

**РОССИЙСКОЕ
ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО**

**RUSSIAN
PSYCHOLOGICAL
SOCIETY**

**РОССИЙСКИЙ
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

ТОМ 16 № 2/1

**RUSSIAN
PSYCHOLOGICAL
JOURNAL**

Vol 16 # 2/1

Тематический выпуск

**Актуальные проблемы работы мозга:
психофизиологический и клинический аспекты**

Москва



2019



Российский психологический журнал

Учредитель – Российское психологическое общество

Главный редактор – д. пс. н. Зинченко Ю. П. (МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, РФ)

Заместитель главного редактора – д. биол. н. Ермаков П. Н. (ЮФУ, Ростов-на-Дону, РФ)

Редакционный совет

д. пс. н. Акопов Г. В. (СГСПУ, Самара, РФ)

д. пс. н. Асмолов А. Г. (МГУ, Москва, РФ)

д. биол. н. Бабенко В. В. (ЮФУ, Ростов-на-Дону, РФ)

д. биол. н. Безруких М. М. (ИВФ РАО, Москва, РФ)

д. пс. н. Боговяленская Д. Б. (ПИ РАО, Москва, РФ)

д. биол. н. Григорьев П. Е. (СевГУ, Севастополь, РФ)

д. пс. н. Донцов А. И. (МГУ, Москва, РФ)

д. пс. н. Карабущенко Н. Б. (РУДН, Москва, РФ)

д. пс. н. Караяни А. Г. (Военный университет, Москва, РФ)

д. пс. н. Лабунская В. А. (ЮФУ, Ростов-на-Дону, РФ)

д. пед. н. Малюфеев Н. Н. (ИКП РАО, Москва, РФ)

д. пс. н. Нечаев Н. Н. (МГППУ, Москва, РФ)

д. пед. н. Реан А. А. (НИУ ВШЭ, Москва, РФ)

д. пс. н. Рубцов В. В. (МГППУ, Москва, РФ)

д. пед. н. Скуратовская М. Л. (ДГТУ, Ростов-на-Дону, РФ)

д. пс. н. Тхостов А. Ш. (МГУ, Москва, РФ)

д. пс. н. Черноризов А. М. (МГУ, Москва, РФ)

Редакционная коллегия

д. пс. н. Александров Ю. И. (ВШЭ, Москва, РФ)

д. филол. н. Белянин В. П. (Университет Торонто, Канада)

д. пс. н. Берберян А. С. (РАУ, Ереван, Армения)

д. пс. н. Богомаз С. А. (ТГУ, Томск, РФ)

Ph. D. Bernard R. M. (Конкордия, Монреаль, Канада)

Ph. D. Бороховский Е. (Конкордия, Монреаль, Канада)

д. пс. н. Величковский Б. М. (ТУ, Дрезден, Германия)

д. пс. н. Воробьева Е. В. (ДГТУ, Ростов-на-Дону, РФ)

д. пс. н. Долгова В. И. (ЮУрГПУ, Челябинск, РФ)

Sc. D. Кроник А. А. (Институт каузометрии, Вашингтон, США)

д. пед. н. Манжелей И. В. (ТюмГУ, Тюмень, РФ)

д. пед. н. Масалимова А. Р. (КФУ, Казань, РФ)

д. пед. н. Повзун В. Д. (СурГУ, Сургут, РФ)

Ph. D. Sequeira H. (Lille 1 University, Лилль, Франция)

Dr. Стошич Л. (Висока школа академских студија "Доситеј",

Белград, Сербия)

д. пед. н. Хайруллина Э. Р. (КНИТУ, Казань, РФ)

д. пс. н. Хотинцев В. Ю. (УдГУ, Ижевск, РФ)

д. пс. н. Цветкова Л. А. (СПбГУ, Санкт-Петербург, РФ)

д. пед. н. Шайдуллина А. Р. (АГНИ, Альметьевск, РФ)

Ответственный секретарь – Алексеева Д. С.

Редактор английской части – Панасенко Е. С.

Выпускающий редактор – Буняева М. В.

Компьютерная верстка – Проненко Е. А.

Адрес редакции:

344006, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, д. 140, ком. 114
E-mail: rpj@bk.ru

Адрес издательства:

129366, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ярославская, д. 13
Тел./ факс (495) 283-55-30
E-mail: izd.kredo@gmail.com

Адрес учредителя:

125009, Российская Федерация, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, стр. 9
E-mail: ruspsysoc@gmail.com

Перепечатка материалов возможна
только по согласованию с Редакцией.

ISSN 1812–1853. Каталог Роспечати «Газеты, Журналы»

Подписной индекс 46723

© Российское психологическое общество, 2019

© ООО "КРЕДО", 2019

Веб-сайт: rpj.ru.com

**Russian Psychological Journal****Founder** – Russian Psychological Society**Editor in Chief** – Zinchenko Ju. P. (Lomonosov MSU, Moscow, Russia)**Deputy Editor in Chief** – Ermakov P. N. (SFU, Rostov-on-Don, Russia)**Editorial Council**

G. V. Akopov (SSUSSE, Samara, Russia)	V. A. Labunskaya (SFU, Rostov-on-Don, Russia)
A. G. Asmolov (Lomonosov MSU, Moscow, Russia)	N. N. Malophev (ICP RAE, Moscow, Russia)
V. V. Babenko (SFU, Rostov-on-Don, Russia)	N. N. Nechaev (MSUPE, Moscow, Russia)
M. M. Bezrukikh (IDP RAE, Moscow, Russia)	A. A. Rean (Higher School of Economics, Moscow, Russia)
D. B. Bogoyavlenskaya (PI RAE, Moscow, Russia)	V. V. Rubtsov (MSUPE, Moscow, Russia)
A. I. Dontsov (Lomonosov MSU, Moscow, Russia)	M. L. Skuratovskaya (DSTU, Rostov-on-Don, Russia)
P. E. Grigoriev (SEVSU, Sevastopol, Russia)	A. Sh. Tkhostov (Lomonosov MSU, Moscow, Russia)
N. B. Karabushchenko (RUDN University, Moscow, Russia)	A. M. Chernorizov (Lomonosov MSU, Moscow, Russia)
A. G. Karayani (Military University, Moscow, Russia)	

Editorial Board

Yu. I. Alexandrov (HSE, Moscow, Russia)	I. V. Manzhelie (TSU, Tyumen, Russia)
V. P. Belianin (University of Toronto, Toronto, Canada)	A. R. Masalimova (Kazan University, Kazan, Russia)
A. S. Berberian (RAU, Yerevan, Armenia)	V. D. Povzun (SurSU, Surgut, Russia)
S. A. Bogomaz (TSU, Tomsk, Russia)	H. Sequeira (Lille 1 University, Lille, France)
R. M. Bernard (Concordia University, Montreal, Canada)	E. R. Khairullina (KNRTU, Kazan, Russia)
E. Borokhovskii (Concordia University, Montreal, Canada)	V. Yu. Khotinets (UdSU, Izhevsk, Russia)
B. M. Velichkovsky (TU, Dresden, Germany)	L. Stosic (College "Dositej", Belgrad, Serbia)
E. V. Vorobyeva (DSTU, Rostov-on-Don, Russia)	L. A. Tsvetkova (SPSU, St. Petersburg, Russia)
V. I. Dolgova (SUSHPU, Chelyabinsk, Russia)	A. R. Shaidullina (ASOI, Almet'yevsk, Russia)
A. A. Kronik (Institute of Causometry, Washington D.C., USA)	

Executive Editor – D. S. Alekseeva**English Editor** – E. S. Panasenko**Managing Editor** – M. V. Bunyaeva**Page settings** – E. A. Pronenko**Editorial office:**

of. 114, b. 140, Pushkinskaya
Str., Rostov-on-Don, Russian
Federation, 344006
E-mail: editor@rj.ru.com

Publisher address:

b. 13, Yaroslavskaia Str.,
Moscow, Russian Federation,
129366
Tel./fax (495) 283–55–30
E-mail: izd.kredo@gmail.com

Founder address:

b. 11/9, Mokhovaya Str.,
Moscow, Russian Federation,
125009
E-mail: ruspsysoc@gmail.com

No part of this publication may be reproduced without the prior permission
of the copyright owner

ISSN 1812–1853. Subscription catalogue of Russian Press Agency «Newspapers, Journals»
Subscription code 46723

© Russian Psychological Society, 2019

© ООО "CREDO", 2019

Website: rj.ru.com



СОДЕРЖАНИЕ

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Кунникова К. И., Николаева Е. И.

Комплексная оценка траектории развития нейрокогнитивных навыков у недоношенных детей в лонгитуде. 5

Павлова П. А.

Электроэнцефалографический коррелят когнитивного дефицита у детей, перенесших перинатальный артериальный ишемический инсульт 22

Перфилова Е. В.

Сравнительный анализ нарушений функций III блока мозга у мужчин с различными видами наркотической зависимости. 33

Разумникова О. М., Кривоногова К. Д.

Электроэнцефалографические корреляты активности фронтопариетальной системы как предикторы вербального интеллекта и невербальной креативности 45

Сафразьян Ю. Р., Михайлова Н. П., Горкин А. Г., Александров Ю. И.

Динамика мозговой активности при адаптации к невозможности внешней реализации элемента индивидуального опыта 60

СВЕДЕНИЯ О ПОРЯДКЕ ПОДАЧИ ПУБЛИКАЦИЙ 76



УДК 159.922.72:612.821

doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.1

Комплексная оценка траектории развития нейрокогнитивных навыков у недоношенных детей в лонгитуде

Ксения И. Кунникова^{1*}, Елена И. Николаева²

¹ Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

² Российский государственный педагогический университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

* E-mail: kunnikova.ksenia@mail.ru

Аннотация

Введение. Целью исследования было выявление различий в уровне развития когнитивных и сенсомоторных функций у недоношенных и доношенных детей раннего возраста. Недоношенность является значимым фактором риска возникновения неврологических и психомоторных отклонений, а также нарушений когнитивного развития. Новизна работы заключается в проведении комплексного исследования с применением современных аппаратурных и поведенческих методов в рамках лонгитудного подхода.

Методы. Экспериментальную группу составили 42 недоношенных младенца (срок гестации $32,4 \pm 2,1$ недели), в контрольную группу вошли 60 детей, родившихся в срок, с типичным развитием и отсутствием заболеваний ЦНС в анамнезе. Проводилось лонгитудное исследование в следующих возрастах: 5, 10, 14 и 24 месяца. Для оценки навыков зрительного поиска и совместного внимания был использован айтрекер модели SMI RED500. Для оценки когнитивного развития, рецептивной и экспрессивной коммуникации, крупной и мелкой моторики применялись «Шкалы развития Н. Бейли, 3-е издание».

Результаты. Недоношенные испытуемые показали достоверно более низкие результаты по когнитивной и коммуникативным субшкалам Бейли в 5 и 10 месяцев, а также отставание в развитии моторики в 14 и 24 месяца в сравнении с контрольной группой. Кроме того, экспериментальной группой было продемонстрировано снижение устойчивости и скорости переключения зрительного внимания и более низкий результат по зрительному поиску простого несоциального стимула в возрасте 14-и месяцев. Не было выявлено значимых межгрупповых различий по восприятию социальных стимулов и развитию совместного внимания.

Обсуждение результатов. Делается вывод об избирательном влиянии недоношенности на становление нейрокогнитивных функций и частичном нивелировании этого влияния у детей к третьему году жизни.



Ключевые слова

когнитивное развитие, внимание, моторное развитие, коммуникативное развитие, визуальное восприятие, недоношенность, младенчество, раннее детство, Шкалы Бейли, айтрекинг

Основные положения

- ▶ у недоношенных детей наблюдается отставание в становлении когнитивных и речевых функций в период младенчества и задержка развития моторики на втором году жизни;
- ▶ в возрасте 14-и месяцев значительно снижаются темпы развития непроизвольного внимания у недоношенных детей относительно нормы;
- ▶ недоношенные и доношенные дети имеют равные способности к визуальному восприятию социальной информации;
- ▶ влияние недоношенности частично нивелируется ко второму и третьему годам внеутробного развития.

Для цитирования

Кунникова, К. И. и Николаева, Е. И. (2019). Комплексная оценка траектории развития нейрокогнитивных навыков у недоношенных детей в лонгитуде. *Российский психологический журнал*, 16(2/1), 5–21. doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.1

Материалы статьи получены 31.08.2019

Введение

Периоды младенчества и раннего детства характеризуются наибольшей интенсивностью развития организма наряду с его адаптацией к окружающей среде. У детей раннего возраста возникает ряд значимых новообразований в когнитивной и сенсомоторной сферах, включающих в себя основные компоненты мыслительных процессов, моторное функционирование, сенсорное восприятие, речь и социально-эмоциональные навыки (Баранов, Маслова и Намазова-Баранова, 2012). Вместе с тем темпы и особенности развития детей в данные онтогенетические периоды в наибольшей степени зависят от биологических факторов риска и воздействия внешней среды (Белоусова, Прусаков и Уткузова, 2009; Weijer-Bergsma, Wijnroks, & Jongmans, 2008). Одним из факторов риска, представляющих в настоящее время особый исследовательский интерес, является недоношенность (Сафина, Волянюк, Потапова и Фишелева, 2018).

На сегодняшний день наблюдается значительное увеличение количества детей, рожденных раньше срока, что связано с развитием технологий интенсивной терапии новорожденных и значительным ростом выживаемости



детей с низким и экстремально низким весом при рождении. По данным статистики, за последние годы в 184 странах показатели преждевременных родов варьируются от 5 до 18 % от общего числа новорожденных. Согласно официальным данным по России, выживаемость детей с массой тела меньше одного килограмма при рождении составляет около 85 % (Сафина и др., 2018). При этом данная категория пациентов является основной группой риска по возникновению неврологических и психомоторных отклонений, в том числе приводящих к инвалидизации (Сафина и др., 2018; Филькина, Долотова, Андреюк и Воробьева, 2010; Баркун, Лысенко, Журавлева, Косенкова и Бучкина, 2013; Долинина, Громова и Копылова, 2014). В российских и зарубежных клинических исследованиях недоношенность указывают в качестве одного из факторов формирования детского церебрального паралича (Намазова-Баранова и др., 2016), аутизма (Hofheimer, Sheinkopf, & Eyler, 2014; Elsabbagh et al., 2009) и синдрома дефицита внимания (Franz et al., 2018).

Однако даже при благоприятном состоянии соматического здоровья у младенцев легкой и средней степени недоношенности (срок гестации < 28 недель, масса тела при рождении < 1500 г) нередко наблюдается атипичное развитие в когнитивной и психомоторной сферах (Emberson, Boldin, Riccio, Guillet, & Aslin, 2017; Blencowe et al., 2012). Большой объем данных свидетельствует о различных нарушениях формирования когнитивных функций у недоношенных детей, включая повышенный риск дефицита памяти, внимания, скорости обработки информации и исполнительных функций (Emberson et al., 2017; Ross-Sheehy, Perone, Macek, & Eschman, 2017; Ionio et al., 2016; Oudgenoeg-Paz, Mulder, Jongmans, van der Ham, & Van der Stigchel, 2017; Yaari et al., 2018; Zmij, Witt, Weitkämper, Neumann, & Lücke, 2017; Williamson, & Jakobson, 2014). Также многими зарубежными исследователями было отмечено, что дети, рожденные раньше срока, в значительно большей степени подвержены риску двигательных нарушений, чем их нормативно развивающиеся сверстники (Oudgenoeg-Paz et al., 2017; Yaari et al., 2018; Geldof et al., 2016; Zuccarini et al., 2018; You, Shamsi, Hao, Cao, & Yang, 2019; Kaul et al., 2019; Peyton, Schreiber, & Msall, 2018).

Гораздо менее изученным остается вопрос об особенностях развития зрительных функций и восприятия визуальной информации у детей с недоношенностью. Между тем данный аспект представляется важным для изучения, т. к. очевидно, что темпы и особенности развития зрительного восприятия в младенческом возрасте имеют значительную связь с последующим нейрокогнитивным развитием ребенка.

Известно, что дети с первых месяцев жизни имеют общую тенденцию сосредотачиваться на лицах и стимулах, похожих на лица (Konishi Yukihiko et al., 2012; Beier & Spelke, 2012). Предпочтение социальных стимулов в младенческом



возрасте рассматривается исследователями в качестве индикатора дальнейшего развития социальных навыков, в частности, таких, как слежение за взглядом другого человека и совместное внимание (Imafuku et al., 2017). В свою очередь, уровень сформированности совместного внимания ко второму году жизни многими исследователями признается надежным предиктором речевого развития в младшем и старшем дошкольном возрасте (De Schuymer, Grootte, Desoete, & Roeyers, 2012; Frischen, Bayliss, & Tipper, 2007; Tomasello, Carpenter, & Lizkowski, 2007). Было обнаружено, что частота, с которой младенцы иницируют совместное внимание, связана с эффективностью усвоения речи, с глубиной обработки информации, а также с индивидуальными различиями в измерениях интеллекта и социальной компетентности (Van Hecke et al., 2007).

Сегодня в качестве основного метода для оценки визуального восприятия применяется методика регистрации и анализа движений глаз – айттрекинг (от англ. eye-tracking). Данный метод является одним из наиболее распространенных для изучения когнитивных процессов у младенцев, поскольку не требует вербального ответа испытуемых и имеет высокую надежность результатов повторного тестирования в этой возрастной группе (Navab, Gillespie-Lynch, Johnson, Sigman, & Hutman, 2012).

Примерно с 4-месячного возраста младенцы начинают проявлять корковый контроль при переключении внимания от одного визуального объекта к другому. Таким образом, особенности фиксации испытуемых на стимулах могут оказаться эффективным ранним индикатором нарушений внимания и связанных с атипичным развитием корковых структур головного мозга вследствие недоношенности (Atkinson & Braddick, 2012). Так, было показано, что дети, родившиеся преждевременно или с низким весом при рождении, подвержены повышенному риску нарушения восприятия и распознавания лиц (De Schuymer et al., 2012; Telford et al., 2016; Perez-Roche et al., 2017). В работе E. J. Telford et al. сообщалось, что доля времени, затраченного недоношенными детьми на рассматривание социального содержания стимулов, была достоверно меньше, чем у нормативной группы (Telford et al., 2016). Данные исследования L. De Schuymer et al. показывают, что недоношенные младенцы чаще и на более продолжительное время отводят взгляд при зрительном контакте с родителями, чем их доношенные ровесники (De Schuymer et al., 2012).

Однако несмотря на наличие многих исследований, посвященных отклонениям, связанным с преждевременным рождением, результаты по исходам нейрокогнитивного развития у таких детей неоднородны. В литературе описано, что раннее попадание во внешнюю среду может как нанести вред, так и стать преимуществом для развития нервной системы (Ionio et al., 2016; Peña, Arias, & Dehaene-Lambertz, 2014; Vandormael, Schoenhals, Hüppi, Filippa, & Tolsa, 2019).



Таким образом, представляется актуальным выявление особенностей когнитивного и социально-коммуникативного развития недоношенных детей в младенчестве и раннем возрасте, а ранняя оценка окулomotorной активности и различных компонентов зрительного внимания видится перспективной для прогнозирования темпов созревания психических функций при нормативном и отклоняющемся развитии ребенка.

Целью данной работы является изучение различий в уровне развития когнитивных и сенсомоторных функций у недоношенных и доношенных детей раннего возраста.

Новизна заключается в проведении комплексного исследования с применением современных аппаратных и поведенческих методов на российской выборке недоношенных и нормативно развивающихся младенцев и детей в рамках лонгитюдного подхода. Впервые была осуществлена апробация методики «Шкалы развития Н. Бейли, 3-е издание» на выборке русскоговорящих детей, а также проведено сравнение полученных результатов с ранее опубликованными данными зарубежных исследований по данной проблематике.

Методы

Характеристика выборки

Исследование проводилось на базе «Лаборатории мозга и нейрокогнитивного развития» Уральского федерального университета им. Б. Н. Ельцина.

В экспериментальную группу вошли 42 недоношенных младенца, из них 22 мальчика, средний гестационный возраст составил $32,4 \pm 2,1$ недели, средний вес при рождении – 1614 ± 406 г. Испытуемые рекрутировались из «Городского перинатального центра» г. Екатеринбурга.

Критерии включения в экспериментальную группу: недоношенность на сроке 28–36 недель, масса тела не менее 1,0 кг, отсутствие пороков развития головного мозга, сердца и других внутренних органов; отсутствие кровоизлияний или гипоксических очагов любой локализации и степени по результатам нейросонографии; отсутствие перинатальной гипербилирубинемии, отсутствие подтвержденного внутриутробного инфицирования.

Контрольную группу составили 60 младенцев, родившихся в срок, с типичным развитием и отсутствием наблюдения у детского невролога по поводу заболевания ЦНС в анамнезе (из них 40 мальчиков).

Родители всех испытуемых подписывали информированное согласие на проведение обследования и обработку персональных данных. Дизайн исследования был одобрен Локальным этическим комитетом Минздрава России (выписка из протокола № 1 от 20 февраля 2015 г.).

Было проведено лонгитюдное исследование в следующих возрастах: 5, 10, 14 и 24 месяца (± 2 недели в каждом возрастном срезе).



Испытуемые были уравнены по скорректированному возрасту (разность фактического возраста и количества недель недоношенности), т. к. согласно литературным данным, в значительном проценте случаев развитие недоношенных детей до двух лет соответствует нормативам развития не по биологическому, а по скорректированному возрасту (Лебедева, Неврюзина и Фролова, 2011; Harel-Gadassi et al., 2018).

Часть испытуемых была выведена из лонгитюда по желанию родителей или иным обстоятельствам. Критериями включения испытуемых в статистический анализ являлись наличие записи движений глаз в каждом возрастном срезе и достаточный для проведения обработки уровень качества данных. Итоговое количество испытуемых и возрастная характеристика групп представлены в таблице 1.

Таблица 1			
Возрастная характеристика групп, включенных в статистический анализ			
<u>Возрастная</u> <u>точка</u> <u>обсле-</u> <u>дования</u>	<u>Количество</u> <u>испытуемых</u>	<u>Средний</u> <u>хронологический</u> <u>возраст (мес), m ± SD</u>	<u>Средний</u> <u>скорректированный</u> <u>возраст (мес), m ± SD</u>
Контрольная группа			
5 месяцев	17 (m = 9)	5,89 ± 0,78	–
10 месяцев	29 (m = 16)	10,50 ± 0,22	–
14 месяцев	36 (m = 20)	14,89 ± 1,05	–
24 месяца	19 (m = 12)	24,68 ± 0,62	–
Экспериментальная группа			
5 месяцев	9 (m = 5)	6,23 ± 0,82	5,85 ± 0,77
10 месяцев	18 (m = 10)	11,92 ± 0,63	10,34 ± 0,52
14 месяцев	22 (m = 13)	15,20 ± 1,22	14,48 ± 0,93
24 месяца	11 (m = 6)	25,19 ± 1,23	24,68 ± 0,84

Примечание: m – количество мальчиков

Методика «Шкалы развития Н. Бейли»

Одной из наиболее широко используемых методик оценки раннего развития нейрокогнитивных функций у детей раннего возраста в настоящее время являются «Шкалы развития Н. Бейли» (Bayley Scales of Infant Development). Данная методика была разработана Нэнси Бейли в 1969 г. совместно с ее коллегами по университету в Беркли и предназначена для диагностики детей в возрасте от 1 до 42 месяцев (Bauley, 2006). В данной работе использовалось третье издание, переработанное и утвержденное в 2008 г., где произошло



разделение умственной субшкалы на три (когнитивная субшкала, экспрессивная и рецептивная коммуникация), а психомоторной – на две (крупная и мелкая моторика).

В каждой субшкале есть фиксированное число заданий и предметов, используемых для оценки того или иного навыка. Экспериментатор может самостоятельно выбирать порядок выполнения проб в зависимости от темперамента ребенка, его интереса к выполнению тех или иных заданий, а также от степени установленного контакта. Вариативность порядка выполнения проб позволяет получить адекватное представление о разных аспектах развития ребенка.

Метод регистрации движений глаз

В данной работе был использован айтрекер модели SMI RED500 – бесконтактная удаленно контролируемая инфракрасная камера, автоматически отслеживающая движение глаз. Во время эксперимента ребенок находился на коленях у одного из родителей или самостоятельно в автокресле. Расположение айтрекера регулировалось таким образом, чтобы середина монитора находилась на одной высоте с глазами ребенка и на расстоянии 60–70 см.

Стимульный материал был предоставлен исследовательской группой Центра мозга и когнитивного развития Лондонского университета, где были разработаны и апробированы процедуры эксперимента для развития младенцев в рамках Европейского проекта изучения факторов риска расстройств аутистического спектра (РАС) и синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ).

Стимульный материал включал в себя три блока:

1) 8 картинок с пятью различными объектами, один из которых – изображение лица человека – является социальным стимулом. Другие четыре объекта считаются дистракторами и представляют собой несоциальные стимулы: птица, автомобиль, телефон, зашумленное изображение лица. Аналогичные пробы использовались в работе E. J. Telford с соавторами (Telford et al., 2016);

2) 16 картинок с семью одинаковыми стимулами и одним отличающимся. Одинаковые (нерелевантные) стимулы – диагональный крест; отличающиеся (релевантные): в «простых» пробах – круг, в «сложных» пробах – вертикальный крест;

3) 6 видеороликов с тремя объектами: модель (женщина) и две игрушки. Модель сидит, опустив голову, затем поднимает голову и привлекает внимание ребенка, смотря прямо перед собой и поднимая брови, потом переводит взгляд на одну из игрушек, являющуюся в этом случае релевантным стимулом. Аналогичные пробы использовались в работе Senju & Csibra (2008).



Количество проб, выполненных каждым испытуемым, было подсчитано на основании определенных критериев. В первом блоке проба считалась выполненной, если первая фиксация взгляда ребенка была в области лица. Во втором блоке для выполнения пробы необходимо было найти отличающийся объект, т. е. оценивалось наличие фиксации в зоне релевантного стимула. При анализе третьего блока проба считалась пройденной, если ребенок переводил взгляд на релевантный стимул.

Статистическая обработка

Для оценки различий между группами испытуемых был применен критерий Манна – Уитни. Анализ проводился по следующим переменным:

1) «сырые» баллы по 5 субшкалам Bayley-III: когнитивная (CogRaw), рецептивная (RecRaw) и экспрессивная коммуникация (ExpRaw); крупная (GmRaw) и мелкая моторика (FmRaw);

2) 1 блок: количество валидных (VT) и выполненных проб (CompT), длительность фиксаций (мс) на изображениях лица (faceFD), зашумленного лица (noiseFD), птицы (birdFD), машины (carFD), телефона (phoneFD);

3) 2 блок: количество валидных проб (VT), выполненных «простых» (CompO) и «сложных» (CompPI), время реакции (мс) на дистракторы (DisRT), на круг (ORT) и на вертикальный крест (PIRT);

4) 3 блок: количество валидных проб (VT), количество проб с первым взглядом на релевантный (Rel) и нерелевантный (Unrl) стимулы, длительность фиксаций (мс) на релевантном (RelFD) и нерелевантном (UnrlFD) стимулах.

Расчеты проводились при помощи программы IBM SPSS Statistics 22 для Windows.

Результаты

Результаты статистического анализа для оценки различий в развитии нейрокогнитивных функций на выборке доношенных и недоношенных детей представлены в таблице 2.

Можно говорить о наличии межгрупповых различий на уровне тенденции в первой точке лонгитюда по двум субшкалам: когнитивное развитие, рецептивная коммуникация. В возрасте 5-ти месяцев неврологически здоровые младенцы получили более высокие баллы в сравнении с недоношенными как по когнитивной субшкале (29.12 ± 3.53 против 25.80 ± 2.16), так и по рецессивной коммуникации (9.71 ± 1.40 против 8.00 ± 0.70).

Во второй точке лонгитюда значимые различия были получены по трем субшкалам, в каждой из которых было продемонстрировано опережение у нормативных испытуемых в сравнении с недоношенными: когнитивное развитие (39.41 ± 4.06 против 36.40 ± 4.06), рецептивная коммуникация (13.71 ± 2.05 против 11.60 ± 1.89), крупная моторика (39.88 ± 3.30 против 35.33 ± 3.96).



Таблица 2

U-критерий по Шкалам Бейли

Точка лонгитюда	Среднее, уровень значимости (U-критерий)				
	CogRaw	RecRaw	ExpRaw	FmRaw	GmRaw
5 мес	18.5; 0.06*	10.5; 0.01**	26.0; 0.18	22.5; 0.11	26.5; 0.21
10 мес	160.5; 0.04**	119.5; 0.003**	176.5; 0.08*	190.5; 0.16	98.5; 0.001**
14 мес	276.0; 0.56	253.0; 0.31	237.0; 0.17	208.5; 0.06*	191.0; 0.03**
24 мес	39.0; 0,11	41.5; 0,15	45.0; 0,20	58.0; 0.62	32.0; 0.04**

Примечание: ** – значимые различия ($p < 0.05$), * – различия на уровне тенденции ($p < 0.1$)

В возрасте 14-ти месяцев испытуемые показали выраженные различия только в сфере моторного развития. По субшкале мелкой моторики здоровые испытуемые набрали больше баллов, чем дети с недоношенностью (33.56 ± 2.95 против 31.83 ± 2.72), аналогичные результаты были получены при оценке крупной моторики (49.14 ± 2.90 против 46.78 ± 4.32).

Наконец, в последней точке данного лонгитюда были выявлены различия только в крупной моторике: актуальный уровень сформированности моторных навыков у контрольной группы был достоверно выше по сравнению с экспериментальной (59.74 ± 4.01 против 56.42 ± 2.37).

Результаты анализа по выявлению межгрупповых различий в прохождении проб первого блока эксперимента с применением метода айтрекинга представлены в таблице 3.

Наблюдаются достоверные различия в количестве валидных проб у испытуемых в возрасте 14 месяцев: у нормативных детей было статистически больше валидных проб в первом блоке по сравнению с недоношенными (6.33 ± 1.51 против 5.50 ± 1.82).

Помимо этого, были обнаружены достоверные межгрупповые различия в длительности фиксации на изображениях птицы у испытуемых в возрасте 10 месяцев (690.97 ± 289.06 мс у доношенных младенцев, 281.85 ± 129.99 мс у недоношенных младенцев), а также в длительности фиксации на изображениях телефона у детей в возрасте 14 месяцев (630.46 ± 377.86 мс против 330.59 ± 149.58 мс, доношенные и недоношенные испытуемые соответственно).

Результаты оценки межгрупповых различий в выполнении проб второго блока для айтрекера представлены в таблице 4.



Таблица 3

U-критерий по первому блоку стимулов для айтрекера

Точка ЛОНГИ- ТЮДА	Среднее, уровень значимости (U-критерий)						
	VT	CompT	faceFD	noiseFD	birdFD	carDF	phoneFD
5 мес	39.0; 0.78	39.0; 0.78	37.0; 0.67	33.0; 0.45	37.5; 0.69	30.0; 0.33	32.0; 0.41
10 мес	248.5; 0.62	199.5; 0.13	245.0; 0.57	242.0; 0.53	126.0; 0.002**	215.0; 0.24	246.0; 0.58
14 мес	207.0; 0.04**	277.0; 0.48	306.0; 0.87	218.0; 0.07*	308.0; 0.90	260.0; 0.32	182.5; 0.014**
24 мес	68.0; 0.65	62.0; 0.45	60.0; 0.396	74.0; 0.91	69.0; 0.71	65.0; 0.56	56.0; 0.28

Примечание: обозначения как в таблице 2

Таблица 4

U-критерий по второму блоку стимулов для айтрекера

Точка ЛОНГИ- ТЮДА	Среднее, уровень значимости (U-критерий)					
	VT	CompO	CompPI	DisRT	ORT	PIRT
5 мес	26.5; 0,373	34.0; 0.84	31.0; 0.63	29.0; 0.51	25.0; 0.30	30.0; 0.76
10 мес	156.5; 0.19	213.5; 0.78	221.0; 0.92	183.0; 0.31	151.0; 0.38	91.0; 0.55
14 мес	245.5; 0.48	190.5; 0.057*	244.0; 0.45	157.0; 0.011**	202.0; 0.18	219.00; 0.90
24 мес	67.0; 0.81	58.0; 0.43	50.5; 0.22	72.0; 1.00	66.0; 0.91	27.00; 0.46

Примечание: обозначения как в таблице 2

Были получены статистически значимые различия по времени реакции на дистракторы у испытуемых в 14 месяцев (658.25 ± 118.37 мс против 772.61 ± 165.46 мс, нормативные и недоношенные дети соответственно). Время реакции



в данном случае – это период в миллисекундах от начала предъявления пробы или изменения стимула до конца саккады в сторону целевого объекта либо дистрактора. Мы видим, что нормативно развивающиеся дети в возрасте 14-и месяцев более оперативно реагировали на предъявление и переключение стимулов, чем преждевременно рожденные дети.

Были выявлены различия на уровне тенденции между группами в количестве выполненных «простых» проб в той же точке лонгитюда. Нормативные дети в большем проценте случаев находили отличающийся стимул в виде круга в сравнении с недоношенными (6.85 ± 1.26 против 4.43 ± 0.81).

Результаты статистического анализа для оценки различий в выполнении проб из третьего блока для айтрекера представлены в таблице 5.

Точка лонгитюда	Среднее, уровень значимости (U-критерий)				
	VT	Rel	Unrl	RelFD	UnrlFD
10 мес	45.0; 0.22	55.5; 0.65	60.0; 0.85	61.0; 0.907	61.0; 0.907
14 мес	137.5; 0,65	142.5; 0.84	119.5; 0.32	108.0; 0.19	75.0; 0.018**
24 мес	84.0; 0.13	92.5; 0.35	116.0; 0.97	101.0; 0.55	96.0; 0.42

По данному блоку были получены значимые межгрупповые различия в возрасте 14-и месяцев по длительности фиксаций на нерелевантном объекте, при этом дети из контрольной группы в течение большего времени фиксировали взгляд на неконгруэнтном стимуле, чем экспериментальная группа (1112.26 ± 429.01 мс против 750.83 ± 328.02 мс, доношенные и недоношенные дети соответственно).

Обсуждение результатов

Статистическая обработка данных, полученных при помощи «Шкал развития Н. Бейли», отчетливо показывает динамику развития различных нейроркогнитивных функций у недоношенных детей относительно нормативной выборки. В течение первого года постнатального периода онтогенеза у детей,



рожденных преждевременно, наблюдается отставание в умственном и социально-коммуникативном развитии, однако ко второму году жизни нивелируется разница в уровне формирования когнитивных и коммуникативных навыков с контрольной группой. Полученные данные согласуются с зарубежными исследованиями, где утверждается, что недоношенные дети имеют повышенный риск речевых нарушений, в частности, восприятия речи, что может быть связано с замедленным созреванием нейронных путей и морфофункциональной незрелостью отдельных структур коры головного мозга (Adams-Chapman, Bann, & Vaucher, 2013; Torras-Mañá, Guillamón-Valenzuela, Ramírez-Mallafre, Brun-Gasca, & Fornieles-Deu, 2014; Velikos et al., 2015).

Отсутствие значимых различий между группами по субшкалам крупной и мелкой моторики на первом году жизни и появление различий по данным параметрам в последующих двух возрастных срезах не находят однозначного литературного подтверждения, что предположительно обусловлено особенностями выборки и спецификой используемой методики.

Анализ зрительного поиска в данном исследовании проводился в контексте парадигмы «pop-out» (Gliga, Elsabbagh, Andravizou, & Johnson, 2009). Согласно данной исследовательской парадигме, время нахождения целевого стимула не зависит от числа отвлекающих объектов (дистракторов), т. к. он значительно отличается от дистракторов благодаря наличию уникальной перцептивной черты, такой как цвет, форма или расположение в пространстве. В этом случае обнаружение визуального стимула обусловлено механизмами произвольного внимания и обработкой информации первичными областями зрительной коры.

Различия в количестве валидных проб в первом блоке показывают, что дети из контрольной группы в возрасте 14-ти месяцев стабильнее удерживали внимание во время предъявления изображений, тогда как внимание у недоношенных испытуемых оказалось более истощаемым. Также можно видеть отсутствие достоверных различий по данному параметру в других возрастных срезах, что демонстрирует своего рода «провал» в развитии произвольного зрительного внимания у детей, рожденных преждевременно. Подобное явление предположительно может объясняться особенностями миелинизации нейронных путей во фронтальной зрительной области, контролирующей глазодвигательное поведение, у детей с данной перинатальной патологией (Atkinson, & Braddick, 2012). Выявленные нами особенности развития устойчивости внимания у недоношенных детей подтверждаются данными, полученными по второму тесту зрительного поиска для айтрекера.

В данной работе не было получено достоверных межгрупповых различий по восприятию стимулов, несущих социальный смысл. Нормативно развивающиеся и недоношенные дети продемонстрировали равные умения в поиске



лиц среди массива дистракторов и выполнении проб на слежение за взглядом. Как было сказано выше, способность к визуальному восприятию социальной информации в период младенчества играет важную роль в дальнейшем становлении коммуникативных и речевых навыков у ребенка.

Выводы

1. В 5 месяцев недоношенные младенцы продемонстрировали более низкий уровень развития когнитивных навыков и рецептивной коммуникации в сравнении со здоровыми младенцами.

2. В 10 месяцев недоношенные дети показали более низкий результат по субшкалам когнитивного развития, рецептивной и экспрессивной коммуникации, а также по крупной моторике.

3. В 14 месяцев недоношенными детьми были продемонстрированы более низкие показатели по уровню развития мелкой и крупной моторики, а также снижение устойчивости и скорости переключения зрительного внимания, более низкий результат по зрительному поиску простого несоциального стимула.

4. В 2 года дети с недоношенностью продемонстрировали более низкий уровень развития крупной моторики по сравнению с нормативно развивающимися детьми.

Таким образом, можно видеть, что влияние недоношенности на темпы формирования зрительного внимания, когнитивных и коммуникативных навыков по большей части нивелируется к третьему году жизни. Тем не менее, дети, рожденные преждевременно, требуют чрезвычайного внимания, а также проведения клинических и психопрофилактических мероприятий с первых дней их жизни, направленных на сохранение соматического и психоневрологического благополучия.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 16-18-10371.

Исследование проводилось в рамках Европейского проекта изучения детей с риском развития РАС и СДВГ (Studying Autism and ADHD Risk in Siblings), под руководством Centre for Brain and Cognitive Development (Birkbeck, University of London, UK).

Литература

Баранов, А. А., Маслова, О. И. и Намазова-Баранова, Л. С. (2012). Онтогенез нейрокогнитивного развития детей и подростков. *Вестник РАМН*, 8, 26–33.

Баркун, Г. К., Лысенко, И. М., Журавлева, Л. Н., Косенкова, Е. Г. и Бучкина, Т. И. (2013). Катамнез детей с очень низкой и экстремально низкой массой тела при рождении. *Вестник ВГМУ*, 12(2), 63–69.



- Белоусова, М. В., Прусаков, В. Ф. и Уткузова, М. А. (2009). Расстройства аутистического спектра в практике детского врача. *Практическая медицина*, 38, 36–40.
- Долинина, А. Ф., Громова, Л. Л. и Копылова, Е. Р. (2014). Исходы перинатальных повреждений центральной нервной системы гипоксического генеза у недоношенных детей. *Педиатрический вестник Южного Урала*, 1(2), 44–48.
- Лебедева, О. В., Неврюзина, Г. О. и Фролова, О. В. (2011). Особенности развития и состояние здоровья на первом году жизни глубоко недоношенных новорожденных. *Медицинские науки. Организация здравоохранения*, 4(2), 102–108.
- Намазова-Баранова, Л. С. и др. (2016). Особенности соматической патологии у детей с низкой, очень низкой и экстремально низкой массой тела при рождении в различные возрастные периоды жизни. *Бюллетень сибирской медицины*, 15(4), 140–149.
- Сафина, А. И., Волянюк, Е. В., Потапова, М. В. и Фишелева, Т. С. (2018). Состояние здоровья детей, родившихся недоношенными: по данным городского центра катамнеза г. Казани. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*, 63(5), 192–196. doi: 10.21508/1027-4065-2018-63-5-192-196
- Филькина, О. М., Долотова, Н. В., Андreyк, О. Г. и Воробьева, Е. А. (2010). Заболеваемость недоношенных детей, родившихся с очень низкой и экстремально низкой массой тела, к концу первого года жизни. *Вестник Ивановской медицинской академии*, 15(3), 49–53.
- Adams-Chapman, I., Bann, C. M., & Vaucher, Y. E. (2013). Association Between Feeding Difficulties and Language Delay in Preterm Infants Using Bayley III. *The Journal of Pediatrics*, 163(3), 680–685. doi: 10.1016/j.jpeds.2013.03.006
- Atkinson, J., & Braddick, O. (2012). Visual attention in the first years: typical development and developmental disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54, 589–595. doi: 10.1111/j.1469-8749.2012.04294
- Bayley, N. (2006). *Bayley scales of infant and toddler development* (3rd ed.). San Antonio, TX Harcourt Assessment Inc.
- Beier, J. S., & Spelke, E. S. (2012). Infants' Developing Understanding of Social Gaze. *Child Development*, 83(2), 486–496. doi: 10.1111/j.1467-8624.2011.01702.x
- Blencowe, H., Cousens, S., Oestergaard, M. Z., Chou, D., Moller, A.-B., Narwal, R., ... Lawn, J. E. (2012). National, regional and worldwide estimates of preterm birthrates in the year 2010 with time trends since 1990 for selected countries: a systematic analysis and implications. *The Lancet*, 379(9832), 2162–2172. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60820-4
- De Schuymer, L., Groote, D., Desoete, A., & Roeyers, H. (2012). Gaze aversion during social interaction in preterm infants: A function of attention skills? *Infant Behavior & Development*, 35, 129–139. doi: 10.1016/j.infbeh.2011.08.002



- Elsabbagh, M., Volein, A., Holmboe, K., Tucker, L., Csibra, G., Baron-Cohen, S., ... Johnson, M. H. (2009). Visual orienting in the early broader autism phenotype: disengagement and facilitation. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50(5), 637–642. doi: 10.1111/j.1469-7610.2008.02051.x
- Emberson, L. L., Boldin, A. M., Riccio, J. E., Guillet, R., & Aslin, R. N. (2017). Deficits in top-down sensory prediction in infants at risk due to premature birth. *Current Biology*, 27, 1–6. doi: 10.1016/j.cub.2016.12.028
- Franz, A. P., Bolat, G. U., Bolat, H., Matijasevich, A., Santos, I. S., Silveira, R. C., ... Moreira-Maia, C. R. (2018). Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder and Very Preterm / Very Low Birth Weight: A Meta-analysis. *Pediatrics*, 141(1), 1–18. doi: 10.1542/peds.2017-1645
- Frischen, A., Bayliss, A., & Tipper, S. (2007). Gaze cueing of attention. Visual attention, social cognition, and individual differences. *Psychological Bulletin*, 133, 694–724. doi: 10.1037/0033-2909.133.4.694
- Geldof, C., van Hus, J. W. P., Jeukens-Visser, M., Nollet, F., Kok, J. H., Oosterlaan, J., van Wassenaeer-Leemhuis, A. G. (2016). Deficits in vision and visual attention associated with motor performance of very preterm/very low birth weight children. *Research in Developmental Disabilities*, 53, 258–266. doi: 10.1016/j.ridd.2016.02.008
- Gliga, T., Elsabbagh, M., Andravizou, A., & Johnson, M. (2009). Faces Attract Infants' Attention in Complex Displays. *Infancy*, 14(5), 550–562. doi: 10.1080/15250000903144199
- Harel-Gadassi, A., Friedlander, E., Yaari, M., Bar-Oz, B., Eventov-Friedman, S., Mankuta, D., & Yirmiya, N. (2018). Developmental assessment of preterm infants: Chronological or corrected age? *Research in Developmental Disabilities*, 80, 35–43. doi: 10.1016/j.ridd.2018.06.002
- Hofheimer, J. A., Sheinkopf, S. J., & Eyler, L. T. (2014). Autism risk in very preterm infants – new answers, more questions. *The Journal of Pediatrics*, 164(1), 6–8. doi: 10.1016/j.jpeds.2013.09.054
- Imafuku, M., Kawai, M., Niwa, F., Shinya, Y., Inagawa, M., & Myowa-Yamakoshi, M. (2017). Preference for Dynamic Human Images and Gaze-Following Abilities in Preterm Infants at 6 and 12 Months of Age: An Eye-Tracking Study. *Infancy*, 22(2), 223–239. doi: 10.1111/infa.12144
- Ionio, C., Riboni, E., Confalonieri, E., Dallatomasina, C., Mascheroni, E., Bonanomi, A., ... Comi, G. (2016). Paths of cognitive and language development in healthy preterm infants. *Infant Behavior & Development*, 44, 199–207. doi: 10.1016/j.infbeh.2016.07.004
- Kaul, Y. F., Rosander, K., Grönqvist, H., Brodd, K. S., Hellström-Westas, L., & von Hofsten, C. (2019). Reaching skills of infants born very preterm predict neurodevelopment at 2.5 years. *Infant Behavior and Development*, 57, 101333. doi: 10.1016/j.infbeh.2019.101333



- Konishi, Yukihiko, Okubo, K., Kato, I., Ijichi S., Nishida, T., Kusaka, T., ... Konishi, Yukuo (2012). A developmental change of the visual behavior of the face recognition in the early infancy. *Brain & Development*, 34, 719–722. doi: 10.1016/j.braindev.2012.01.004
- Navab, A., Gillespie-Lynch, K., Johnson, S. P., Sigman, M., & Hutman, T. (2012). Eye-Tracking as a Measure of Responsiveness to Joint Attention in Infants at Risk for Autism. *Infancy*, 17(4), 416–431. doi: 10.1111/j.1532-7078.2011.00082.x
- Oudgenoeg-Paz, O., Mulder, H., Jongmans, M. J., van der Ham, I. J. M., & Van der Stigchel, S. (2017). The link between motor and cognitive development in children born preterm and/or with low birth weight: A review of current evidence. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 80, 382–393. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.06.009
- Peña, M., Arias, D., & Dehaene-Lambertz, G. (2014). Gaze Following Is Accelerated in Healthy Preterm Infants. *Psychological Science*, 25(10), 1884–1892. doi: 10.1177/0956797614544307
- Perez-Roche, T., Altemir, I., Giménez, G., Prieto, E., González, I., López Pisón, J., & Pueyo, V. (2017). Face recognition impairment in small for gestational age and preterm children. *Research in Developmental Disabilities*, 62, 166–173. doi: 10.1016/j.ridd.2017.01.016
- Peyton, C., Schreiber, M., & Msall, M. (2018). The Test of Infant Motor Performance at 3 months predicts language, cognitive, and motor outcomes in infants born preterm at 2 years of age. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 60(12), 1239–1243. doi: 10.1111/dmcn.13736
- Ross-Sheehy, S., Perone, S., Macek, K., & Eschman, B. (2017). Visual orienting and attention deficits in 5- and 10-month-old preterm infants. *Infant Behavior & Development*, 46, 80–90. doi: 10.1016/j.infbeh.2016.12.004
- Senju, A., & Csibra, G. (2008). Gaze Following in Human Infants Depends on Communicative Signals. *Current Biology*, 18, 668–671. doi: 10.1016/j.cub.2008.03.059
- Telford, E. J., Fletcher-Watson, S., Gillespie-Smith, K., Pataky, R., Sparrow, S., Murray, I. C., ... Boardman, J. P. (2016). Preterm birth is associated with atypical social orienting in infancy detected using eye tracking. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 57(3), 11–18. doi: 10.1111/jcpp.12546
- Tomasello, M., Carpenter, M., & Lizkowski, U. (2007). A new look at infant pointing. *Child Development*, 78(3), 705–722. doi: 10.1111/j.1467-8624.2007.01025.x
- Torras-Mañá, M., Guillamón-Valenzuela, M., Ramírez-Mallafre, A., Brun-Gasca, C., & Fornieles-Deu, A. (2014). Usefulness of the Bayley scales of infant and toddler development, third edition, in the early diagnosis of language disorder. *Psicothema*, 26(3), 349–356. doi: 10.7334/psicothema2014.29
- Van Hecke, A. V., Mundy, P. C., Acra, C. F., Block, J. J., Delgado, C. E. F., Parlade, M. V., ... Pomares, Y. B. (2007). Infant Joint Attention, Temperament, and Social



- Competence in Preschool Children. *Child Development*, 78(1), 53–69. doi: 10.1111/j.1467-8624.2007.00985.x
- Vandormael, C., Schoenhals, L., Hüppi, P. S., Filippa, M., & Tolsa, C. B. (2019). Language in preterm born children: atypical development and effects of early interventions on neuroplasticity. *Neural Plasticity*, Article ID 6873270. doi: 10.1155/2019/6873270
- Velikos, K., Soubasi, V., Michalettou, I., Sarafidis, K., Nakas, C., Papadopoulou, V., ... Drossou, V. (2015). Bayley-III scales at 12 months of corrected age in preterm infants: Patterns of developmental performance and correlations to environmental and biological influences. *Research in Developmental Disabilities*, 45, 110–119. doi: 10.1016/j.ridd.2015.07.014
- Weijer-Bergsma, E., Wijnroks, L., & Jongmans, M. J. (2008). Attention development in infants and preschool children born preterm: A review. *Infant Behavior & Development*, 31, 333–351. doi: 10.1016/j.infbeh.2007.12.003
- Williamson, K. E., & Jakobson, L. S. (2014). Social perception in children born at very low birthweight and its relationship with social/behavioral outcomes. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(9), 990–998. doi: 10.1111/jcpp.12210
- Yaari, M., Mankuta, D., Harel-Gadassi, A., Friedlander, E., Bar-Oz, B., Eventov-Friedman, S., ... Yirmiya, N. (2018). Early developmental trajectories of preterm infants. *Research in Developmental Disabilities*, 81, 12–23. doi: 10.1016/j.ridd.2017.10.018
- You, J., Shamsi, B. H., Hao, M.-C., Cao, C.-H., & Yang, W.-Y. (2019). A study on the neurodevelopment outcomes of late preterm infants. *Neurology*, 19(108), 1–6. doi: 10.1186/s12883-019-1336-0
- Zmij, N., Witt, S., Weitkämper, A., Neumann, H., & Lücke, T. (2017). Social cognition in children born preterm: a perspective on future research directions. *Frontiers in Psychology*, 8(455), 1–7. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00455
- Zuccarini, M., Guarini, A., Iverson, J. M., Benassi, E., Savini, S., Alessandrini, R., ... Sansavini, A. (2018). Does early object exploration support gesture and language development in extremely preterm infants and full-term infants? *Journal of Communication Disorders*, 76, 91–100. doi: 10.1016/j.jcomdis.2018.09.004



УДК 159.91:612.821

doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.2

Электроэнцефалографический коррелят когнитивного дефицита у детей, перенесших перинатальный артериальный ишемический инсульт

Полина А. Павлова

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация

E-mail: polinaalexapavlova@gmail.com

Аннотация

Введение. Обозначается актуальность выделения эффективного электроэнцефалографического диапазона, отражающего когнитивный дефицит у детей, перенесших перинатальный ишемический инсульт, для последующего поиска ранних маркеров возможных когнитивных нарушений в старшем возрасте. Новизна исследования заключается в попытке выделения нейрофизиологического коррелята когнитивного дефицита у детей с редкой патологией центральной нервной системы с использованием комплексного подхода, включающего поведенческий и аппаратный методы.

Методы. В разделе описывается особенности использования методов электроэнцефалографии и Бэйли-III для выделения нейрофизиологического коррелята когнитивного дефицита в младенческом и раннем детском возрастах.

Результаты. Раздел включает данные статистической обработки когнитивной субшкалы методики Бэйли-III и анализ нормализованной плотности спектральной мощности электроэнцефалографических диапазонов бета2 (17–30 Гц) и гамма (30–40 Гц) в проекции префронтальной коры. Диапазон бета2 показал наибольшее соотношения с показателями используемой субшкалы.

Обсуждение результатов. Рассматриваются причины выделения детей с перинатальным артериальным ишемическим инсультов в группу повышенного риска нарушений когнитивной сферы, которые могут прогрессировать с течением времени. В заключение делается вывод о возможности выделения диапазона бета2 как наиболее эффективного показателя в качестве нейрофизиологического коррелята когнитивного дефицита у детей, перенесших перинатальный артериальный ишемический инсульт.

Ключевые слова

младенческий возраст, детский возраст, перинатальный инсульт, ишемический инсульт, нейрофизиологические корреляты, когнитивный дефицит, электроэнцефалография, Бэйли-III, бета активность, гамма активность



Основные положения

- ▶ нейрофизиологические корреляты когнитивного дефицита у детей могут обладать некоторой специфичностью в зависимости от характера и срока поражения;
- ▶ данный коррелят может внести вклад в дальнейшую работу в поиске ранних маркеров когнитивных нарушений у детей, перенесших перинатальный артериальный ишемический инсульт, которые могут прогрессировать в старшем возрасте;
- ▶ электроэнцефалографический диапазон бета2 может быть рассмотрен как наиболее эффективный показатель, отражающий когнитивный дефицит у детей, перенесших перинатальный артериальный ишемический инсульт.

Для цитирования

Павлова, П. А. (2019). Электроэнцефалографический коррелят когнитивного дефицита у детей, перенесших перинатальный артериальный ишемический инсульт. *Российский психологический журнал*, 16(2/1), 22–32. doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.2

Материалы статьи получены 31.08.2019

Введение

Перинатальный артериальный ишемический инсульт (ПАИИ) – локальное нарушение мозгового кровообращения, возникающий вследствие тромбоза или эмболии в период между 20 неделями антенатального периода и 28 днем постнатальной жизни, с последующим образованием локального инфаркта мозговой ткани (Fluss, Dinomais & Chabrier, 2019).

Частота патологии по данным литературы варьирует от 1/1600 до 1/5000, предполагается, часть случаев ПАИИ остаются не диагностированы, в связи с особенностями клинических проявлений заболевания в неонатальном периоде (Нароган и др., 2019). Количество детей с данной патологией возрастает. Еще не так давно даже инсульт, произошедший на первом году жизни, считался редкостью (Львова, Кузнецов, Гусев и Вольхина, 2013).

Перинатальный инсульт выделяют в качестве одной из причин возможного формирования выраженных когнитивных нарушений у детей, которые могут прогрессировать с течением возраста (Ilves et al., 2016). Однако использование ранних маркеров для выявления группы повышенного риска, позволяющих обосновать дополнительную терапевтическую коррекцию, на данный момент являются предметом дискуссии.

Результаты метаанализа, посвященного выделению ранних маркеров когнитивных нарушений у младенцев, выявили, что характеристики фоновой активности электроэнцефалограммы (ЭЭГ) могут быть эффективны для данных целей, однако полученные данные были слишком разнородными (Kong et al., 2018).



Вероятно, вариабельность показателей обусловлена ограничением возможности выделения зон интереса, т. к. субстраты, вносящие вклад в работу когнитивных функций, как известно, имеют не только корковую локализацию (Filley, 2019). Также, возможно, оказывают влияние особенности исследуемых клинических групп и характер поражения головного мозга.

Для дальнейшей работы в данном направлении необходимо выделение возможного нейрофизиологического коррелята, способствующего обозначению эффективного ЭЭГ-диапазона, который будет отражать когнитивный дефицит у детей с ПАИИ.

Методы

Исследование проводилось на базе лаборатории мозга и нейрокогнитивного развития при департаменте психологии в Уральском Федеральном университете имени первого Президента России Б. Н. Ельцина.

В рамках исследования типа случай-контроль было сформировано две группы.

Критерии включения участников в группу контроля: типично развивающиеся дети, рожденные на сроке гестации 37–42 недели с антропометрическими показателями, соответствующими рамкам физиологической нормы, характеризующиеся отсутствием значимых неврологической и соматической патологий как при рождении, так и на протяжении всего исследовательского периода.

Критерии включения участников в экспериментальную группу: доношенные младенцы, с антропометрическими показателями при рождении, находящимися в рамках физиологической нормы, перенесшие ишемический инсульт (ИИ) в бассейне среднемозговой артерии в перинатальный период (инсульт был подтвержден методом магниторезонансной томографии головного мозга); отсутствие внутричерепных кровоизлияний и симметричных перивентрикулярных ишемических очагов. Данные участников, имеющих врожденную патологию сердца, явившуюся показанием для кардиохирургического вмешательства, а также участников, сформировавших симптоматическую эпилепсию, были исключены из анализа.

Все испытуемые проходили обследование через небольшие временные промежутки. Первый этап был осуществлен в 5 месяцев, далее исследовательская процедура повторялась в 10, 14 и 24 месяцев.

Данные возрастные точки были выбраны с учетом:

1. Периодизации восстановительных периодов инсульта (Клинические рекомендации..., 2013):

ранний восстановительный (до 6 месяцев после события): точка 5 месяцев;

поздний восстановительный период (до 2 лет после события): в связи с его продолжительностью было включено две точки – 10 и 14 месяцев;



24 месяца: является точкой, завершающей поздний восстановительный период и характеризующейся окончанием наиболее активных восстановительных процессов, что позволяет оценить исходы уже на данном этапе, ориентируясь на опыт других авторов в исследованиях ранней диагностики (Jaillardm et al., 2003; Pierrat et al., 2017).

2. «Критических» этапов нейрофизиологического развития типично развивающихся детей (Marshall, Bar-Haim, & Fox, 2002).

В исследовании приняли участие 68 детей, составивших группу контроля и 16 детей, составивших экспериментальную группу.

Исследовательская процедура включала следующие этапы для каждого участника:

1. Законными представителями участников исследования осуществлялась задача добровольного информированного согласия на участие в научно-исследовательском проекте.

2. Для создания наибольшей гомогенности изучаемых групп родителями был заполнен бланк, уточняющий социально-демографическое положение семьи.

3. Поведение методики «Шкалы развития Н. Бейли» (Бэйли-III).

4. Для регистрации биоэлектрической активности головного мозга испытуемых использовалась многоканальная (128 отведений) электроэнцефалографическая система экспертного класса GEODESIC EEG SYSTEM 300 (GES300) производства Electrical Geodesic. Регистрация сигнала производилась в диапазоне от 0.1 до 100 Гц, с частотой оцифровки сигнала 1000 Гц и выбором в качестве референта вертексного (Cz) электрода.

Методика «Шкалы развития Н. Бейли»

Для оценки когнитивной сферы детей контрольной и экспериментальной групп, были использованы сырые баллы когнитивной субшкалы методики Бейли-III. Данная методика является общепризнанным инструментом, оценивающим развитие детей в возрасте от 1 до 42 месяцев (Ballot et al., 2017).

Метод электроэнцефалографии

Регистрация ЭЭГ-данных была проведена в затемненном экранированном помещении, во время процедуры испытуемые находились в положении сидя на коленях родителя. С целью учета на этапе обработки ЭЭГ-данных поведения ребенка и родителя, а также контроля направления взгляда ребенка, осуществлялась видеорегистрация процесса, с последующей возможностью синхронизации с кривыми ЭЭГ.

Во время регистрации ЭЭГ участникам исследования предъявлялся спокойный, однотонный, повторяющийся видеоматериал, создающий нейтральную



визуальную среду, способствующую вовлечению испытуемых в процесс записи, что позволило значимо снизить процент моторных артефактов. Для демонстрации видео использовался монитор (1920x1080), расположенный на расстоянии около 60 см от глаз ребенка. В качестве звукового сопровождения использовалась спокойная, мелодичная музыка.

На первом этапе (возрастной срез 5 месяцев) исследования младенцев были использованы электродные системы Hydro Cell Geodesic Sensor Net с восстановлением данных по окулографическим электродам, подобранных в соответствии с размером головы ребенка. Запись данных в более позднем возрасте осуществлялась с применением систем, включающих окулографические электроды, располагаемые уже на лице ребенка. Данная техническая особенность способствует эффективной детекции глазодвигательных артефактов, а также артефактов моргания в детском возрасте.

Для первичной оценки качества сырых данных был проведен визуальный анализ, а также анализ значений сопротивления электродов. Последующая обработка производилась с использованием Net Station 5.4 EEG Software. Все записи ЭЭГ проходили процедуру фильтрации с применением высокочастотного (0.5 Гц) и низкочастотного (40 Гц) фильтров. Участки ЭЭГ, характеризующиеся визуальным вниманием испытуемых к стимульному материалу; отсутствием значимых эмоциональных реакциями ребенка и/или родителя, вербального взаимодействия и выраженной обсемененности артефактами были разделены на короткие сегменты продолжительностью 2 секунды. Далее осуществлялись автоматический и ручной анализы артефактов. Отведения, имеющие низкое качество сигнала, были интерполированы с применением встроенного программного алгоритма. Следующим шагом обработки стало изменение ЭЭГ сигнала относительно общего усредненного референта, за которым производилась коррекцией базовой линии.

Полученные фрагменты каждого испытуемого были подвергнуты быстрому преобразованию Фурье (FFT) с использованием окна Хеннинга (перекрытие смежных окон составило 50 %).

Спектральная плотность мощности была рассчитана для бета2 17–30 Гц (17.0898–30.0293 Гц) (El-Sayed, Larsson, Persson, & Rydelius, 2002) и гамма 30–40 Гц (30.0903–40.0391 Гц) (Elsabbagh et al., 2009) диапазонов в зоне интереса, выделенной, как проекция префронтальной коры, разделенная в соответствии с отношениями к левой (12, 18, 19, 20, 23, 24, 27) и правой (3, 4, 5, 10, 118, 123, 124) гемисферам (Koessler et al., 2009; Luu, & Ferree, 2000).

Электроды «периметра», расположенные вокруг выделенной зоны и электроды близкой к ним локализации, были исключены из анализа в связи с высокой обсемененностью мышечными артефактами у участников данной возрастной категории: 1, 2, 8, 9, 14, 15, 17, 21, 22, 25, 26, 32, 33, 122.



Полученные данные плотности спектральной мощности были подвергнуты нормализации, с использованием формулы ($10 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{мкВ}/\text{Гц})$).

В экспериментальной группе были выделены пораженная и интактная гемисферы, что позволяет отдельно рассматривать влияние факторов повреждения на каждое полушарие в отдельности, но вносит ограничение в учет влияния физиологической межполушарной асимметрии на изучаемые показатели.

Общее количество зарегистрированных ЭЭГ записей составило 158 (122 для контроля и 36 для экспериментальной группы).

Часть записей была исключена из анализа по следующим причинам:

Поведение испытуемого (умеренная/выраженная двигательная и/или эмоциональная активность) во время процедуры регистрации – 46 записей (29.11 %).

Технические причины (сбой в выполнении программного алгоритма, нарушение работы видеорегирующей аппаратуры, ошибки проведения экспериментальной процедуры) – 3 (1.9 %).

Появление несоответствия критериям включения за время исследовательского периода (все данные участника исключались из последующего анализа) – 12 (7.59 %).

В результате 97 (61.39 %) записей были использованы для анализа.

Общее количество записей ЭЭГ для контрольной группы, включенных в анализ, составило 70: данные 18 младенцев (11 мальчиков, 5.62 ± 0.3 месяцев) были зарегистрированы в 5 месяцев, 21 младенец (12 мальчиков, 10.71 ± 0.55 месяцев) в 10 месяцев, 18 детей (8 мальчиков, 14.51 ± 0.47 месяцев) в 14 месяцев, 13 детей (6 мальчиков, 25.46 ± 0.86 месяцев) в 24 месяца.

Общее количество записей ЭЭГ для экспериментальной группы, включенных в анализ, составило 27: данные 7 младенцев (6 мальчиков, 5.44 ± 0.65 месяцев) были зарегистрированы в 5 месяцев, 8 младенцев (8 мальчиков, 11.26 ± 0.75 месяцев) в 10 месяцев, 7 детей (6 мальчиков, 15.05 ± 0.44 месяцев) в 14 месяцев, 5 детей (4 мальчиков, 24.82 ± 0.24 месяцев) в 24 месяца.

Участники групп были сопоставлены по клиническим и антропометрическим данным при рождении, для исключения влияния фактора незрелости (табл. 1).



Таблица 1

Клинические и антропометрические характеристики испытуемых при рождении, ЭЭГ данные которых были включены в анализ

Параметры	Контрольная группа; n = 55	Экспериментальная группа; n = 12
Гестационный возраст, недели, ср (SD)	39.5 (± 1.08)	39.57 (± 0.49)
Вес, гр, ср (SD)	3332.56 (± 462.04)	3493 (± 368.5)
Рост, см, ср (SD)	51.55 (± 2.43)	52.7 (± 1.79)
Окружность головы, см, ср (SD)	34.09 (± 1.31)	34.36 (± 0.97)
Окружность груди, см, ср (SD)	33.38 (± 1.66)	35.81 (± 5.89)
Апгар на 1 минуте, ср (SD)	7 (± 1)	6 (± 1)
Апгар на 5 минуте, ср (SD)	8 (± 1)	7 (± 1)
Пол, N мальчиков (%)	29 (52.73 %)	10 (83.33 %)

Результаты

Статистическая обработка осуществлялась при помощи пакета компьютерных программ «Statistical Package for the Social Sciences 23.0».

Межгрупповой анализ данных методик Bayley-III и ЭЭГ был проведен с использованием непараметрический U-критерий Манна – Уитни, в связи с небольшими размерами выборок и разным количеством участников в них.

Сравнение сырых баллов когнитивной шкалы методики Бэйли-III выявил статистически значимые различия только в 5 ($p = 0.001$; $U = 12.5$) и в 24 ($p = 0.009$; $U = 5.5$) месяца.

Сравнение показателей нормализованной плотности спектральной мощности ЭЭГ в проекции префронтальной коры выявило статистически значимые различия в 5 месяцев в диапазоне бета2 ($p = 0.012$; $U = 22$) в пораженной гемисфере и в бета2 ($p = 0.014$; $U = 23$) в интактной гемисфере; 24 месяца: бета2 ($p = 0.013$; $U = 6$) пораженная гемисфере. В гамма-диапазоне не было выявлено статистически значимых различий.

Обсуждение результатов

Согласно принципу Кеннарда о восстановительных процессах головного мозга, вероятность функционального выздоровления тем выше, чем раньше произошло повреждение (Kolb, Mychasiuk, Williams, & Gibb, 2011). Существует ряд данных, вносящих уточняющий характер, которые свидетельствуют о том, что активно развивающийся мозг более чувствителен к влиянию процессов повреждения, которые способны изменить траекторию его развития (Bennet



et al., 2013; de Vries et al., 1998; Becher, Bell, Keeling, McIntosh, & Wyatt, 2004).

В частности, ИИ, произошедший в перинатальный период, потенциально имеет повышенный риск патологических последствий, по сравнению с инсультом в более позднем детском возрасте (Ganesan et al., 2000).

Спектр возможных осложнений ИИ достаточно широк (Cicccone, S., Cappella, M., & Borgna-Pignatti, C. (2011; Kirton, A., & deVeber, G. (2013; Ramaswamy, V., Miller, S. P., Barkovich, A. J., Partridge, J. C., & Ferriero, D. M. (2004; Basu, A. P. (2014; Chen et al., 2017). Сфера когнитивного развития является наиболее сложной в плане прогнозирования исходов у детей с данной патологией. При достаточно схожей локализации очагов ишемии, последствия ИИ могут носить противоположный характер (Hajek et al., 2013).

Относительно типично развивающихся детей, дети с расстройствами обучения или внимания часто демонстрируют более высокий уровень низкочастотной мощности и более низкие уровни высокочастотной мощности, соответственно (Brito, Fifer, Myers, Elliott, & Noble, 2016). В связи с чем были выбраны диапазоны бета2 и гамма, как одни из видов активности наиболее высокой частоты, выделяемые в изучении когнитивной сферы (Cannon et al., 2013; Schutte, Kenemans, & Schutter, 2017; Park, Kim, Sohn, Choi, & Kim, 2018; Perone, & Gartstein, 2019).

Проведенное исследование показало, что диапазон бета2 имеет наибольшее соотношение с показателями когнитивной субшкалы Бейли-III, демонстрирующей дефицит в 5 и в 24 месяцев у детей с ПАИИ, что предварительно позволяет выдвинуть его на роль эффективного ЭЭГ-диапазона, отражающего нарушения когнитивной сферы при данной патологии.

Литература

- Клинические рекомендации: Диагностика и тактика при инсульте в условиях общей врачебной практики, включая первичную и вторичную профилактику* (2013). Казань. Доступ 19 августа 2019, источник www.roszdravnadzor.ru/i/upload/images/2015/9/17/1442485136.0604-1-23992.doc
- Львова, О. А., Кузнецов, Н. Н., Гусев, В. В., Вольхина, С. А. (2013). Эпидемиология и этиология инсультов у детей грудного возраста. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*, Спецвыпуск 2, 50–55.
- Нароган, М. В., Быченко, В. Г., Ушакова, Л. В., Амирханова, Д. Ю., Рюмина, И. И., Артамкина, Е. И., ... Зубков, В. В. (2019). Перинатальный артериальный ишемический инсульт: частота, диагностика, варианты клинического течения, ранние исходы. *Педиатрия*, 98(2), 35–42. doi: 10.24110/0031-403X-2019-98-2-35-42
- Ballot, D. E., Ramdin, T., Rakotsoane, D., Agaba, F., Davies, V. A., Chirwa, T., & Cooper, P. A. (2017). Use of the Bayley Scales of Infant and Toddler Development,



- Third Edition, to Assess Developmental Outcome in Infants and Young Children in an Urban Setting in South Africa. *International Scholarly Research Notices*, Article ID 1631760. doi: 10.1155/2017/1631760
- Basu, A. P. (2014). Early intervention after perinatal stroke: opportunities and challenges. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 56(6), 516–521. doi: 10.1111/dmcn.12407
- Becher, J. C., Bell, J. E., Keeling, J. W., McIntosh, N., & Wyatt, B. (2004). The Scottish perinatal neuropathology study: Clinicopathological correlation in early neonatal deaths. *Archives of Disease in Childhood – Fetal and Neonatal Edition*, 89, F399–407. doi: 10.1136/adc.2003.037606
- Bennet, L., Van Den Heuij, L., M Dean, J., Drury, P., Wassink, G., & Jan Gunn, A. (2013). Neural plasticity and the Kennard principle: does it work for the pre-term brain? *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 40(11), 774–784. doi: 10.1111/1440-1681.12135
- Brito, N. H., Fifer, W. P., Myers, M. M., Elliott, A. J., & Noble, K. G. (2016). Associations among family socioeconomic status, EEG power at birth, and cognitive skills during infancy. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 19, 144–151. doi: 10.1016/j.dcn.2016.03.004
- Cannon, J., McCarthy, M. M., Lee, S., Lee, J., Börgers, C., Whittington, M. A., & Kopell, N. (2013). Neurosystems: brain rhythms and cognitive processing. *European Journal of Neuroscience*, 39(5), 705–719. doi: 10.1111/ejn.12453
- Chen, C.-Y., Georgieff, M., Elison, J., Chen, M., Stinear, J., Mueller, B., & Gillick, B. (2017). Understanding Brain Reorganization in Infants With Perinatal Stroke Through Neuroexcitability and Neuroimaging. *Pediatric Physical Therapy*, 29(2), 173–178. doi: 10.1097/pep.0000000000000365
- Ciccone, S., Cappella, M., & Borgna-Pignatti, C. (2011). Ischemic Stroke in Infants and Children: Practical Management in Emergency. *Stroke Research and Treatment*, Article ID 736965. doi: 10.4061/2011/736965
- de Vries, L. S., Eken, P., Groenendaal, F., Rademaker, K. J., Hoogervorst, B., & Bruinse, H. W. (1998). Antenatal onset of haemorrhagic and/or ischaemic lesions in preterm infants: Prevalence and associated obstetric variables. *Archives of Disease in Childhood – Fetal and Neonatal Edition*, 78(1). doi: 10.1136/fn.78.1.F51
- Elsabbagh, M., Volein, A., Csibra, G., Holmboe, K., Garwood, H., Tucker, L., ... Johnson, M. H. (2009). Neural Correlates of Eye Gaze Processing in the Infant Broader Autism Phenotype. *Biological Psychiatry*, 65(1), 31–38. doi: 10.1016/j.biopsych.2008.09.034
- El-Sayed, E., Larsson, J. O., Persson, H. E., & Rydelius, P. A. (2002). Altered cortical activity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder during attentional load task. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 41(7), 811–819. doi: 10.1097/00004583-200207000-00013



- Filley, C. M. (2019). History of Subcortical Cognitive Impairment. *A History of Neuropsychology*, 44, 108–117. doi: 10.1159/000494958
- Fluss, J., Dinomais, M., & Chabrier, S. (2019). Perinatal stroke syndromes: similarities and diversities in aetiology, outcome and management. *European Journal of Paediatric Neurology*, 23(3), 368–383. doi: 10.1016/j.ejpn.2019.02.013
- Ganesan, V., Hogan, A., Shack, N., Gordon, A., Isaacs, E., & Kirkham, F. J. (2000). Outcome after ischaemic stroke in childhood. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(7), 455–461. doi: 10.1017/s0012162200000852
- Hajek, C. A., Yeates, K. O., Anderson, V., Mackay, M., Greenham, M., Gomes, A., & Lo, W. (2013). Cognitive Outcomes Following Arterial Ischemic Stroke in Infants and Children. *Journal of Child Neurology*, 29(7), 887–894. doi: 10.1177/0883073813491828
- Ilves, N., Ilves, P., Laugesaar, R., Juurmaa, J., Männamaa, M., Lõo, S., & Talvik, T. Resting-State Functional Connectivity and Cognitive Impairment in Children with Perinatal Stroke. *Neural Plasticity*, 2016, 1–11. doi: 10.1155/2016/2306406
- Jaillard, S. M., Pierrat, V., Dubois, A., Truffert, P., Lequien, P., Wurtz, A. J., & Storme, L. (2003). Outcome at 2 years of infants with congenital diaphragmatic hernia: a population-based study. *The Annals of Thoracic Surgery*, 75(1), 250–256. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04278-9
- Kirton, A., & deVeber, G. (2013). Life After Perinatal Stroke. *Stroke*, 44(11), 3265–3271. doi: 10.1161/strokeaha.113.000739
- Koessler, L., Maillard, L., Benhadid, A., Vignal, J. P., Felblinger, J., Vespignani, H., & Braun, M. (2009). Automated cortical projection of EEG sensors: Anatomical correlation via the international 10–10 system. *NeuroImage*, 46(1), 64–72. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.02.006
- Kolb, B., Mychasiuk, R., Williams, P., & Gibb, R. (2011). Brain plasticity and recovery from early cortical injury. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(s4), 4–8. doi: 10.1111/j.1469-8749.2011.04054.x
- Kong, A. H. T., Lai, M. M., Finnigan, S., Ware, R. S., Boyd, R. N., & Colditz, P. B. (2018). Background EEG features and prediction of cognitive outcomes in very preterm infants: A systematic review. *Early Human Development*, 127, 74–84. doi:10.1016/j.earlhumdev.2018.09.015
- Luu, P., & Ferree, T. (2000). Determination of the HydroCel Geodesic Sensor Nets' Average Electrode Positions and Their 10–10 International Equivalents. *Technical Note*, 1–5.
- Marshall, P. J., Bar-Haim, Y., & Fox, N. A. (2002). Development of the EEG from 5 months to 4 years of age. *Clinical Neurophysiology*, 113(8), 1199–1208. doi: 10.1016/s1388-2457(02)00163-3
- Park, J., Kim, H., Sohn, J.-W., Choi, J., & Kim, S.-P. (2018). EEG Beta Oscillations in the Temporoparietal Area Related to the Accuracy in Estimating Others' Preference. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12. doi: 10.3389/fnhum.2018.00043



- Perone, S., & Gartstein, M. A. (2019). Mapping cortical rhythms to infant behavioral tendencies via baseline EEG and parent-report. *Developmental Psychobiology*, 61(6), 815–823. doi: 10.1002/dev.21867
- Pierrat, V., Marchand-Martin, L., Arnaud, C., Kaminski, M., Resche-Rigon, M., & Lebeaux, C. (2017). Neurodevelopmental outcome at 2 years for preterm children born at 22 to 34 weeks' gestation in France in 2011: EPIPAGE-2 cohort study. *BMJ*, 358, j3448. doi: 10.1136/bmj.j3448
- Ramaswamy, V., Miller, S. P., Barkovich, A. J., Partridge, J. C., & Ferriero, D. M. (2004). Perinatal stroke in term infants with neonatal encephalopathy. *Neurology*, 62(11), 2088–2091. doi: 10.1212/01.wnl.0000129909.77753.c4
- Schutte, I., Kenemans, J. L., & Schutter, D. J. L. G. (2017). Resting-state theta/beta EEG ratio is associated with reward- and punishment-related reversal learning. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 17(4), 754–763. doi: 10.3758/s13415-017-0510-3



УДК 159.95

doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.3

Сравнительный анализ нарушений функций III блока мозга у мужчин с различными видами наркотической зависимости

Евгения В. Перфилова^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова», г. Абакан, Республика Хакасия, Российская Федерация

² ГБУЗ РХ «Республиканский клинический наркологический диспансер», г. Абакан, Республика Хакасия, Российская Федерация

E-mail: evqeshaperfilova@mail.ru

Аннотация

Введение. Наркомания продолжает оставаться глобальной мировой проблемой современного общества. Дефицит нейропсихологических данных об особенностях высших психических функций у мужчин с различными видами наркотической зависимости, а также социальная значимость проблемы указывает на необходимость ее всестороннего решения. В статье приводятся сравнительные данные исследования состояния функций третьего блока мозга у здоровых и наркозависимых мужчин.

Методы. Были использованы методы нейропсихологической диагностики А. Р. Лурия (модифицированные Т. В. Ахутиной), статистической обработки данных (описательные статистики, однофакторный дисперсионный анализ SPSS for Windows).

Результаты. В ходе исследования функций программирования и контроля, функции серийной организации движений и речи определены статистически значимые различия в показателях здоровых и больных мужчин. Достоверных различий между группами наркопотребителей не обнаружено.

Обсуждение результатов. В результате проведенного исследования пришли к выводу, что функции третьего блока ухудшаются под воздействием опиоидов и каннабиноидов. Изменения более всего касаются способности усваивать программу и автоматизировать двигательный навык, подчинять свои действия речевой инструкции и переключаться с учетом ее изменений. Значимых различий в выявленных нарушениях у испытуемых с различными видами наркотической зависимости не зафиксировано. Однако анализ индивидуальных особенностей выполнения показал, что зависимые от опиоидов, как и зависимые с сочетанным употреблением наркотиков, чаще совершают ошибки при выполнении экспериментальных заданий, чем больные с зависимостью от каннабиноидов. А характер допускаемых ошибок у испытуемых этих групп более грубый и более устойчивый. В научной литературе имеются данные как согласующиеся с нашими выводами,



так и противоречащие им. Для уточнения этих вопросов необходимы дальнейшие исследования.

Ключевые слова

нейропсихологический анализ, психические функции, блок мозга, наркомания, опиоиды, каннабиноиды, зависимость

Основные положения

- ▶ под воздействием наркотиков (опиоидов и каннабиноидов) происходит явное ухудшение функций третьего блока мозга;
- ▶ более всего нарушается способность усваивать программу и автоматизировать двигательный навык;
- ▶ разрушающее действие наркотиков сказывается и на умении подчинять свои действия речевой инструкции, переключаться с учетом ее изменений.

Для цитирования

Перфилова, Е. В. (2019). Сравнительный анализ нарушений функций III блока мозга у мужчин с различными видами наркотической зависимости. *Российский психологический журнал*, 16(2/1), 33–44. doi:10.21702/rpj.2019.2.1.3

Материалы статьи получены 25.08.2019

Введение

Как известно, наркотики оказывают влияние на различные системы и структуры мозга, что непосредственно вызывает патологическую зависимость (Анохина, Клименко, Габрильянц и Львова, 2018; Иванец, Пылаева и Шатенштейн, 2011; Агibalова и Поплевченков, 2012; Анцыборов и Морыхин, 2017; Илюк и др., 2017; Клименко, Козлова, Истомина и Беспалова, 2013; Литвинцев, 2015; Поплевченков и Агibalова, 2017; Скрыль, 2013; Чернобровкина, 2015; Чижова, Мишкина, Пилявская и др., 2013; Чухрова, 2013; Aguado et al., 2007; Kalwa & Habrat, 2015; Castaneto et al., 2014; Murray, Farrington & Sekol, 2012). А токсические примеси, содержащиеся в наркотиках, усиливают разрушающее действие вещества на центральную нервную систему.

В научной литературе имеются работы, посвященные изучению нейропсихологических особенностей наркозависимых. Среди выявленных и описанных нарушений психических функций, особое место занимают синдромы при поражении передних отделов (III блока) головного мозга у наркологических больных. Есть мнение, что снижение или искажение регуляторных функций являются облигатным проявлением любой формы зависимости (Шувалова и Цветков 2016).



Употребление каннабиса приводит к нарушению способности комбинирования и сопоставления информации, отсутствию стремления интерпретировать мнения и мотивы поведения других, эмоциональной опустошенности (Lundqvist, 2005). Нарушается «внутренний план» деятельности, ослабевают социальные мотивы, исчезает интерес к долгосрочному планированию, программированию поведения. Снижаются самокритика и контроль деятельности.

При героиновой зависимости выявляются нарушения функций медиобазальных отделов лобной области в сочетании с дисфункцией диэнцефально-лимбических структур и дисфункции конвекситальных отделов лобной коры головного мозга (Баулина, 2002). Наличие стойких нарушений нейропсихологических факторов, локализующихся в конвекситальной префронтальной коре, не зависит от стадии абстинентного синдрома и действия, применяемых в ходе терапии лекарственных препаратов (Ковшова и Просветова, 2015).

Одновременное или последовательное сочетание психоактивных веществ увеличивает риск негативных последствий на организм (Ялтонский, Сирота и Ялтонская, 2017). Для пациентов с сочетанной зависимостью от героина и алкоголя характерны более выраженные нарушения зрительной памяти и способности к обучению, более низкий уровень переключения реакций и когнитивной гибкости, меньшая эффективность решения проблем по сравнению с больными изолированной героиновой зависимостью (Бушара и др., 2009). Мягкое, но долговременное снижение исполнительных характеристик интеллекта и памяти свойственно лицам, употребляющим «экстази» в абстиненции от каннабиса (Klugman & Gruzelier, 2003).

Имеющиеся данные представляют интерес для детального нейропсихологического исследования.

Как известно, III функциональный блок мозга обеспечивает организацию активной, сознательной, целенаправленной деятельности и связан с обеспечением функций серийной организации движений и речи (А. Р. Лурия).

В нашем предварительном исследовании принимали участие 108 мужчин (4 группы) в возрасте средней зрелости, согласно периодизации Д. Бромлей, состоящие на диспансерном учете в наркологическом диспансере. В первую группу входили больные с зависимостью от опиоидов (по МКБ-10 рубрика F11.2), во вторую – с зависимостью от каннабиноидов (F12.2), в третью – больные с сочетанным употреблением опиоидов и каннабиноидов (F19.2). Четвертую группу составляли мужчины, не имеющие наркологических расстройств. Из исследования исключались больные с эпилепсией, шизофренией, выраженной неврологической симптоматикой, с тяжелой соматической патологией, черепно-мозговыми травмами в анамнезе.



Методы

С целью изучения особенностей работы III блока мозга у мужчин с различными видами наркотической зависимости были использованы методы нейропсихологической диагностики, разработанные А. Р. Лурия и модифицированные Т. В. Ахутиной. Для исследования особенностей функций программирования и контроля применялись пробы на реакцию выбора, пробы на выполнение ритмического рисунка по инструкции, пересказ текста и проба на исключение лишнего понятия. Для исследования функций серийной организации движений и речи использовались пробы на динамический праксис, на реципрокную и графомоторную координацию, пересказ текста (критерий грамматического оформления). При статистической обработке данных применялись описательные статистики, однофакторный дисперсионный анализ (на основе пакета программ SPSS for Windows).

Результаты

Исследование функции программирования и контроля выявили достоверные различия в показателях здоровых и больных мужчин (см. табл. 1). Результаты выполнения пробы на исключение лишнего понятия показали, что у здоровых испытуемых уровень сформированности вербально-логических операций классификации и обобщения достоверно выше, чем у испытуемых с зависимостью ($p < 0.000$). Среди наркозависимых значимых различий по группам не выявлено. Однако замечено, что пациенты с каннабиноидной зависимостью справляются с заданиями успешнее испытуемых из 1, 3 групп. Показатели пробы на реакцию выбора позволяют заключить, что здоровые мужчины ($p < 0.000$) обладают лучшей возможностью подчинять свои действия речевой инструкции, регулировать их, оттормаживая непосредственные реакции, противоречащие инструкции.

Исследование способности серийной организации движений и речи у здоровых мужчин и мужчин с различными видами зависимости показало, что при употреблении психоактивных веществ эта способность заметно ухудшается.

Здоровые успешнее усваивают (см. табл. 2) двигательные программы ведущей рукой в пробе на динамический праксис ($p < 0.000$). Средние показатели способности к автоматизации двигательного навыка у здоровых мужчин значимо выше ($p < 0.000$). Больные достоверно хуже выполняют серии движений ведущей рукой ($p < 0.000$) и чаще обнаруживают неловкость при выполнении пробы ($p < 0.000$).



Таблица 1

Различия в показателях функции программирования и контроля (в баллах)

Показатели функции	ANOVA		1*	2	3	4
	F	p	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение
Правильность исключения лишнего понятия	6,32	0,001	2,9	3,1	2,9	3,9
Правильность объяснения лишнего понятия	10,6	0,000	2,5	2,8	2,2	3,8
Продуктивность реакции выбора	10,4	0,000	2,69	2,39	2,5	3,82
Наличие уподобления в пробе на реакцию выбора	5,05	0,001	0,5	0,5	0,6	0,12
Пересказ текста (смысловая адекватность)	15,8	0,000	1,4	1,7	1,1	2,6
Пересказ текста (возможности построения)	17,4	0,000	1,29	1,5	1,2	2,48

Примечание: здесь и далее 1 – группа с зависимостью от опиоидов, 2 – с зависимостью от каннабиноидов, 3 – с сочетанным употреблением опиоидов и каннабиноидов; 4 – группа здоровых*



Таблица 2

Различия в показателях функции серийной организации движений и речи (в баллах)

Показатели серийной организации	ANOVA		1	2	3	4
	F	p	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение
Динамический праксис (усвоение навыка)	3.7	0.13	2,81	2,86	2,47	3,38
Динамический праксис (автоматизированность навыка)	31.5	0.000	1,78	1,79	1,47	3,65
Динамический праксис (серийная организация)	12	0.000	2,1	2,2	1,93	3,47
Динамический праксис (наличие неловкости)	19.1	0.000	0,19	0,14	0,27	0,00
Реципрокная координация (продуктивность)	21.2	0.000	2,59	2,25	1,33	3,85
Реципрокная координация (межполушарное взаимодействие)	2.13	0.000	0,66	0,68	0,93	0,06
Проба на графомоторную координацию (серийная организация)	8.32	0.000	2,44	2,5	2,13	3,85
Пересказ текста (грамматическое оформление)	18.62	0.000	1,75	1,92	2,06	2,78

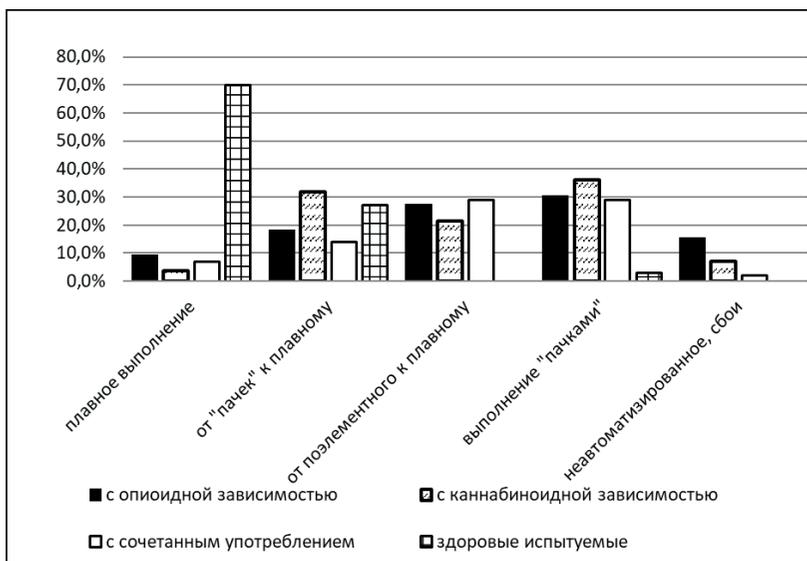


Рисунок 1. Распределение испытуемых в зависимости от успешности выполнения динамического праксиса

Качественный анализ выполнения проб здоровыми показал, что им свойственно (см. рис. 1) плавное выполнение двигательной программы (70%). Тогда как наркозависимые чаще выполняют пробу на динамический праксис «пачками». Следует заметить, что испытуемые с каннабиноидной зависимостью (32%) больше способны от замедленного выполнения или выполнения «пачками» переходить к правильным плавным движениям, чем зависимые от опиоидов (18%), от сочетанного употребления (14%). Зависимые от опиоидов (15%) чаще других потребителей (7% – 2 группа, 2% – 3 группа) допускают грубые ошибки в данной пробе (сбой при увеличении темпа или поэлементное выполнение).

Следует обратить внимание на достоверность различий в показателях пробы на реципрокную координацию ($p < 0.000$). Продуктивность ее выполнения выше у здоровых испытуемых (см. табл. 2). Это указывает не только на трудности серийной организации движений у наркозависимых, но и на снижение возможности межполушарного взаимодействия.

Достоверные различия в показателях выполнения пробы на графомоторную координацию здоровых и наркопотребителей также позволяют судить о значительном снижении функции серийной организации у мужчин с опиоидной ($p < 0.001$), каннабиноидной ($p < 0.008$) и сочетанной ($p < 0.002$)



зависимостями (см. табл. 2). Здоровые имеют более высокий показатель правильности выполнения пробы (26 %) и меньше ошибаются (см. рис. 2). Больные с опиоидной наркоманией часто допускают ошибки по типу «площадок» (49 %) наряду с ошибками уподобления элементов и замены вертикальных линий пологими (30 %). Потребители каннабиноидов больше других склонны к остановкам по ходу выполнения пробы (23 %). Для потребителей с сочетанным употреблением свойственны наиболее грубые ошибки в рисунке – ошибки по типу расширения программы (20 %).

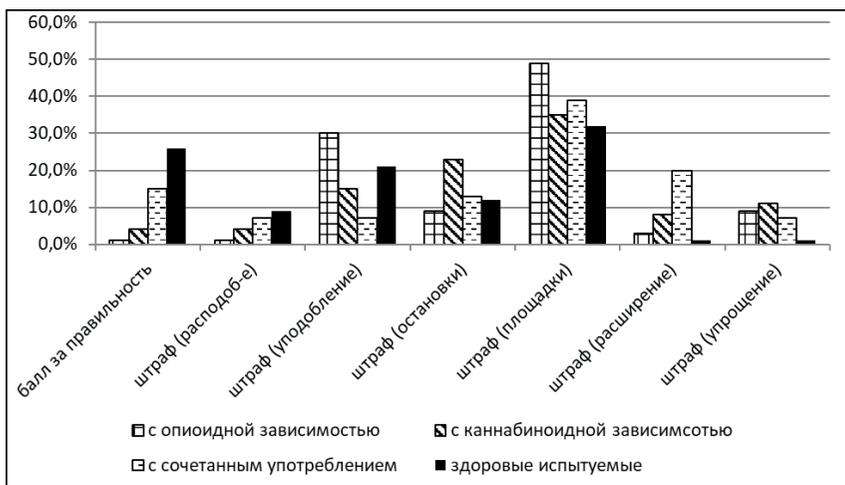


Рисунок 2. Особенности серийной организации в пробе на графомоторную координацию

Здоровые испытуемые (см. табл. 2) имеют более высокие показатели за грамматическое оформление текста ($p < 0.001$), когда при подробном пересказе свободно используются сложные и разнообразные грамматические конструкции.

Обсуждение результатов

Функции III блока мозга претерпевают изменения под воздействием опиоидов и каннабиноидов. Происходит явное ухудшение серийной организации движений и речи, более всего касающееся способности усваивать программу и автоматизировать двигательный навык. Разрушающее действие наркотиков проявляется и на умении подчинять свои действия речевой инструкции,



переключаясь с учетом ее изменений. Данные выводы согласуются с результатами исследований других авторов, изучавших нейropsychологические аспекты зависимости (Шувалова и Цветков, 2016; Ковшова и Просветова, 2015; Баулина, 2002; Klugman & Gruzelier, 2003; и др.). В специальной литературе встречаются и иные мнения. Van Holst & Schilt (2011) утверждают, что устойчивый дефицит исполнительных, регуляторных функций связан с употреблением всех наркотических веществ, за исключением каннабиса. Важно отметить, что в своем обзоре авторы сосредоточились на исследованиях с малыми выборками, которые в контрольные группы включали потребителей марихуаны с двухнедельным воздержанием. Есть мнение, что хронические эффекты при изолированном употреблении каннабиса на мозговую деятельность могут быть непостоянными и для их оценки нужны более чувствительные методы. Klugman & Gruzelier (2003) указывают на выраженный дефицит внимания под влиянием каннабиса, который был обнаружен при электрофизиологических исследованиях. Таким образом, неоднозначность эмпирических данных, встречающихся в литературе, может быть вызвана использованием различных методов определения нарушений, небольшими выборками испытуемых, а также методическими неточностями (Перфилова, 2019; Фотекова и Кичеева, 2012).

В нашем исследовании значимых различий между группами наркопотребителей не обнаружено. Однако анализ индивидуальных особенностей выполнения (см. рис. 1, 2) показал, что зависимые от опиоидов, как и зависимые с сочетанным употреблением наркотиков, чаще допускают ошибки при выполнении экспериментальных заданий, чем больные с каннабиноидной зависимостью. При этом характер допускаемых ошибок у испытуемых этих групп более грубый и более устойчивый. Это перекликается с мнением Ялтонского с соавт. (2017). Исследователи обращают внимание, что сочетанное употребление наркотиков и других психоактивных веществ сопровождается более высокой нейротоксичностью и приводит к нейродегенеративным изменениям, нейрокогнитивным дефицитам.

Для уточнения этих вопросов необходимы дальнейшие исследования.

Литература

- Агибалова, Т. В. и Поплевченков, К. Н. (2012). Нарушения когнитивных функций у больных опиоидной наркоманией. *Журнал неврологии и психиатрии*, 5, 13–16.
- Анохина, И. П., Клименко, Т. В., Габрильянц, М. А. и Львова, О. Ф. (2018). Медико-биологические исследования механизмов формирования зависимости от психоактивных веществ в ННЦ Наркологии в 2017 г. *Вопросы наркологии*, 3(163), 5–26.



- Анцыборов, А. В. и Морыхин, В. В. (2017). Синтетические катиноны «соли для ванн»: механизм действия, токсикологические аспекты, клиника, формирование зависимости. *Интерактивная наука*, 5(15), 29–39.
- Баулина, М. Е. (2002). *Нейропсихологический анализ состояния высших психических функций у больных героиновой наркоманией* (дисс. ... канд. психол. наук). Москва.
- Бушара, Н. М., Крупицкий, Е. М., Егорова, В. Ю., Цой-Подосенин, М. В., Вербицкая, Е. В., Звартау, Э. Э., ... Фишбейн, Д. (2009). Особенности нейрореконструктивного функционирования у пациентов с различными видами зависимости от психоактивных веществ. *Обозрение психиатрии и медицинской психологии им. В. М. Бехтерева*, 1, 71–77.
- Иванец, Н. Н., Пылаева, О. А. и Шатенштейн, А. А. (2011). Влияние наркотических средств на судорожную активность мозга. *Вопросы наркологии*, 2, 61–70.
- Илюк, Р. Д., Ананьева, Н. И., Ерофеева, Н. А., Громыко, Д. И., Гришина, О. Г., Анучина, А. А., ... Крупицкий, Е. М. (2017). Результаты нейропсихологического (САНТАВ) исследования и МРТ воксель-базированной морфометрии головного мозга у опиоидзависимых пациентов, перенесших передозировку опиоидами. *Вопросы наркологии*, 8(156), 115–118.
- Клименко, Т. В., Козлова, А. А., Истомина, В. В. и Беспалова, Л. Ю. (2013). Особенности высших психических функций у лиц призывного возраста с пагубным потреблением алкоголя и героина или зависимостью к ним. *Наркология*, 12(8), 46–50.
- Ковшова, О. С. и Просветова, А. А. (2015). Особенности когнитивных функций у лиц, страдающих героиновой зависимостью. В Н. Г. Незнанов (ред.), *XVI Съезд психиатров России. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Психиатрия на этапах реформ: проблемы и перспективы» (23–26 сентября 2015 года, г. Казань). Тезисы* (С. 392–393). Санкт-Петербург.
- Литвинцев, Б. С. (2015). Поражение нервной системы при наркомании: особенности симптоматики и неврологических осложнений. *Вестник российский военно-медицинской академии*, 1, 95–100.
- Перфилова, Е. В. (2019). Особенности функционирования первого блока мозга у больных с различными видами наркотической зависимости. *Новое в психолого-педагогических исследованиях*, 53(1), 89–96.
- Поплевченков, К. Н. и Агибалова, Т. В. (2017). Клинические и личностные особенности у больных, употребляющих психостимуляторы и другие психоактивные вещества. В *Школа В. М. Бехтерева: от истоков до современности: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 160-летию со дня рождения Владимира Михайловича Бехтерева и 110-летию Санкт-Петербургского*



- научно-исследовательского психоневрологического института им. В. М. Бехтерева (Электронное издание). СПб.: Альта Астра.
- Скрыль, Е. В. (2013). Психические расстройства при токсической каннабиоидной энцефалопатии. *Clinical medicine of Kazakhstan*, 3, 67–68.
- Фотекова, Т. А. и Кичеева, А. О. (2012). Состояние высших психических функций в ранней, средней и поздней взрослости: нейропсихологический анализ. *Культурно-историческая психология*, 2, 36–44.
- Чернобровкина, Т. В. (2015). Различительная способность памяти и ее состояние у больных зависимостями. В Н. Г. Незнанов (ред.), *XVI Съезд психиатров России. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Психиатрия на этапах реформ: проблемы и перспективы» (23–26 сентября 2015 года, г. Казань). Тезисы* (С. 439–440). Санкт-Петербург.
- Чижова, Т. Н., Мишкина, Е. И., Пилявская, О. И. и др. (2013). Клинический пример деменции у подростка после комбинированного употребления алкоголя и синтетического наркотического вещества «спайса». В Е. Н. Кривулин, Н. А. Бохан (ред.), *Материалы всероссийской междисциплинарной научно-практической конференции (Челябинск 14–15 ноября, 2013 г.)* (С. 150–152). Челябинск: ПИРС.
- Чухрова, М. Г. (2013). Патопсихология зависимого поведения. В Е. А. Брюн (ред.), *Проблемы современной аддиктологии. Тезисы докладов межрегиональной научно-практической конференции (г. Абакан, 31 мая 2013 г.)* (С. 141–143). Абакан: Журналист.
- Шувалова, А. А. и Цветков, А. В. (2016). Особенности динамики высших психических функций у лиц, ранее употреблявших каннабиноиды. *Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования*, 5(6А), 247–254.
- Ялтонский, В. М., Сирота, Н. А. и Ялтонская, А. В. (2017). Сочетанное употребление наркотиков и других психоактивных веществ подростками как актуальная проблема наркологии. *Вопросы наркологии*, 7, 82–93.
- Aguado, T., Romero, E., Monory, K., Palazuelos, J., Sendtner, M., Marsicano, G., ... Galve-Roperh, I. (2007). The CB₁ cannabinoid receptor mediates excitotoxicity-induced neural progenitor proliferation and neurogenesis. *Journal of Biological Chemistry*, 282, 23892–23898. doi: 10.1074/jbc.M700678200
- Castaneto, M. S., Gorelick, D. A., Desrosiers, N. A., Hartman, R. L., Pirard, S., & Huestis, M. H. (2014). Synthetic cannabinoids: Epidemiology, pharmacodynamics, and clinical implications. *Drug and Alcohol Dependence*, 144, 12–41. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2014.08.005
- Kalwa, A., & Habrat, B. (2015). Cognitive dysfunctions caused by excessive exposure to manganese compounds. Cognitive disturbances in intravenous users of ephedrone (methcathinone) with manganese compounds. *Psychiatria Polska*, 49(2), 305–314. doi: 10.12740/PP/28048



- Klugman, A., & Gruzelier, J. (2003). Chronic cognitive impairment in users of "ecstasy" and cannabis. *World Psychiatry, 2*(3), 184–190.
- Lundqvist, T. (2005). Cognitive consequences of cannabis use: Comparison with abuse of stimulants and heroin with regard to attention, memory and executive functions. *Pharmacology Biochemistry and Behavior, 81*(2), 319–330.
- Murray, J., Farrington, D. P., & Sekol, I. (2012). Children's Antisocial Behavior, Mental Health, Drug Use, and Educational Performance After Parental Incarceration: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Psychological Bulletin, 138*(2), 175–210. doi: 10.1037/a0026407
- Van Holst, R. J., & Schilt, T. (2011). Drug-Related Decrease in Neuropsychological Functions of Abstinent Drug Users. *Current Drug Abuse Reviews, 4*(1), 42–56. doi: 10.2174/1874473711104010042



УДК 159.955:612.821.2:612.821.3

doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.4

Электронцефалографические корреляты активности фронтопариетальной системы как предикторы вербального интеллекта и невербальной креативности

Ольга М. Разумникова*, Ксения Д. Кривоногова

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

* E-mail: razoum@mail.ru

Аннотация

Введение. Известно, что фронтопариетальная система принимает участие в организации и интеллектуальных, и креативных функций, однако единого мнения относительно взаимодействия этих функций и их отражения в активности фронтопариетальных отделов мозга пока не сложилось. В связи с этим целью исследования стало определение паттернов нейронных осцилляций, которые могли бы быть предикторами вербального и образного компонентов интеллекта и/или образной креативности.

Методы. Для анализа активности фронтопариетальной системы использовали метод многоканальной электронцефалографии (ЭЭГ). В исследовании принимали участие 37 студентов университета. Фоновую мощность ЭЭГ в 6-ти частотных диапазонах от дельта до бета2 сопоставляли с показателями вербального (IQv) и образного (IQf) компонентов интеллекта согласно методике Амтхауэра и образной оригинальности при выполнении субтеста Торренса «Незавершенные фигуры» (НФ).

Результаты. При сравнении групп с высокими и низкими значениями IQv или НФ установлен общий эффект асимметрии активности передне- и заднефронтальных областей на бета1 частоте и большая мощность дельта ритма во фронтальных областях коры при более высоком IQv и в центрально-париетальной коре – при высокой образной оригинальности, сопровождающейся также большими значениями альфа1 ритма в центральных и альфа2 – во фронтальных областях коры. Для НФ и IQv получены сходные регрессионные модели с мощностью дельта ритма во фронтальных отведениях левого полушария как основным предиктором интеллектуальных и креативных способностей.

Обсуждение результатов. Сходство регрессионных моделей для НФ и IQv при более широком частотном и регионарном представительстве различий в ЭЭГ коррелятах образной оригинальности следует рассматривать как доказательство того, что интеллект (и структуры с ним связанные) является необходимым, но не достаточным условием креативности. Обнаруженная частотно-пространственная



связь НФ и IQv может быть обусловлена сходной организацией исполнительного контроля выполнения образного задания.

Ключевые слова

фронтотемпоральная система, электроэнцефалограмма, дельта осцилляции, альфа осцилляции, бета осцилляции, вербальный интеллект, невербальная креативность, образная оригинальность

Основные положения

- ▶ фоновая активность фронтальных областей коры в низкочастотном дельта и высокочастотном бета диапазоне является предиктором как невербальной креативности, так и вербального интеллекта;
- ▶ при общем сходстве регрессионных моделей невербальной креативности и вербального интеллекта, лица, отличающиеся образной оригинальностью, дополнительно характеризуются изменениями в мощности альфа1, альфа2 и бета2 осцилляций;
- ▶ фоновая активность фронтотемпоральной системы, связанная с образной оригинальностью, представлена более широко как по частотному диапазону, так и регионально в сравнении с ЭЭГ коррелятами вербального интеллекта.

Для цитирования

Разумникова, О. М. и Кривоногова, К. Д. (2019). Электроэнцефалографические корреляты активности фронтотемпоральной системы как предикторы вербального интеллекта и невербальной креативности. *Российский психологический журнал*, 16(2/1), 45–59. doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.4

Материалы статьи получены 24.08.2019

Введение

Интенсивные исследования нейрофизиологических коррелятов креативности последних лет выявили ключевое значение функций фронтотемпоральной системы, связанных с поиском идеи или исполнительным контролем при выборе оригинального решения проблемы (Beaty, Benedek, Wilkins, & Jauk, 2014; Beaty, Seli, & Schacter, 2019; Gulbinaite, van Rijn, & Cohen, 2014; Heinonen, Numminen, Hlushchuk, Antell, Taatila, & Suomala, 2016). С другой стороны, взаимодействие этих областей мозга рассматривают как нейрофизиологическую основу реализации интеллектуальных способностей (Beaty et al., 2014; Jung & Haier, 2007; Hearne, Mattingley, & Cocchi, 2016; Lee et al., 2006; Pamplona, Neto, Rosset, Rogers, & Salmon, 2015), что неудивительно, учитывая необходимость исполнительного контроля решения задач при тестировании интеллекта.



С использованием метода диффузионной трактографии выявлена, однако, специализация архитектуры нейронных сетей во взаимодействии структур фронтопариетальной системы и системы мозга по умолчанию (DMN), связанных с интеллектом или креативностью. Показано, что интеллект представлен системой «легкого» достижения функционального состояния с включением правой верхней париетальной области при низких интеграционных способностях левой ретроспленальной коры, а креативность, которую оценивали на основе батареи вербальных субтестов Торренса – системой «сложного» переключения связности корковых областей с центром в правой дорзолатеральной префронтальной коре при высоких интеграционных способностях сенсомоторной коры (Kenett, 2018). Причем интегральный показатель оригинальности ответов характеризовался «узлом» связности в задней части верхней височной извилины, что предполагает участие речевых функций в генерации идей. Анализ активности мозга, связанной с невербальной креативностью, наряду с широко распределенной билатеральной сетью нейронных структур продемонстрировал доминирование левого полушария, в том числе левой дорзолатеральной префронтальной коры (Aziz-Zadeh, Liew, & Dandekar, 2013) или левой передней сингулярной коры (Hahn, Kim, Park, & Lee, 2017), участие которых признается необходимым для выбора оригинального решения задачи.

Для изучения механизмов функционального взаимодействия корковых областей наряду с функциональной магнитно-резонансной томографией (фМРТ) продолжают широко использоваться традиционные методы анализа ЭЭГ (Herrmann, Strüber, Helfrich, & Engel, 2016; Stevens & Zabelina, 2019). Чаще других среди частотных диапазонов биопотенциалов рассматриваются особенности альфа-ритма как индикатора процессов активации или торможения в нейронных сетях (Benedek, Jauk, Sommer, Arendasy, & Neubauer, 2014; Fink & Benedek, 2014; Lustenberger, Boyle, Foulser, Mellin, & Fröhlich, 2015; Razumnikova, 2007). Связанные с креативностью изменения синхронизации альфа биопотенциалов во фронтальных областях, отмеченные разными авторами, оказываются зависимыми от уровня и интеллекта, и креативности участников экспериментов (Benedek et al., 2014; Lustenberger et al., 2015; Разумникова, 2009а; Дикая и Дикий, 2015; Нагорнова, 2007; Benedek, Bergner, Könen, Fink, & Neubauer, 2011). Положительная взаимосвязь интеллекта и креативности подтверждается результатами как психометрических, так и нейрофизиологических исследований (Jauk, Benedek, Dunst, & Neubauer, 2013; Karwowski et al., 2016; Nusbaum & Silvia, 2011; Preckel, Holling, & Wiese, 2006). Однако мнения расходятся относительно «порогового» эффекта в соотношении этих психометрических конструкторов (Jauk et al., 2013; Nusbaum & Silvia, 2011; Preckel et al., 2006) или регионарной специфики этого эффекта (Benedek et al., 2014; Разумникова, 2009б; Arden, Chavez, Grazioplene, & Jung, 2010; Jung,



Mead, Carrasco, & Flores, 2013; Pidgeon et al., 2016). В специально организованном исследовании с анализом роли трех специфических компонентов исполнительской системы: обновления ресурсов информации, переключения и торможения, на основе структурного подхода с латентными переменными были рассмотрены их общие и дифференциальные отношения с флюидным интеллектом и способностями к дивергентному мышлению. Оказалось, что предикторами креативности являются торможение и обновление рабочей памяти, последний компонент объяснял также вариативность IQ (Benedek et al., 2014). Баланс между фоновой активностью фронтальных и задних отделов коры рассматривается как основа для выбора индивидуального когнитивного стиля, в том числе предпочтения инсайтной или аналитической стратегии решения проблемы (Benedek et al., 2014; Erickson et al., 2018; Kounios et al., 2008). Предикторами такого баланса выступают и низкочастотные тета, альфа, и высокочастотные бета осцилляции (Heinonen et al., 2016; Stevens & Zabelina, 2019; Solomon et al., 2017).

Ранее, при использовании в качестве модели креативности решение эвристической задачи, было показано усиление взаимодействия нейронных ансамблей в передних областях коры и в левом полушарии у лиц с высоким интеллектом и креативностью по сравнению с теми, кто обладал меньшими значениями этих показателей (Разумникова, 2009а). Этот вывод был сделан на основании анализа когерентности ЭЭГ, и эффекты взаимодействия факторов «креативность» и «интеллект» были представлены в широком диапазоне частот от тета1 до бета 2 и преимущественно для показателей образного интеллекта.

Согласно классическому представлению о двух стадиях креативного мышления генерацию идей связывают с диффузным вниманием и нейронными процессами «снизу-вверх» (bottom-up), а их оценивание – с фокусированным вниманием и исполнительным контролем, т. е. процессами «сверху-вниз» (top-down) (Jung et al., 2013). Эти процессы обеспечивает кооперация DMN и системы исполнительного контроля (Beaty et al., 2014; Benedek et al., 2014). Так как состояние DMN отражает разнообразные индивидуальные характеристики личности, в том числе – интеллект или креативность (Beaty et al., 2019; Li, Yang, Zhang, Li, & Qiuc, 2016; Takeshi, Aihara, Shimokawa, & Yamashita, 2018), неудивительно, что уникальное взаимодействие указанных нейронных структур создает вариативные паттерны активации – торможения, которые находят свое отражение в частотно-пространственных характеристиках ЭЭГ. В связи с этим, целью исследования стало выяснение таких паттернов нейронных осцилляций во фронтальных и центрально-париетальных отделах мозга, которые связаны с вербальным или зрительно-пространственным компонентами интеллекта и креативности и могут служить предикторами их уровня.

Гипотезы исследования:



- фоновая активность фронтопариетальной системы головного мозга связана с психометрическими показателями интеллекта и креативности с более широким частотно-пространственным представительством для образной оригинальности;
- модели описания интеллекта и креативности имеют как сходные ЭЭГ предикторы активности фронтальной коры, так и регионарно и частотно специфические.

Методы

В исследовании принимали участие 37 человек (студенты $18 \pm 1,1$ лет; 27 девушек и 10 юношей).

Для определения вербального и образного (зрительно-пространственного) компонентов интеллекта использовали тест структуры интеллекта Амтхауэра. Для оценки образной креативности использовали субтест Торренса «Незавершенные фигуры». Показатель оригинальности вычисляли на основе компьютеризированной методики как число, обратное количеству таких же идей рисунков, сохраненных в базе данных (Разумникова, 2002).

Регистрацию ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами выполняли с помощью аппаратуры и программного обеспечения «Мицар-201» в 19-ти отведениях (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2), расположенных согласно системе 10/20, с объединенным референтным ушным электродом. Для анализа активности мозга выбирали 2-секундные безартефактные отрезки ЭЭГ общей длительностью 60 с. Для каждого отведения методом быстрого преобразования Фурье вычисляли спектральную плотность ЭЭГ в шести частотных диапазонах: дельта (1–4 Гц), тета (4–7 Гц), альфа1 (7–10 Гц), альфа2 (10–13 Гц), бета1 (13–20 Гц) и бета2 (20–30 Гц). Для статистического анализа использовали натуральный логарифм значений мощности ЭЭГ.

Результаты

Показатели интеллекта и оригинальности при выполнении задания на образную креативность в группах мужчин и женщин достоверно не отличались ($0,40 < p < 0,65$), и дальнейший анализ выполняли для общей группы. Корреляционный анализ выявил положительную связь между IQv и IQs ($r = 0,39$ при $p < 0,015$). С показателем образной оригинальности достоверная связь не обнаружена ни для IQv, ни для IQs ($r = 0,25$ и $0,06$, соответственно).

Для дальнейшего анализа ЭЭГ коррелятов IQv, IQs и креативности были сформированы группы с высокими (IQv1, IQs1, НФ1) или низкими (IQv0, IQs0, НФ0) оценками интеллекта и образной оригинальности, исходя из среднего значения для каждого показателя. Количественный состав групп



и соответствующие значения интеллекта и креативности приведены в таблице 1 (проверка межгрупповых различий выявила высокую степень их достоверности: $6,78 < t < 9,33$ при $p < 0,00001$).

Таблица 1 Состав выделенных для сравнительного анализа групп с высокими или низкими показателями интеллекта или креативности				
Показатель	Высокая оценка		Низкая оценка	
	n	значение	n	значение
Вербальный IQ	20	109,2 ± 3,3	17	100,0 ± 5,0
Зрительно-пространственный IQ	17	112,4 ± 4,6	20	100,9 ± 3,7
Оригинальность образной креативности	14	2,6 ± 0,6	23	4,9 ± 0,8

Согласно цели исследования с использованием однофакторного ANOVA для каждых 2-х независимых факторов: IQv1/IQv0, IQf1/IQf0 или НФ1/НФ0) были исследованы особенности активности фронтальных (Front) и центрально-париетальных (CPariet) областей коры для каждого частотного диапазона. Обнаруженные при анализе IQv или НФ эффекты представлены в табл. 2. Для IQf достоверных эффектов не выявлено.

На частоте дельта диапазона получен общий эффект для IQv: мощность этих низкочастотных колебаний во фронтальной коре была выше в группе IQv1, чем в группе IQv0. Аналогичный эффект: для фронтальных областей на уровне тенденции, а для центрально-париетальных – достоверно, отмечен при сравнении групп, различающихся уровнем образной оригинальности. В альфа диапазоне большие значения мощности ритмов в НФ1, чем в НФ0 имели регионарную специфику: для альфа1 достоверные различия были представлены в центральных областях коры, а для альфа2 – во фронтальных с доминированием правого полушария (Fz, F4, F8).

На частоте бета1 диапазона группы с высокими значениями IQv или образной оригинальности характеризовались более низкими значениями мощности по сравнению с группами IQv0 или НФ0 в левом переднефронтальном отведении с инверсией этого эффекта для всех остальных участков префронтальной коры (рис. 1). Такой же эффект асимметрии бета2 осцилляций во фронтальной коре выявлен и при сравнении групп НФ, но не для IQv (см. табл. 2).



Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа групп с высокими или низкими показателями интеллекта или креативности

Показатель	Частота	Область	F	df	p	Эффект
IQv	Дельта	Front	4,67	1,35	0,04	IQv1 > IQv0
НФ			3,53		0,07	НФ1 > НФ0
		CPariet	3,91		0,05	
НФ	Альфа1	CPariet	2,62	5,175	0,03	НФ1 > НФ0 в C3, Cz, C4
	Альфа2	Front	2,15	6,210	0,05	НФ1 > НФ0 в Fz, F4, F8
IQv	Бета1	Front	2,62	6,210	0,02	IQv0 > IQv1 в Fp1, но IQv1 > IQv0 в Fp2, F3, Fz, F4
НФ			2,78		0,01	Fp1: НФ0 > НФ1, Fp2, F3, Fz, F4: НФ1 > НФ0
НФ	Бета2	Front	2,50	6,210	0,03	Fp1: НФ0 > НФ1, Fz, F4: НФ1 > НФ0

Примечание: *Front* – фронтальные области коры, *CPariet* – центрально-париетальные

Таким образом, результаты дисперсионного анализа указывают на сходство связанных с вербальным интеллектом и с образной оригинальностью эффектов активации фронтальных областей коры в дельта и бета1 диапазонах. Вместе с этим, следует отметить, что связанные с креативностью изменения ЭЭГ представлены по сравнению с IQv более широко и регионарно (задние отделы коры), и частотно (альфа1,2 и бета2 диапазоны).

Для выяснения функциональной роли обнаруженных межгрупповых различий в фоновой мощности ЭЭГ был выполнен регрессионный анализ данных: в качестве независимой переменной рассматривали образную оригинальность или вербальный интеллект, зависимыми переменными были показатели мощности тех частотных диапазонов и тех отведений, которые были выявлены на предыдущем этапе анализа. Использовали линейную регрессию с пошаговым добавлением зависимых переменных.

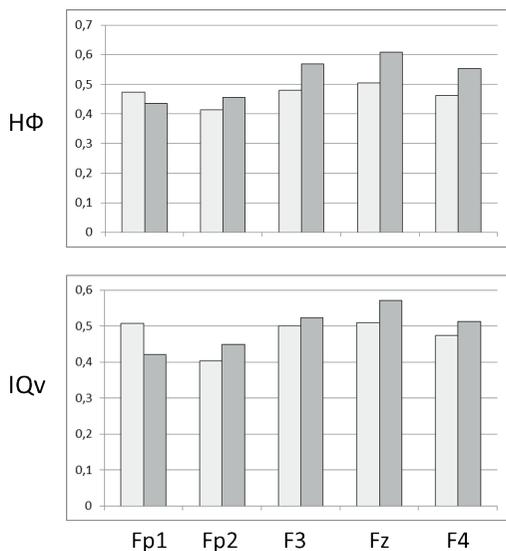


Рисунок 1. Регионарные особенности мощности бета1 ритма во фронтальных отведениях в зависимости от уровня образной оригинальности (НФ) и вербального интеллекта (IQv)

Для проверки отсутствия мультиколлинеарности показателей ЭЭГ был выполнен их корреляционный анализ. Обнаружены противоположные знаки корреляции мощности дельта и бета1,2 ритмов в переднефронтальных отведениях: положительные в НФ0 и отрицательные в НФ1 ($0,07 < p < 0,04$). При отсутствии принципиальных различий во взаимосвязи дельта и бета1 ритмов в других областях коры для групп НФ0 и НФ1 следует отметить более устойчивую связь дельта и бета2 ритма в группе НФ1 для фронтальных отделов коры по сравнению с НФ0 ($r = 0,63, p < 0,02$ и $r = 0,36, p < 0,1$, соответственно, при анализе средних значений мощности). Этот эффект более тесной связи дельта и бета2 ритма в НФ1 был представлен в отведениях F3, F7, F4, Cz, C3 ($0,52 < r < 0,61, 0,02 < p < 0,05$).

Что касается групп IQv, то при корреляционном анализе средних показателей мощности ритмов обнаружена достоверная связь дельта и бета2 ритмов в задней части коры для группы IQv1 без регионарной специфичности этого эффекта в зависимости от отведения. Для бета1 диапазона положительная связь ритмов в IQv0 представлена генерализованно по всем отведениям за исключением переднефронтальных; в группе IQv1 корреляции дельта и бета1 осцилляций достоверны только для парietальных областей и F3, F4, F8.



Полученные в результате регрессионного анализа показателей дельта и бета ритмов лучшие модели для НФ или IQv приведены в таблице 3. Коэффициент корреляции между выбранными зависимыми переменными: мощностью дельта и бета1 или бета2 ритма оказался ниже 0,27, что исключает эффект мультиколлинеарности зависимых переменных. Проверка вклада мощности альфа1,2 осцилляций не улучшила описательных возможностей регрессий для НФ.

Согласно полученным регрессионным моделям около 5 % дисперсии НФ может быть предсказано либо показателем средней мощности дельта ритма во фронтальных областях коры, либо ее значениями в отведениях F3 или F4. Добавление в регрессию показателей бета1 или бета2 ритма в переднефронтальном отведении левого полушария повышает описательные возможности регрессии (R^2 увеличивается до 16–17 %), однако отдельный вклад мощности высокочастотных колебаний не достигает значимого уровня (см. табл. 3).

Таблица 3

Основные параметры регрессионных моделей для показателей оригинальности (НФ) и вербального интеллекта (IQv)

Частота	Область	F	df	p_E	R^2	β	t	p_t
НФ								
Дельта	Front	4,04	1,35	0,05	0,10	0,32	2,01	0,05
	F3	4,29		0,05	0,11	0,33	2,07	0,05
	F4	4,11		0,05	0,10	0,32	2,03	0,05
Дельта	F3	3,57	2,34	0,04	0,17	0,41	2,50	0,02
Бета1	Fp1							
Дельта	F3	3,24		0,05	0,16	0,36	2,29	0,03
Бета2	Fp1							
IQv								
Дельта	Front	3,39	1,35	0,07	0,09	0,30	1,84	0,07
	F7	6,58		0,01	0,16	0,40	2,56	0,01
	Fp1	3,02		0,08	0,09	0,28	1,74	0,08
Дельта	Fp2	3,25	2,34	0,08	0,09	0,29	1,80	0,08
	F7	4,41		0,02	0,21	0,43	2,78	0,01
Бета1	Fp1		5,14	0,01	0,23	-0,22	-1,43	0,16
Дельта	F7							
Бета2	Fp1					-0,27	-1,80	0,08



Регрессионные модели для IQv оказались подобны тем, что получены для НФ, за исключением замены отведения F3 на F7: мощность дельта ритма в отведении F7 предсказывает около 16 % варибельности IQv. С введением в регрессию показателей бета мощности R^2 достигает 21–23 %, однако, так же как и в моделях для НФ, значимого уровня эти высокочастотные предикторы IQv не достигают ($0,08 < p < 0,16$).

Обсуждение результатов

Полученные в результате межгруппового сравнения эффекты согласуются с представлением, что интеллект (и структуры с ним связанные) является необходимым, но не достаточным условием креативности (Karwowski et al., 2016). Причем в качестве такого необходимого условия для образной креативности оказывается вербальный интеллект, что, по-видимому, обусловлено включением речевых функций не только в генерацию идей (Kenett et al., 2018), но и в организацию исполнительного контроля выполнения задания. Эти две составляющие креативности можно связать с разными осцилляторными компонентами фоновой активности коры: исполнительный контроль – с дельта активностью (Knyazev, 2007, 2012), а речевые функции – с бета1 (Pulvermuller, Birbaumer, Lutzenberger, & Mohr, 1997). Обнаруженное на альфа1,2 частоте повышение мощности биопотенциалов при высокой образной оригинальности соответствует представлениям о «преднастройке» фонового состояния мозга (Kounios et al., 2008), ведущей к дальнейшей реализации интернального внимания и процессов торможения при дивергентном мышлении (Benedek et al., 2011).

Более широкое представительство эффекта синхронизации дельта осцилляций в группе НФ1, чем в НФ0, охватывающей не только лобные, но и центрально-теменные участки коры, отражает потенциальные ресурсы подключения для креативной деятельности распределенной нейронной сети мультимодальной информации. Действительно, с использованием фМРТ показано взаимодействие фронтопариетальной системы и DMN как основы для генерации концептуально нового решения при тестировании образной креативности (Christensen, Benedek, Silvia, & Beaty, 2019). Для эффективной координации нейронных ансамблей этой распределенной системы требуется синхронизация медленноволновой активности согласно нашим данным и результатам другого исследования, в котором также отмечена положительная связь дельта колебаний и оригинальности дивергентного мышления (Boot, Baas, Mühlfeld, de Dreu, & van Gaal, 2017).

Подобие полученных моделей для НФ и IQv можно рассматривать как потенциальные возможности использования разных стратегий выполнения образной креативной задачи: и инсайтной, и аналитической, причем



дифференциация этих когнитивных стратегий возможна на основе бета осцилляций в фоновой ЭЭГ (Erickson et al., 2018), мощность которых является дополнительным предиктором дисперсии и НФ, и IQv согласно созданным регрессиям.

Устойчивый вклад в регрессионную модель и НФ, и IQv дельта биопотенциалов левых фронтальных областей может отражать способность к контролю дальнейшей когнитивной деятельности за счет мотивационного потенциала (Кнуязев, 2007) и координации активности пространственно распределенных нейронных сетей для поиска оригинального решения, как это было отмечено ранее (Bhattacharya & Petsche, 2005). Однако имеются данные и о противоположной реакции: более низком уровне дельта осцилляций при генерации уникального образа (Foster, Williamson, & Harrison, 2005). Возможно, такие противоречия отражают эффект субъективно оцениваемой сложности задачи и связанного с ним баланса активационных и тормозных процессов в коре (Разумникова, 2009а). Регионарная специфичность предикторов НФ или IQv (отведения Fp1, F3, F7) согласуется с данными, что левая часть дорзолатеральной префронтальной коры выполняет функции планирования целенаправленного поиска решения проблемы (Aziz-Zadeh et al., 2013), а показатель связности левой части фронтопариетальной системы и передней части DMN положительно коррелирует с оригинальностью решения дивергентной задачи (Shi et al., 2018).

Дополнительный вклад в модель бета ритма можно интерпретировать как часть управления воспроизведением образов с использованием ассоциативно-семантической сети при тестировании креативности. Причем отрицательный знак мощности бета1,2 ритма в левой переднефронтальной коре (отведение Fp1) может быть свидетельством негативной роли быстрого воспроизведения образа для завершения фигуры, так как предъявленный стимул вызывает в первую очередь воспоминание наиболее часто встречающихся, стереотипных объектов. В пользу этой гипотезы свидетельствуют данные о функциональном значении левых префронтальных областей в беглости генерации идей (Hirshorn & Thompson-Schill, 2006).

Заключение

Анализ фоновой активности фронтальных и центрально-париетальных областей коры в шести частотных диапазонах от дельта до бета2 выявил, что только мощность дельта и бета1 осцилляций является предиктором как невербальной креативности, так и вербального интеллекта. При сходных регрессионных моделях образной оригинальности и вербального компонента интеллекта, дифференциации лиц по уровню образной креативности сопутствуют также изменения в мощности альфа1, альфа2 и бета2 колебаний,



которые представлены не только во фронтальных, но и в центрально-париетальных отделах коры. Выделенные ЭЭГ корреляты вербального интеллекта и образной креативности свидетельствуют, что связь между интеллектом и креативностью опосредована фронтальной системой исполнительного контроля когнитивной деятельности.

Благодарности

Авторы выражают благодарность А. А. Яшаниной и Е. А. Хорошавцевой, принимавших участие в регистрации ЭЭГ.

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-015-00412 «Возрастные особенности активации фронто-париетальной системы и полушарная специфика нейрофизиологических характеристик, соотносимых с образной творческой деятельностью».

Литература

- Дикая, Л. А. и Дикий, И. С. (2015). *Творческий мозг: монография*. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ.
- Нагорнова, Ж. В. (2007). Динамика мощности ЭЭГ при выполнении заданий на невербальную (образную) креативность. *Физиология человека*, 33(3), 26–34.
- Разумникова, О. М. (2002). *Способы определения креативности*. Новосибирск: Изд-во НГТУ.
- Разумникова, О. М. (2009а). Особенности селекции информации при креативном мышлении. *Психология. Журнал Высшей школы экономики*, 6(3), 134–161. doi: 10.17323/1813-8918-2009-3-134-161
- Разумникова, О. М. (2009б). Связь частотно-пространственных параметров фоновой ЭЭГ с уровнем интеллекта и креативности. *Журнал высшей нервной деятельности*, 59(6), 686–695.
- Arden, R., Chavez, R. S., Grazioplene, R., & Jung, R. E. (2010). Neuroimaging creativity: A psychometric view. *Behavioural Brain Research*, 214(2), 143–156. doi: 10.1016/j.bbr.2010.05.015
- Aziz-Zadeh, L., Liew, S. L., & Dandekar, F. (2013). Exploring the neural correlates of visual creativity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8, 475–480. doi: 10.1093/scan/nss021
- Beaty, R. E., Benedek, M., Wilkins, R. W., & Jauk, E. (2014). Creativity and the default network: A functional connectivity analysis of the creative brain at rest. *Neuropsychologia*, 64, 92–98. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.09.019
- Beaty, R. E., Seli, P., & Schacter, D. L. (2019). Network Neuroscience of Creative Cognition: Mapping Cognitive Mechanisms and Individual Differences in the Creative Brain. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 27, 22–30. doi: 10.1016/j.cobeha.2018.08.013



- Benedek, M., Bergner, S., Könen, T., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2011). EEG alpha synchronization is related to top-down processing in convergent and divergent thinking. *Neuropsychologia*, *49*, 3505–3511. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.004
- Benedek, M., Jauk, E., Sommer, M., Arendasy, M., & Neubauer, A. C. (2014). Intelligence, creativity, and cognitive control: The common and differential involvement of executive functions in intelligence and creativity. *Intelligence*, *46*, 73–83. doi: 10.1016/j.intell.2014.05.007
- Bhattacharya, J., & Petsche, H. (2005). Drawing on mind's canvas: Differences in cortical integration patterns between artists and non-artists. *Human Brain Mapping*, *26*(1), 1–14. doi: 10.1002/hbm.20104
- Boot, N., Baas, M., Mühlfeld, E., de Dreu, C. K. W., & van Gaal, S. (2017). Widespread neural oscillations in the delta band dissociate rule convergence from rule divergence during creative idea generation. *Neuropsychologia*, *104*, 8–17. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.07.033
- Christensen, A. P., Benedek, M., Silvia, P., & Beaty, R. (2019). Executive and default network connectivity reflects conceptual interference during creative imagery generation. *PsyArXiv Preprints*. doi: 10.31234/osf.io/n438d
- Erickson, B., Truelove-Hill, M., Oh, Y., Anderson, J., Zhang, F. Z., & Kounios, J. (2018). Resting-state brain oscillations predict trait-like cognitive styles. *Neuropsychologia*, *120*, 1–8. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.09.014
- Fink, A., & Benedek, M. (2014). EEG alpha power and creative ideation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *44*, 111–123. doi: 10.1016/j.neubiorev.2012.12.002
- Foster, P. S., Williamson, J. B., & Harrison, D. W. (2005). The ruff figural fluency test: heightened right frontal lobe delta activity as a function of performance. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *20*, 427–434. doi: 10.1016/j.acn.2004.09.010
- Gulbinaite, R., van Rijn, H., & Cohen, M. X. (2014). Fronto-parietal network oscillations reveal relationship between working memory capacity and cognitive control. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*(761). doi: 10.3389/fnhum.2014.00761
- Hahn, J., Kim, K. K., Park, S. H., & Lee, H. M. (2017). Brain areas subserving Torrance tests of creative thinking: an functional magnetic resonance imaging study. *Dementia and Neurocognitive Disorders*, *16*(2), 48–53 doi: 10.12779/dnd.2017.16.2.48
- Hearne, L. J., Mattingley, J. B., & Cocchi, L. (2016). Functional brain networks related to individual differences in human intelligence at rest. *Scientific Reports*, *6*(32328). doi: 10.1038/srep32328
- Heinonen, J., Numminen, J., Hlushchuk, Y., Antell, H., Taatila, V., & Suomala, J. (2016). Default Mode and Executive Networks Areas: Association with the Serial Order in Divergent Thinking. *PLoS ONE*, *11*(9), e0162234. doi: 10.1371/journal.pone.0162234



- Herrmann, C. S., Strüber, D., Helfrich, R. F., & Engel, A. K. (2016). EEG oscillations: From correlation to causality. *International Journal of Psychophysiology*, *103*, 12–21. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.02.003
- Hirshorn, E. A., & Thompson-Schill, S. L. (2006). Role of the left inferior frontal gyrus in covert word retrieval: neural correlates of switching during verbal fluency. *Neuropsychologia*, *44*(12), 2547–2557. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.03.035
- Jauk, E., Benedek, M., Dunst, B., & Neubauer, A. C. (2013). The relationship between intelligence and creativity: New support for the threshold hypothesis by means of empirical breakpoint detection. *Intelligence*, *41*, 212–221. doi: 10.1016/j.intell.2013.03.003
- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, *30*(2), 135–154. doi: 10.1017/S0140525X07001185
- Jung, R. E., Mead, B. S., Carrasco, J., & Flores, R. A. (2013). The structure of creative cognition in the human brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 330. doi: 10.3389/fnhum.2013.00330
- Karwowski, M., Dul, J., Gralewski, J., Jauk, E., Jankowska, D. M., Gajda, A., ... Benedek, M. (2016). Is creativity without intelligence possible? A Necessary Condition Analysis. *Intelligence*, *57*, 105–117. doi: 10.1016/j.intell.2016.04.006
- Kenett, Y. N., Medaglia, J. D., Beaty, R. E., Chen, Q., Betzel, R. F., Thompson-Schill, S. L., & Qiu, J. (2018). Driving the brain towards creativity and intelligence: A network control theory analysis. *Neuropsychologia*, *118*(PtA), 79–90. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.01.001
- Knyazev, G. G. (2007). Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *31*(3), 377–395. doi: 10.1016/j.neubiorev.2006.10.004
- Knyazev, G. G. (2012). EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *36*(1), 677–695. doi: 10.1016/j.neubiorev.2011.10.002
- Kounios, J., Fleck, J. I., Green, D. L., Payne, L., Stevenson, J. L., Bowden, E. M., & Jung-Beeman, M. (2008). The origins of insight in resting-state brain activity. *Neuropsychologia*, *46*, 281–291. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.013
- Lee, K. H., Choi, Y. Y., Gray, J. R., Cho, S. H., Chae, J. H., Lee, S., & Kim, K. (2006). Neural correlates of superior intelligence: Stronger recruitment of posterior parietal cortex. *NeuroImage*, *29*, 578–586. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.07.036
- Li, W., Yang, J., Zhang, Q., Li, G., & Qiuc, J. (2016). The Association between Resting Functional Connectivity and Visual Creativity. *Scientific Reports*, *6*(25395). doi: 10.1038/srep25395
- Lustenberger, C., Boyle, M. R., Foulser, A. A., Mellin, J. M., & Fröhlich, F. (2015).



- Functional role of frontal alpha oscillations in creativity. *Cortex*, 67, 74–82. doi: 10.1016/j.cortex.2015.03.012
- Nusbaum, E. C., & Silvia, P. J. (2011). Are intelligence and creativity really so different? Fluid intelligence, executive processes, and strategy use in divergent thinking. *Intelligence*, 39, 36–45.
- Pamplona, G. S. P., Neto, G. S. S., Rosset, S. R. E., Rogers, B. P., & Salmon, C. E. G. (2015). Analyzing the association between functional connectivity of the brain and intellectual performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 1–11. doi: 10.3389/fnhum.2015.00061
- Pidgeon, L. M., Grealy, M., Duffy, A. H., Hay, L., McTeague, C., Vuletic, T., ... Gilbert, S. J. (2016). Functional neuroimaging of visual creativity: a systematic review and meta-analysis. *Brain and Behavior*, 6, e00540. doi: 10.1002/brb3.540
- Preckel, F., Holling, H., & Wiese, M. (2006). Relationship of intelligence and creativity in gifted and non-gifted students: An investigation of threshold theory. *Personality and Individual Differences*, 40, 159–170. doi: 10.1016/j.paid.2005.06.022
- Pulvermuller, F., Birbaumer, N., Lutzenverger, W., & Mohr, B. (1997). High-frequency brain activity: Its possible role in attention, perception and language processing. *Progress in Neurobiology*, 52, 427–445.
- Razumnikova, O. M. (2007). The functional significance of α_2 frequency range for convergent and divergent verbal thinking. *Human Physiology*, 33(2), 146–156. doi: 10.1134/S036211970702003X
- Shi, L., Sun, J., Xia, Y., Ren, Z., Chen, Q., Wei, D., ... Qiu, J. (2018). Large-scale brain network connectivity underlying creativity in resting-state and task fMRI: Cooperation between default network and frontal-parietal network. *Biological Psychology*, 135, 102–111. doi: 10.1016/j.biopsycho.2018.03.005
- Solomon, E. A., Kragel, J. E., Sperling, M. R., Sharan, A., Worrell, G., Kucewicz, M., ... Kahana, M. J. (2017). Widespread theta synchrony and high-frequency desynchronization underlies enhanced cognition. *Nature Communications*, 8(1704). doi: 10.1038/s41467-017-01763-2
- Stevens, C. E. J., & Zabelina, D. L. (2019). Creativity comes in waves: An EEG-focused exploration of the creative brain. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 27, 154–162. doi: 10.31234/osf.io/ke6wq
- Takeshi, O., Aihara, T., Shimokawa, T., & Yamashita, O. (2018). Large-scale brain network associated with creative insight: combined voxel-based morphometry and resting-state functional connectivity analyses. *Scientific Reports*, 8(6477). doi: 10.1038/s41598-018-24981-0



УДК 159.91

doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.5

Динамика мозговой активности при адаптации к невозможности внешней реализации элемента индивидуального опыта

Юлия Р. Сафразьян^{1*}, Наталья П. Михайлова¹, Александр Г. Горкин¹, Юрий И. Александров^{1,2}

¹ ФГБУН Институт психологии РАН, г. Москва, Российская Федерация

² Московский государственный психолого-педагогический университет, г. Москва, Российская Федерация

* E-mail: yulia_chistova@inbox.ru

Аннотация

Введение. В исследовании рассматривается проблема изменений, происходящих с опытом индивида, в ситуации, когда «внешняя» реализация одного из его элементов, т. е. системы, формирующейся при научении данному поведенческому акту, становится невозможной. Ситуация, в которой индивид сталкивается с невозможностью реализации поведения, ранее приводившего к достижению результата, обозначена нами как «запрет». Исследование было направлено на выявление возможных модификаций в структуре индивидуального опыта в ситуации, когда один из его элементов не может быть реализован, отражающихся в изменениях характеристик нейронной активности.

Методы. Регистрировалась нейронная активность в инструментальном пищеводобывательном поведении крыс, – в ситуации «запрета» (изъятие педали на одной стороне клетки, нажатие на которую животным ранее приводило к подаче пищи). Нейронная активность регистрировалась до «запрета», в дефинитивном поведении, и после «запрета» на противоположной стороне клетки – где педаль не изымалась, для анализа паттернов нейронной активности и выявления ее предполагаемой динамики.

Результаты. Обнаружены изменения в активности нейронов в ситуации «запрета» по сравнению с дефинитивным поведением, преимущественно связанные с потерей возможности совершать поведение, приводящее к достижению результата. Были обнаружены нейроны, активирующиеся в сохранившемся поведении, возможном и до, и во время «запрета», которые изменили свою активность в ситуации «запрета».

Обсуждение результатов. В связи с полученными данными, можно говорить о модификациях в структуре опыта, связанных с невозможностью «внешней» реализации одного из его элементов, затрагивающих не только подвергшийся «запрету» элемент опыта, но и элементы, связанные с ним. Эксперименты, направленные



на выявление механизмов влияния на сформированную память животных играют важную роль не только в понимании динамики памяти у человека, но в разработке подходов к ее «редактированию» – в первую очередь для клинических целей.

Ключевые слова

индивидуальный опыт, активность нейронов, поведение, невозможность реализации, адаптация, рассогласование, научение, реконсолидационная модификация, элемент опыта, инструментальное угашение

Основные положения

- ▶ при невозможности «внешней» реализации элемента индивидуального опыта происходят модификации в структуре последнего, которые отражаются в динамике мозговой активности;
- ▶ изменения в структуре индивидуального опыта затрагивают не только элемент опыта, «внешняя» реализация которого непосредственно подвергается «запрету», но и другие связанные с ним элементы;
- ▶ в ситуации невозможности «внешней» реализации элемента опыта меняются характеристики поведения животного.

Для цитирования

Сафразьян, Ю. Р., Михайлова, Н. П., Горкин, А. Г. и Александров, Ю. И. (2019). Динамика мозговой активности при адаптации к невозможности внешней реализации элемента индивидуального опыта. *Российский психологический журнал*, 16(2/1), 60–75. doi: 10.21702/rpj.2019.2.1.5

Материалы статьи получены 31.08.2019

Введение

В данной работе исследуется вопрос о том, какие изменения происходят с индивидуальным опытом, когда «внешняя» реализация одного из его элементов становится невозможной. Под «внешней» реализацией, в отличие от актуализации элемента во внутреннем плане, понимается осуществление данного акта во внешней среде, приводящее к достижению результата этого акта. Методологически работа базируется на системно-эволюционном подходе в психофизиологии (Швырков, 1995; Александров и др., 1997). В рамках системно-эволюционного подхода понятие «индивидуальный опыт» применяется к структуре, доступной изучению в эмпирическом исследовании при помощи определенных методических приемов, и является основным предметом психологии (Пономарев, 1983; Александров, 2006). Понятие «индивидуальный опыт» описывает психологическую структуру, которая является



совокупностью моделей взаимодействия индивида с окружающей средой, она обеспечивает фиксацию и воспроизведение отдельных взаимодействий.

Элементы, составляющие индивидуальный опыт – функциональные системы (Анохин, 1975). При каждом новом эпизоде научения индивидом приобретается новый элемент опыта, который вписывается в уже существующую структуру. Функциональная система поведенческого акта (элемент опыта) представлена группой специализированных относительно нее нейронов (Швырков, 1995). Специализация нейрона выражается в его стопроцентной активации при реализации индивидом определенного поведенческого акта. Системная специализация нейрона в значительной степени детерминирована генетической программой и постоянна (Швырков, 1995; Александров, 2005).

Таким образом, формирование нового элемента опыта связано с приобретением системной специализации группой нейронов. Приобретение новых нейронных специализаций начинается с ситуации рассогласования, когда имеющийся результат не удовлетворяет потребностям организма, с помощью уже имеющихся в опыте моделей поведения невозможно решить проблемную ситуацию (Александров, 2005). В группе ситуаций, характеризующихся новизной для индивида, в мозге наблюдается повышенная экспрессия ранних генов, в частности, гена *c-fos*, являющихся начальным этапом каскада молекулярно-биологических изменений в нейронах (Анохин, 1997). Предполагается, что экспрессия *c-fos* является одним из маркеров рассогласования, и из клеток с экспрессией *c-fos* отбираются нейроны, приобретающие системную специализацию (Сварник, Анохин и Александров, 2001). На поведенческом уровне, в ситуации рассогласования индивид стремится к его устранению путем поиска решений проблемной ситуации, за счет генерации пробных реализаций новых моделей поведения. Критерием успешности приобретения нового опыта индивидом является достижение им полезного результата. В этом случае можно говорить о формировании нового элемента индивидуального опыта. Вновь сформированный элемент вписывается в общую структуру, при этом предшествующий, ранее сформированный опыт претерпевает изменения (Александров, 2005). Это подтверждают данные многих современных исследований (McKenzie, Robinson, Herrera, Churchill, & Eichenbaum, 2013).

Индивид может столкнуться с ситуацией, в которой нахождение новых способов достижения прежнего результата невозможно, и единственная возможность устранения возникшего рассогласования между потребностью и возможностью достижения результата – это адаптация к новым условиям, возможно, за счет модификаций в отношениях между элементами опыта. Ситуация, в которой индивид не может реализовать поведение, ранее приводившее к достижению значимого результата, в силу устранения объекта взаимодействия, обозначена как ситуация «запрета». Мы предполагаем, что



опыт адаптации к «запрету» фиксируется в индивидуальном опыте. Данное исследование направлено на выяснение характера этой предполагаемой фиксации, изучение возможных изменений в структуре опыта животных, поставленных в ситуацию «запрета».

В настоящее время наиболее феноменологически близкими к проблеме адаптации к невозможности реализации выученного поведения являются широко представленные в литературе работы по «угашению» инструментального навыка. Исследования инструментального «угашения» базируются на методологии «стимул-реакция», отличной от системно-эволюционной методологии (Швырков, 1995; Александров, 2005; *Alexandrov, 2018*). Тем не менее, в этих исследованиях рассматривается сходная с нашей проблематика. В данных работах рассматривался вопрос, может ли адаптация к ситуации невозможности реализации выученного навыка считаться научением, или она является скорее устранением старой неработающей модели (Trask, Thrailkill, & Bouton, 2017; Todd, Vurbic, & Bouton, 2014; Bouton, Trask, & Carranza-Jasso, 2016). «Научение угашению» определяется как приобретение навыка, связанного с прогнозированием неудачи.

Можно предположить, что адаптация к такой нежелательной ситуации как невозможность «внешней» реализации опыта, и прекращение рас-согласования – является результатом, замещающим прежний результат. Модификационные изменения происходят, возможно, в качестве одного из вариантов, без приобретения нового элемента опыта, а за счет реконсо-лидационных изменений в отношениях уже имеющихся элементов опыта.

Целью исследования являлось изучение предполагаемых изменений в структуре индивидуального опыта при невозможности «внешней» ре-ализации одного из ее элементов. Задачей исследования было выявление и описание поведенческих особенностей и динамики активности нейронов при адаптации к ситуации «запрета».

Мы предполагаем, что нейроны, активные в прежнем опыте, возможно, изменят характеристики активности. Также, возможны изменения в активнос-ти нейронов, связанных с обеспечением «сохранившегося поведения», т. е., нейроны, активные в определенном поведении до «запрета», и после запрета в том же поведении, изменят активность в ситуации «запрета».

Методы

Исследование проведено на 7 половозрелых крысах породы Long-Evans весом 200–350гр. В процессе обучения и экспериментальных сессий живот-ные содержались на пищевой депривации – потеря веса не более 15 %. Все эксперименты проведены в соответствии директивой Евросоюза № 86/609 ЕЕС от 24.11.1986 г. о гуманном обращении с экспериментальными животными.



Все эксперименты проводились в специальной двухсекционной экранированной клетке (рис. 1), разделенной перегородкой на две секции и оборудованной фотоэлектрическими датчиками поведения. В разных углах секции, предназначенной для реализации животным инструментального пищедобывательного поведения, расположены две кормушки и две педали. Кормушки находились у дальней от экспериментатора стенки, а педали у ближней. При нажатии животным на педаль автоматически происходит выброс специальной пищевой таблетки в кормушку, также экспериментатор может подать таблетку в кормушку нажатием внешней кнопки.

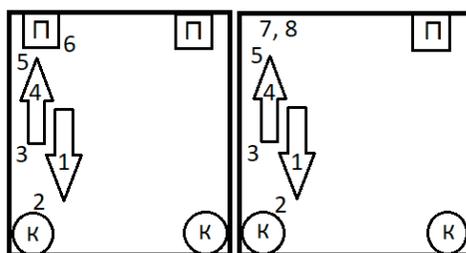


Рисунок 1. Секция экспериментальной клетки, оборудованная 2 педалями (П) и 2 кормушками (К)

Цифрами обозначены акты ЦИПП: 1 – подход к кормушке; 2 – опускание морды в кормушку; 3 – отход от кормушки и движение в сторону педали; 4 – прохождение середины стенки; 5 – пребывание в углу педали; 6 – нажатие на педаль; а также акты, специфичные для ситуации «запрета»: 7 – обнюхивание стенок в области педали; 8 – обнюхивание отверстия на месте вынутой педали

До экспериментов с регистрацией нейронной активности проводится предварительное поэтапное обучение инструментальному пищедобывательному поведению крыс. В рамках этого обучения крысы поэтапно обучались пищедобывательному поведению только на одной стороне (педаль-кормушка) клетки. Обучение разбивается на 6 этапов: подход к кормушке; опускание морды в кормушку; отход от кормушки и движение в сторону педали; прохождение середины стенки; пребывание в углу педали; нажатие на педаль. В течение сессий обучения животное совершает 50–100 успешных, подкрепленных реализаций соответствующих актов инструментального поведения. Выделяются акты (рис. 1), объединенные в цикл инструментального пищедобывательного поведения (ЦИПП), относительно которых могут быть обнаружены специализированные нейроны. Дополнительно нами выделяется акт пищедобывательного поведения – «проверочное залезание мордой в кормушку». Животное считается обученным после совершения им более



20 самостоятельных реализаций полного цикла инструментального пищедобывательного поведения.

После завершения обучения животное содержалось несколько дней в домашней клетке в покое, без ограничений в пище. Далее под наркозом проводили операцию по вживлению микроэлектродов. Операция проводилась под общей анестезией (Золетил, Рометар). Животное скальпировалось и затем, над местом регистрации импульсной активности, соответствующим локализации ретроспленальной коры мозга крысы (P 5,0; L 0,5) (Paxinos & Watson, 1997), трепанировали череп и устанавливали манипулятор, закрепляя основание манипулятора на черепе. Далее погружали микроэлектроды в мозг. Ретроспленальная кора было выбрана для регистрации нейронной активности для повышения вероятности регистрации активности нейронов, специализированных относительно ЦИПП на основе данных литературы (Горкин, Кузина, Ивлиева, Соловьева и Александров, 2017; Кузина, Горкин и Александров, 2015; Шевченко, Александров, Гаврилов, Горкин и Гринченко, 1986).

Во время проведения эксперимента, импульсный сигнал, поступающий с электродов, проходил через усилитель сигнала (усиление 3000, полоса пропускания 100 Гц – 2 кГц) (Горкин, 2011), после чего поступал на компьютер, где с помощью программы Discovery (DataWaveTechnologies, США) велся сбор и запись данных с тетрода. Также по фотоэлектрической методике велась запись поведенческих отметок нажатия педали, прохождения середины стенки и опускания морды крысы в кормушку. Таким образом, и запись спайковой активности нейронов, и реперные отметки поведения записывались программой Discovery в один файл, с одной точкой отсчета, что позволяет точно сопоставить, поведение индивида с нейронной активностью.

Далее регистрировалась активность нейронов ретроспленальной коры в поведенческих циклах добывания животным пищи на той стороне клетки, на которой проходило обучение. Затем экспериментатор выключал рабочую педаль, и нажатия на нее становятся неэффективными. В этот момент включалась вторая педаль (на другой стороне клетки) и животное должно было обучиться нажатю на нее. После обучения (критерий – совершение, в среднем, 20 нажатий) экспериментатор переключал эффективность педали – эффективной вновь становилась первая и так далее, по 20 нажатий на каждую педаль. После нескольких сессий поочередного нажатия на обе педали первая в истории обучения животного изымалась из клетки, на ее месте оставалось отверстие, при этом вторая педаль оставалась нетронутой, но оставалась в режиме «чередования эффективности» (в момент изъятия – неэффективна). Таким образом, животное ставилось в ситуацию невозможности реализации поведения, «запрета». В ситуации «запрета» животное находилось 5 минут (среднее время реализации 20 успешных ЦИПП) после



чего становилась эффективной другая педаль. После 20 успешных нажатий на «сохранившуюся» педаль, ее эффективность выключалась экспериментатором, и животное оказывалось в ситуации «запрета» повторно. В каждой сессии было зарегистрировано 2–3 «запрета», чередующегося с успешным поведением на другой стороне. В процессе всех экспериментальных сессий проводилась видеозапись поведения животных, а также протоколировались все ключевые моменты сессии.

Зарегистрированные потоки мультисклеточной активности были очищены от артефактных сигналов и затем разделены на отдельные кластеры по амплитуде сигнала на разных электродах. Полученные потоки активности отдельных нейронов были сопоставлены с поведением индивида с помощью программы NeuRu (А. К. Крылов). Были выделены отдельные акты ЦИПП, ориентировочного, груминга и других форм поведения, а также модифицированные акты поведения, на той стороне клетки, где наложен «запрет» на реализацию поведенческого акта.

Нас интересовала как активность нейронов, специализированных относительно выделенных нами поведенческих актов (100 % вероятность появления активации в конкретном акте – «специфическая» активность), так и тех нейронов, специализацию которых установить не удалось, но которые были активны в инструментальном пищедобывательном поведении. Если связать активации нейрона с определенными актами поведения было нельзя, или не наблюдается активации нейрона в изучаемом пищедобывательном поведении, то такие клетки считались «неспецифически активными» (т. е. рассматривались как специализированные относительно других форм поведения, сформированных вне контролируемых нами этапов обучения) (Александров и др., 2014). Среди таких клеток были выделены те, вероятность активации которых достигает более 40–50 % при реализациях одного или нескольких последовательных актов. Мы предполагаем, что такие нейроны могут обладать специализацией относительно другого поведения, но косвенно участвуют в обеспечении реализации данного пищедобывательного поведения. Таким образом, для дальнейшего статистического анализа мы отбирали все клетки, вероятность активации которых была выше 50 %, специализированные клетки анализировались дополнительно.

При помощи программы NeuRu получена частота активации отдельных клеток для каждой реализации поведенческих актов. Было проведено статистическое сравнение частот активаций в актах успешного ЦИПП до введения запрета с актами поведения в ситуации невозможности реализации инструментального пищедобывательного поведения по критерию Вилкоксона, при получении достоверных различий проанализирована направленность изменений. Аналогичным образом проведено сравнение по ЦИПП на второй



стороне экспериментальной клетки до и после введения ситуации «запрета» («сохранившееся» поведение) и для актов других форм поведения.

Результаты

Эксперимент с регистрацией нейронной активности был проведен на 7 животных. Для части животных после продолжительного «запрета» (несколько дней, и соответственно, экспериментальных сессий) (4 крысы) была проведена сессия «возврата» – возвращение ранее изъятой педали и восстановления ее эффективности, далее 2 животных были поставлены в ситуацию «запрета» повторно – была изъята вторая в истории обучения животного в экспериментальной клетке педаль.

Из имеющейся картины поведения разных животных в ситуации «запрета» были выделены наиболее часто встречающиеся специфические акты, связанные с модифицированным неэффективным инструментальным пищедобывательным поведением: «подход к отверстию в месте изъятой педали», «нахождение в углу изъятой педали», «обнюхивание отверстия», «обнюхивание угла в месте изъятой педали», «подход к кормушке», «опускание морды в кормушку», «прохождение середины стенки» (Чистова, Ивлиева и Горкин, 2018). Данные поведенческие акты были выделены с учетом возможности сравнения с актами успешного инструментального поведения. Они были либо сходными с актами успешного пищедобывательного поведения, либо наблюдались в том же месте экспериментальной клетки. В сравнение параметров поведения и нейронной активности брались только акты, количество реализаций которых было не менее 3. Необходимо также отметить, что животные, поставленные в ситуацию «запрета», демонстрировали реализацию фрагментированного цикла инструментального пищедобывательного поведения, например, после нахождения в углу педали крайне редко подходили к кормушке. Это косвенно свидетельствует о том, что при невозможности реализации элемента индивидуального опыта в целостной структуре опыта происходят изменения.

В сессиях во время наложения «запрета» наблюдались также поведенческие акты других форм поведения: акты груминга, которые преимущественно совершались животным у отверстия на месте изъятой педали, и акты ориентировочно-исследовательского поведения (стойки, обнюхивания стенок клетки). Обнаружено общее снижение частоты реализаций актов пищедобывательного и связанного с ним поведения в ситуации «запрета» (критерий Манна – Уитни, $p < 0.05$), а также снижение длительности реализаций этих актов (критерий Манна – Уитни, $p < 0.05$), и изменение соотношения количества реализуемых актов пищедобывательного и других форм поведения (см. рис. 2).

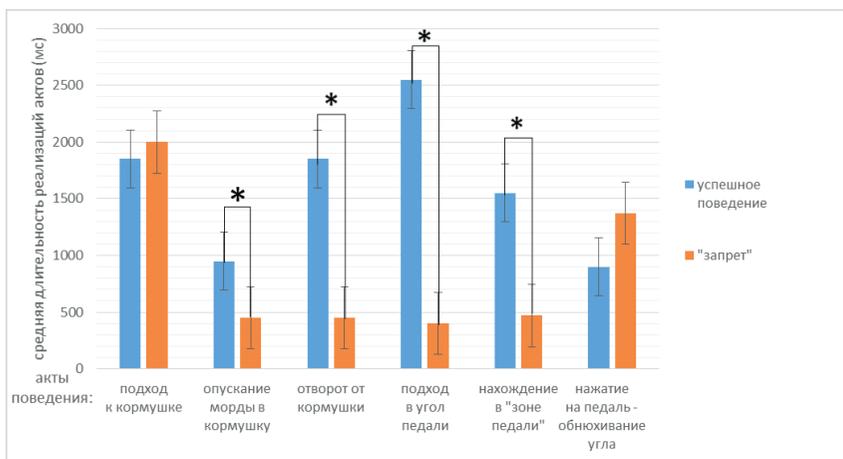


Рисунок 2. Сравнение средних длительностей (мс) реализаций актов успешного пищедобывательного поведения (обозначены синим) с модифицированными актами после изъятия педали (оранжевый)

Значения даны, как среднее \pm стандартная ошибка. Звездочками отмечены достоверные ($p < 0.05$) различия по критерию Манна – Уитни.

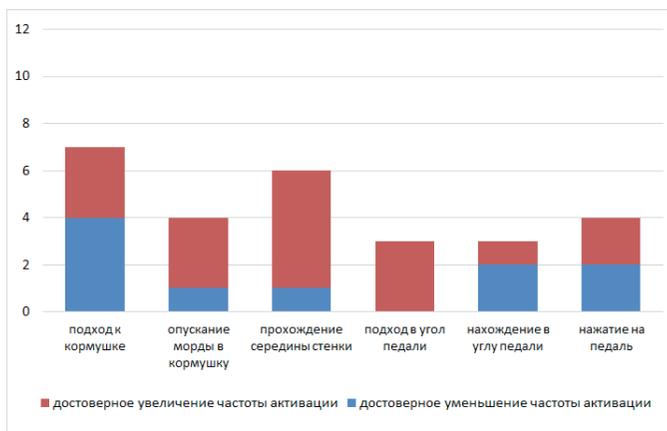
Частота актов ориентировочно-исследовательского поведения (стойки), по критерию Манна – Уитни оказалась достоверно меньше ($p < 0.05$) в дефинитивном поведении (частота реализаций актов в минуту – $0,60 \pm 0,15$), чем во время «запрета» (частота реализаций актов – $0,15 \pm 0,05$). При этом среднее время реализации таких актов в ситуации «запрета» не изменилось. Также не изменились частота и средняя длительность актов груминга после введения запрета.

Для контроля неизменности положения регистрирующих электродов было проведено сравнение активности популяции нейронов, зарегистрированной на отдельном животном, до процедуры удаления педали и после, во время реализации разных форм поведения в той части экспериментальной клетки, куда животное помещали в начале и конце экспериментальной сессии. В результате такого сравнения общепопуляционной активности с помощью статистического критерия Вилкоксона было показано, что в 7 из 9 случаев (сессии «запрета») средняя частота активности популяции нейронов достоверно не изменилась ($p > 0.05$). 2 случая достоверного снижения общепопуляционной активности были исключены из сравнительного анализа нейронной активности в ситуации наложения «запрета».

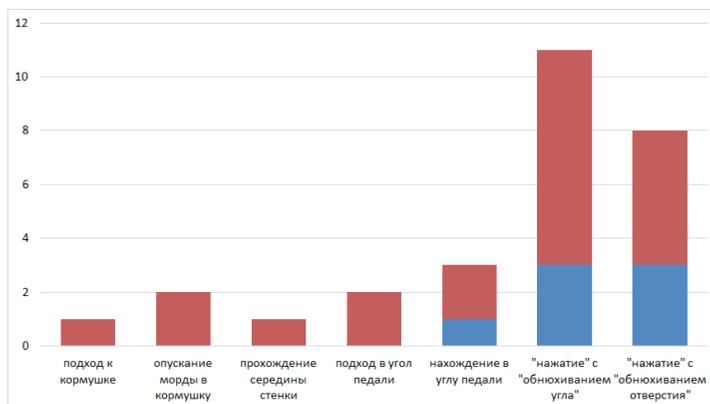


Из зарегистрированной мультиклеточной активности было выделено 30 потоков активности отдельных нейронов, при этом не было обнаружено специализированных относительно выделяемых нами актов пищедобывательного поведения в экспериментальной клетке. Активность зарегистрированных нейронов была проанализирована при реализации модифицированных актов в ситуации «запрета», но у одного животного (для 4 нейронов) количество реализации актов было недостаточным для поактового статистического сравнения. Анализ средней частоты активности нейронов при постановке животного в ситуацию «запрета» не выявил достоверных изменений по сравнению с активностью нейронов за время реализации дефинитивного поведения. Поактовое статистическое сравнение показало, что 15 из 26 нейронов достоверно изменили частоту активности хотя бы в одном из актов в ситуации «запрета» (рис. 3) (критерий Манна – Уитни, $p < 0.05$). Причем наибольшее количество изменений наблюдается в следующих парах сравниваемых актов: «успешное нажатие педали» с актом «обнюхивание стенок в месте изъятой педали» и «успешное нажатие педали» с актом «обнюхивание отверстия на месте изъятой педали» (11 и 8 соответственно). Все достоверные изменения частоты импульсной активности были однонаправленными в рамках принадлежности к одному нейрону, то есть частота активности конкретного нейрона или снижалась, или увеличивалась, причем снижение частоты активности наблюдалось только в актах, связанных с отсутствующей педалью («подход в угол», «обнюхивание угла» и «обнюхивание отверстия»).

Были обнаружены нейроны, активные в поведении на стороне клетки, не подвергающейся «запрету», т. е., в сохранившемся поведении, которые изменили свою активность в ситуации «запрета». Был проведен более подробный анализ «сохранившегося» инструментального пищедобывательного поведения по отдельным потокам нейронной активности. Поактовое статистическое сравнение по критерию Манна – Уитни показало, что частота активности 14 нейронов при реализации «сохранившегося» поведения, достоверно не изменилась после постановки животного в ситуацию «запрета» ($p > 0.05$). В активности 16 нейронов были выявлены достоверные изменения в отдельных актах сохранившего эффективность поведения ($p < 0.05$): в акте «подход к кормушке» – 7 нейронов; «опускание морды в кормушку» – 4 нейрона; «прохождение середины стенки» – 6; «подход к педали» – 3; «нахождение в углу педали» – 3; «нажатие на педаль» – 4. Достоверные изменения частот активности нейронов в актах «сохранившегося» поведения по сравнению с этими актами до наложения «запрета» в целом по популяции имеют разнонаправленный характер – как увеличение частоты, так и снижение (рис. 3), – но у 15 из 16 проанализированных нами нейронов частота активности отдельных клеток изменялась однонаправленно.



а



б

Рисунок 3. Гистограммы количества потоков нейронной активности с достоверным изменением частоты активности при постановке животного в ситуацию «запрета»

Распределение количества достоверных различий активности отдельных нейронов в актах: (а) сохранившего эффективность пищедобывательного цикла по актам: «подход к кормушке» – 7 нейронов; «опускание морды в кормушку» – 4 нейрона; «прохождение середины стенки» – 6; «подход к педали» – 3; «нахождение в углу педали» – 3; «нажатие на педаль» – 4; и по актам (б) модифицированного пищедобывательного поведения: «подход к кормушке» – 1 нейрон; «опускание морды в кормушку» – 2 нейрона; «прохождение середины стенки» – 1; «подход к педали» – 2; «нахождение в углу педали» – 3; сравнение частоты активности в актах «нажатие на педаль» и «обнюхивание угла в зоне педали» – 11; сравнение частоты активности в актах «нажатие педали» и «обнюхивание отверстия» – 8.



Таким образом, можно утверждать, что введение «запрета» на реализацию поведенческого цикла на одной стороне клетки приводит к изменению клеточной активности во время реализации сохранившего свою эффективность поведения. Можно предположить, что в данной ситуации наибольшие изменения в структуре опыта индивида связаны с ожиданием результата на стадии, непосредственно предшествующей консумматорному акту.

Обсуждение результатов

В проведенных экспериментах наблюдались достоверные изменения в активности нейронов, благодаря чему можно говорить о модификациях в структуре опыта, связанных с невозможностью «внешней» реализации одного из его элементов.

Обнаружены разнонаправленные достоверные различия частоты активности нейронов при реализации животным актов в «зоне педали» до и после ее изъятия. Большая часть нейронов, изменивших активность на стороне «запрета», увеличивали частоту активаций. Нейроны, уменьшившие свою активность, до «запрета» также демонстрировали очень низкую частоту. Снижение ими активности может быть связано с отсутствием поведения, во время которого данные клетки показывали неспецифические активации. Увеличение же частоты активности большей частью клеток, изменивших активность в «педальной зоне», предположительно связано с рассогласованием и попытками его устранения. Отмечено увеличение числа стоек в сессиях «запрета» по сравнению с сессиями дефинитивного поведения. Стойки, как показатель ориентировочно-исследовательского поведения, могут свидетельствовать о продолжительном рассогласовании, претерпеваемым индивидом в ситуации «запрета». Предполагается, что в случае, если пробные акты и поисковое поведение не приводит к нахождению новых способов достижения результата, рассогласование затягивается. При затянутом рассогласовании несоответствие между метаболическими «потребностями» нейрона и реальной средой не устраняется, в нейронах могут экспрессироваться гены смерти, которые приводят к запрограммированной гибели нервных клеток, к апоптозу (Александров, 2004). Гибель нейрона – необходимое условие формирования индивидуального опыта в тех случаях, «когда метаболические потребности нейрона вступают в неустрашимое противоречие с новыми способами согласования потребностей клеток индивида» (Александров, 2005, с. 853–855). Возможно, часть клеток с увеличившейся активностью в ситуации «запрета» могут впоследствии подвергнуться апоптозу в рамках общих изменений в структуре опыта.

Получено, что нейроны, неспецифически активные в «сохранившемся поведении» изменили свою активность (относительно того же поведения «до



запрета»), в основном, в актах, связанных с получением результата (подход к кормушке, проверка, и т. д.). Можно утверждать, что введение «запрета» на реализацию поведенческого цикла на одной стороне клетки приводит к изменению активности нейронов во время реализации актов сохранившего свою эффективность поведения, и соответственно перестройке структуры индивидуального опыта. Этот эффект, возможно, в определенной степени сходен с процессом аккомодационной реконсолидации, наблюдающимся элементах ранее сформированного опыта при формировании нового элемента опыта в процессах научения (Alexandrov et al., 2018).

Несмотря на происходящие изменения в структуре индивидуального опыта в ситуации невозможности реализации, нет оснований говорить о «забывании» данного элемента опыта. Это демонстрируют сессии с возвратом ранее изъятых педалей, в которых животные возобновляли пищедобывательное поведение. Феноменологически близкие к теме восстановления инструментального пищедобывательного поведения после его «угашения» (Trask et al., 2017) показывают, что не происходит «стирания» угашаемого опыта. Показано, что при проведении тестовой сессии в контексте, отличном от сессии «угашения», поведение восстанавливается. Такое возобновление поведения названо «обновление» (Bouton & Bolles, 1979). В исследованиях АВА-обновления формирование «реакции страха» происходит в контексте А, «угашение» в контексте В, и тестовая сессия в контексте А (Bouton & Bolles, 1979; Bouton & King, 1983; Bouton & Peck, 1989), в исследованиях АВС-обновления финальное тестирование происходит в новом контексте С (Bouton & King, 1983; Bouton & Ricker, 1994). Также, исследовалось ААВ-обновление, формирование и «угашение» в контексте А, и тестовая сессия в новом контексте В (Thomas, Larsen, & Ayres, 2003; Laborda, Witnauer, & Miller, 2011; Tamai & Nakajima, 2000). Все три варианта экспериментов с «угашением – обновлением» проводились также и для инструментального поведения (Bouton, Todd, Vurbic, & Winterbauer, 2011; Todd, 2013). Данные эксперименты показывают, что «угашение» инструментального поведения не «стирает» первоначальное обучение.

Касаясь значения полученных данных, для понимания процессов адаптации к «запрету» у человека, отметим, что на основании недавнего обзора исследований возможностей и механизмов влияния на сформированную память у животных (в том числе без использования фармакологических агентов) авторы обосновывают вывод о том, что результаты этих исследований уже сыграли и играют важную роль в разработке инновационных подходов к «редактированию» и угнетению памяти человека, в первую очередь – памяти травматической и связанной с постстрессовыми расстройствами (Phelps & Hofmann, 2019).

**Выводы:**

Изменения в частоте активности нейронов в ситуации «запрета» преимущественно связаны с потерей возможности совершать поведенческий акт, приводящий к достижению результата. Это свидетельствует об изменениях в структуре индивидуального опыта, непосредственно связанных с невозможностью «внешней» реализации одного из его элементов.

Обнаружены изменения в активности нейронов «сохранившегося поведения», что свидетельствует о том, что модификации затронули не только непосредственно подвергшийся «запрету» элемент опыта, но и элемент, связанные с ним. Это согласуется с представлениями о приспособительной реконсолидации опыта.

Увеличение частоты активности нейронов в большинстве случаев изменения ими активности, а также некоторые поведенческие показатели, как то – наибольшая частота груминга в месте возле изъятой педали, увеличение количества стоек в ситуации «запрета» – свидетельствует о продолжительном рассогласовании. Рассогласование необходимо приводит к изменениям в структуре индивидуального опыта, связанным как с морфологическими и функциональными модификациями нейронов, так и, возможно, с гибелью некоторых нейронов.

Данные экспериментов, направленных на выявление механизмов влияния на сформированную память животных, играют важную роль не только для фундаментальных исследований динамики памяти у человека, но и для разработки подходов к «редактированию» памяти.

Литература

- Александров, И. О. (2006). *Формирование структуры индивидуального знания*. М.: Изд-во Института психологии РАН.
- Александров, Ю. И. (2004). Системогенез и смерть нейронов. *Нейрохимия*, 11(1), 5–14.
- Александров, Ю. И. (2005). Научение и память: традиционный и системный подходы. *Журнал высшей нервной деятельности*, 55(6), 842–860.
- Александров, Ю. И., Горкин, А. Г., Созинов, А. А., Сварник, О. Е., Кузина, Е. А. и Гаврилов, В. В. (2014). Нейронное обеспечение научения и памяти. В Б. М. Величковский, В. В. Рубцов, Д. В. Ушаков (ред.), *Когнитивные исследования: сб. науч. тр.* (вып. 6, С. 130–169). М.: Изд-во ГБОУ ВПО МГППУ.
- Александров, Ю. И., Греченко, Т. Н., Гаврилов, В. В., Горкин, А. Г., Шевченко, Д. Г., Гринченко, Ю. В., ... Бодунов, М. В. (1997). Закономерности формирования и реализации индивидуального опыта. *Журнал высшей нервной деятельности*, 47(2), 243–260.



- Анохин, К. В. (1997). Молекулярные сценарии консолидации долговременной памяти. *Журнал высшей нервной деятельности*, 47(2), 261–280.
- Анохин, П. К. (1975). *Очерки по физиологии функциональных систем*. М.: Медицина.
- Горкин, А. Г. (2011). Параметры оптимальной фильтрации сигнала при тетродной регистрации нейронной активности. *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*, 61(5), 534–544.
- Горкин, А. Г., Кузина, Е. А., Ивлиева, Н. П., Соловьева, О. А. и Александров, Ю. И. (2017). Паттерны активности нейронов ретроспленальной области коры в инструментальном пищедобывательном поведении у крыс разного возраста. *Журнал высшей нервной деятельности*, 67(3), 334–340.
- Кузина, Е. А., Горкин, А. Г. и Александров, Ю. И. (2015). Активность нейронов ретроспленальной коры крыс на ранних и поздних этапах консолидации памяти. *Журнал высшей нервной деятельности*, 65(2), 248–253.
- Пономарев, Я. А. (1983). *Методологическое введение в психологию*. М.: Наука.
- Сварник, О. Е., Анохин, К. В. и Александров, Ю. И. (2001). Распределение поведенчески специализированных нейронов и экспрессия транскрипционного фактора c-Fos в коре головного мозга крыс при научении. *Журнал высшей нервной деятельности*, 51(6), 758–761.
- Чистова, Ю. Р., Ивлиева, Н. П. и Горкин, А. Г. (2018). Изменения поведенческих показателей в ситуации невозможности внешней реализации элемента индивидуального опыта. В Е. В. Лосева, А. В. Крючкова, Н. А. Логинова (ред.), *Нейронаука для медицины и психологии: XIV Международный междисциплинарный конгресс. Судак, Крым, Россия; 30 мая – 10 июня 2018 г.: Труды Конгресса* (С. 518–519). М.: МАКС Пресс.
- Швырков, В. Б. (1995). *Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики*. М.: Изд-во ИП РАН.
- Шевченко, Д. Г., Александров, Ю. И., Гаврилов, В. В., Горкин, А. Г. и Гринченко, Ю. В. (1986). Сопоставление активности нейронов различных областей коры в поведении. *Нейроны в поведении: системные аспекты* (С. 25–35). М.: Наука.
- Alexandrov, Y. I., Sozinov, A. A., Svarnik, O. E., Gorkin, A. G., Kuzina, E. A., & Gavrillov, V. V. (2018). Neuronal Bases of Systemic Organization of Behavior. In *Systems Neuroscience* (P. 1–33). Springer, Cham.
- Alexandrov, Yu. I. (2018). The subject of behavior and dynamics of its states. *Russian Psychological Journal*, 15(2/1), 131–150. doi: 10.21702/rpj.2018.2.1.8
- Bouton, M. E., & Bolles, R. C. (1979). Contextual control of the extinction of conditioned fear. *Learning and Motivation*, 10, 445–466.
- Bouton, M. E., & King, D. A. (1983). Contextual control of the extinction of conditioned fear: Tests for the associative value of the context. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 9, 248–265.



- Bouton, M. E., & Peck, C. A. (1989). Context effects on conditioning, extinction, and reinstatement in an appetitive conditioning preparation. *Animal Learning & Behavior*, *17*, 188–198.
- Bouton, M. E., & Ricker, S. T. (1994). Renewal of extinguished responding in a second context. *Animal Learning & Behavior*, *22*, 317–324.
- Bouton, M. E., Todd, T. P., Vurbic, D., & Winterbauer, N. E. (2011). Renewal after the extinction of free operant behavior. *Learning & Behavior*, *39*, 57–67.
- Bouton, M. E., Trask, S., & Carranza-Jasso, R. (2016). Learning to inhibit the response during instrumental (operant) extinction. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, *42*(3), 246–258. doi: 10.1037/xan0000102
- Laborda, M. A., Witnauer, J. E., & Miller R. R. (2011). Contrasting AAC and ABC renewal: the role of context associations. *Learning & Behavior*, *39*, 46–56.
- McKenzie, S., Robinson, N. T. M., Herrera, L., Churchill, J. C., & Eichenbaum, H. (2013). Learning Causes Reorganization of Neuronal Firing Patterns to Represent Related Experiences within a Hippocampal Schema. *The Journal of Neuroscience*, *33*(25), 10243–10256.
- Paxinos, G., & Watson, C. (1997). Atlas of anatomy of rat brain. *The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates*. San Diego, Calif.: Academic Press Inc.
- Phelps, E. A., & Hofmann, S. G. (2019). Memory editing from science fiction to clinical practice. *Nature*, *572*(7767), 43–50.
- Tamai, N., & Nakajima, S. (2000). Renewal of formerly conditioned fear in rats after extensive extinction training. *International Journal of Comparative Psychology*, *13*, 137–146.
- Thomas, B. L., Larsen, N. & Ayres, J. J. B. (2003). Role of context similarity in ABA, ABC, and AAB renewal paradigms: implications for theories of renewal and for treating human phobias. *Learning and Motivation*, *34*, 410–436.
- Todd, T. P. (2013). Mechanisms of renewal after the extinction of instrumental behavior. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *39*, 193–207.
- Todd, T. P., Vurbic, D., & Bouton, M. E. (2014). Mechanisms of renewal after the extinction of discriminated operant behavior. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, *40*, 355–368.
- Trask, S., Thrailkill, E. A., & Bouton, M. E. (2017). Occasion setting, inhibition, and the contextual control of extinction in Pavlovian and instrumental (operant) learning. *Behavioural Processes*, *137*, 64–72.



СВЕДЕНИЯ О ПОРЯДКЕ ПОДАЧИ ПУБЛИКАЦИЙ

В журнале могут быть опубликованы оригинальные теоретические и экспериментальные работы по различным разделам психологии, а также обзоры отечественных и зарубежных исследований.

В редакцию принимаются материалы в электронном виде в формате редактора Word doc или docx, набранные 14-м кеглем через 1,5 компьютерных интервала (все поля по 2,0 см), объемом от 10 до 20 страниц, включая список цитированной литературы. При наборе использовать шрифт Times New Roman.

К статье прилагаются аннотация объемом 200–250 слов, 10 ключевых фраз, основные положения статьи. Обращаем Ваше внимание: аннотация является источником информации о содержании статьи и изложенных в ней результатах исследований в обобщенном виде. В ней обязательно отражается новизна исследования, оригинальность авторского замысла. Аннотация не должна содержать скопированные фрагменты статьи.

Все статьи подвергаются проверке в системе Антиплагиат, а также на правильность оформления материала. Рецензирование статей происходит по двойному «слепому» принципу.

Обязательным условием для принятия статьи к рассмотрению является наличие оформленных соответственно требованиям сведений об авторе (фамилия, имя и отчество, ученая степень, ученое звание, место работы и должность, служебный почтовый адрес с индексом, контактные номера телефонов).

Статьи, направленные авторам на доработку и не возвращенные в редакцию к обозначенному сроку, исключаются из портфеля редакции.

С более подробными требованиями к подготовке и условиями публикации статей Вы можете ознакомиться на сайте «Российского психологического журнала»: <http://rpj.ru.com>