaney P., Santesso D.L., MacGregor L., Dywan J., Willer B. Retest reliability in adolescents of a computerized neuropsychological battery used to assess recovery from concussion. *NeuroRehabilitation* 2007; 22(3): 243–251.

44. Tsotsos L.E., Roggeveen A.B., Sekuler A.B., Vrkljan B.H., Bennett P.J. The effects of practice in a useful field of view task on driving performance. *Journal of Vision* 2010; 10(7): 152–152, <https://doi.org/10.1167/10.7.152>.

45. Crabb D.P., Fitzke F.W., Hitchings R.A., Viswanathan A.C. A practical approach to measuring the visual field component of fitness to drive. *Br J Ophthalmol* 2004; 88(9): 1191–1196, <https://doi.org/10.1136/bjo.2003.035949>.

46. Edwards J.D., Vance D.E., Wadley V.G., Cissell G.M., Roenker D.L., Ball K.K. Reliability and validity of useful field of view test scores as administered by personal computer. *J Clin Exp Neuropsychol* 2005; 27(5): 529–543, <https://doi.org/10.1080/13803390490515432>.

47. Tombaugh T.N. *TOMM, Test of Memory Malingering*. North Tonawanda, NY: Multi-Health Systems; 1996.

48. Korkman M., Kirk U., Kemp S. *NEPSY. A developmental neuropsychological assessment*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation; 1998.

49. Hooper H.E. *Hooper Visual Organization Test (VOT)*

manual. Los Angeles, CA: Western Psychological Services; 1983.

50. Conners C.K. *Conners' Rating Scale manual*. North Tonawanda, NY: Multi-Health Systems; 1989.

51. Greenberg L.M., Kindschi C.L., Corman C.L. *TOVA test of variables of attention: clinical guide*. St. Paul, MN: TOVA Research Foundation; 1996.

52. Полевая С.А., Мансурова (Ячмонина) Ю.О., Ветюгов В.В., Федотчев А.И., Парин С.Б. Особенности когнитивных функций и их вегетативного обеспечения при нарушениях эндогенной опиоидной системы. В кн.: XX Международная научно-техническая конференция «Нейроинформатика–2018». М: НИЯУ МИФИ; 2018; 2: 162–170. Polevaya S.A., Mansurova (Yachmonina) Yu.O., Vetyugov V.V., Fedotchev A.I., Parin S.B. Osobennosti kognitivnykh funktsiy i ikh vegetativnogo obespecheniya pri narusheniyakh endogennoy opioidnoy sistemy. V kn.: *XX Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Neuroinformatika–2018"* [Specifics of cognitive functions and their vegetative provision in endogenous opioid system disorders. In: The XX International conference "Neuroinformatics–2018"]. Moscow: NIYaU MIFI; 2018; 2: 162–170.

53. Полевая С.А., Парин С.Б., Стромкова Е.Г. Психологическое картирование функциональных состояний человека. В кн.: Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы. Под ред. Барабанщикова В.А. М: Изд-во «Институт психологии РАН»; 2010; с. 534–538. Polevaya S.A., Parin S.B., Stromkova E.G. Psikhofizicheskoe kartirovanie funktsional'nykh sostoyaniy cheloveka. V kn.: *Eksperimental'naya psikhologiya v Rossii: traditsii i perspektivy* [Psychophysical mapping of human functional states. In: Experimental psychology in Russia: traditions and perspectives]. Pod red. Barabanshchikova V.A. [Barabanshchikov V.A. (editor)]. Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN"; 2010; p. 534–538.

54. Shatil E., Mikulecká J., Bellotti F., Bureš V. Novel television-based cognitive training improves working memory and executive function. *PLoS One* 2014; 9(7): e101472, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101472>.

55. Bray V.J., Dhillon H.M., Bell M.L., Kabourakis M., Fiero M.H., Yip D., Boyle F., Price M.A., Vardy J.L. Evaluation of a web-based cognitive rehabilitation program in cancer survivors reporting cognitive symptoms after chemotherapy. *J Clin Oncol* 2017; 35(2): 217–225, <https://doi.org/10.1200/jco.2016.67.8201>.

56. Behrmann M., Peterson M.A., Moscovitch M., Suzuki S. Independent representation of parts and the relations between them: evidence from integrative agnosia. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2006; 32(5): 1169–1184, <https://doi.org/10.1037/0096-1523.32.5.1169>.

57. Полевая С.А., Рунова Е.В., Некрасова М.М., Федотова И.В., Бахчина А.В., Ковальчук А.В., Шিশалов И.С., Парин С.Б. Телеметрические и информационные технологии в диагностике функционального состояния спортсменов. *Современные технологии в медицине* 2012; 4(4): 94–98. Polevaya S.A., Runova E.V., Nekrasova M.M., Fedotova I.V., Bakhchina A.V., Kovalchuk A.V., Shishalov I.S., Parin S.B. Telemetry and information technologies in diagnosis of sportsmen functional state. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2012; (4): 94–98.