

Новые горизонты неинвазивной стимуляции мозга в клинической медицине

А.Г. Пойдашева¹, И.С. Бакулин¹, Н.А. Супонева¹, Е.А.Трошина², М.М. Танашян¹, И.И. Дедов², М.А. Пирадов¹

¹ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия;

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Москва, Россия

Неинвазивная стимуляция мозга относится к наиболее значимым нейротехнологиям, появившимся в XXI столетии и имеющим общемедицинское значение. К этой группе методов относятся ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС) и транскраниальная электрическая стимуляция (ТЭС). Спектр заболеваний и состояний, при которых возможно эффективное применение данных технологий, постоянно расширяется, включая ряд наиболее распространенных патологий современного общества, таких как ожирение, депрессия и др. Недостаточная эффективность модификации образа жизни, а также большой спектр побочных эффектов фармакологических препаратов и высокие хирургические риски оперативного лечения определяют необходимость в поиске новых более безопасных методов коррекции пищевого поведения и терапии ожирения, принявшего характер пандемии. Целый ряд данных свидетельствует о роли изменения лобно-стриарных взаимодействий в патогенезе нарушений пищевого поведения. Учитывая существующие концепции развития пищевой зависимости, основным подходом к применению ТМС и ТЭС является стимуляция активности областей, участвующих в когнитивном контроле, таких как дорсолатеральная префронтальная кора. В обзоре рассмотрены основные результаты проведенных на сегодня исследований рТМС и ТЭС у пациентов с нарушениями пищевого поведения, а также вопросы безопасности применения этих методик в рутинной клинической практике.

Ключевые слова: неинвазивная стимуляция мозга, транскраниальная электрическая стимуляция, ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция, нарушения пищевого поведения.

Адрес для корреспонденции: 125367, Россия, Москва, Волоколамское ш., д. 80. ФГБНУ НЦН. E-mail: nasu2709@mail.ru. Супонева Н.А.

Для цитирования: Пойдашева А.Г., Бакулин И.С., Супонева Н.А., Трошина Е.А., Танашян М.М., Дедов И.И., Пирадов М.А. Новые горизонты неинвазивной стимуляции мозга в клинической медицине. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии* 2018; 12 (Специальный выпуск): 25–31.

DOI: 10.25692/ACEN.2018.5.3

New horizons of non-invasive brain stimulation in clinical medicine

A.G. Poydasheva¹, I.S. Bakulin¹, N.A. Suponeva¹, E.A. Troshina², M.M. Tanashyan¹, I.I. Dedov², M.A. Piradov¹

¹Research Center of Neurology, Moscow, Russia;

²National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow, Russia

Non-invasive brain stimulation belongs to most significant neurotechnologies which have arisen in the XXIst century and are characterized by universal medical importance. This group of methods comprises rhythmic transcranial magnetic stimulation (rTMS) and transcranial electric stimulation (transcranial direct current stimulation, tDCS). A spectrum of conditions for which these methods may be effective is steadily expanding and includes a variety of prevalent disorders of the modern society, such as obesity, depression, etc. The low effectiveness of lifestyle modification, as well as a wide range of pharmacological drugs' side effects and high risks of surgical treatment determine the need to search for new safe methods of correction of eating behavior and obesity, a real pandemic of our society. A number of data suggest the pathogenic role of changes of the frontal-striatal interactions in eating behavior disorders. Taking into account the existing models of the development of food dependence, the main approach to the use of rTMS and tDCS is stimulation of areas involved in cognitive control, such as the dorsolateral prefrontal cortex. Current data on studies of rTMS and tDCS in patients with impairment of eating behavior, as well as safety issues of using these techniques in routine clinical practice are reviewed.

Keywords: non-invasive brain stimulation, transcranial electric stimulation, rhythmic transcranial magnetic stimulation, impairment of eating behavior.

For correspondence: 125367, Russia, Moscow, Volokolamskoye sh., 80, Research Center of Neurology. E-mail: nasu2709@mail.ru. Suponeva N.A.

For citation: Poydasheva A.G., Bakulin I.S., Suponeva N.A., Troshina E.A., Tanashyan M.M., Dedov I.I., Piradov M.A. [New horizons of non-invasive brain stimulation in clinical medicine]. *Annals of clinical and experimental neurology* 2018; 12 (Special issue): 25–31. (In Russ.)

DOI: 10.25692/ACEN.2018.5.3

Неинвазивная стимуляция мозга относится к наиболее значимым нейротехнологиям, появившимся в XXI столетии и имеющим общемедицинское значение. К этой группе методов относятся транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) и транскраниальная электрическая стимуляция (ТЭС). ТМС представляет собой метод неинвазивной стимуляции головного мозга, который основан на принципе электромагнитной индукции: последний состоит в возникновении токов проводимости в проводящем теле, помещенном в магнитное поле, за счет изменений магнитного поля во времени (либо при изменении положения этого тела). При стимуляции, таким образом, происходит деполяризация мембраны нейрона и формирование потенциала действия [3]. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС) состоит в последовательном нанесении нескольких (как правило, более 1000) стимулов с заданной постоянной частотой. Показано, что рТМС оказывает долговременные эффекты на возбудимость коры, изменяя ионный баланс в популяции стимулируемых нейронов [33]. Считается, что долговременные эффекты рТМС связаны с влиянием на механизмы синаптической пластичности – долговременное потенцирование (LTP) и долговременное ингибирование (LTD), обусловленные модуляцией глутаматных NMDA-рецепторов постсинаптической мембраны. LTP приводит к усилению синаптической передачи, тогда как LTD, напротив, приводит к длительному ослаблению силы синапсов [20]. Кроме того, обсуждаются эффекты рТМС на секрецию нейротрансмиттеров и нейротрофических факторов, генетический аппарат нейронов, глиальные клетки, предотвращение клеточной гибели, а также собственные биофизические эффекты магнитного поля [8, 16].

В отличие от ТМС, технология ТЭС не вызывает деполяризации мембраны нейрона и формирования потенциала действия. Считается, что транскраниальная стимуляция постоянным током вызывает подпороговое изменение мембранного потенциала, что, в свою очередь, приводит к изменению возбудимости нейронов [11, 12, 15]. В исследованиях оценки возбудимости моторной коры с помощью ТЭС показано, что анодная стимуляция повышает возбудимость моторной коры, тогда как катодная, напротив, снижает [40]. Долговременные эффекты ТЭС определяются механизмами синаптической пластичности и экспрессией ряда белков, что сопровождается изменением внутриклеточной концентрации кальция, цАМФ и мозгового нейротрофического фактора (BDNF) [52].

Спектр заболеваний и состояний, при которых возможно эффективное применение данных технологий, постоянно расширяется, включая ряд наиболее распространенных патологий современного общества, таких как депрессия, хронический болевой синдром, ожирение и др. [2]. Последнее из данного перечня заслуживает особого внимания. За последние десятилетия распространенность ожирения в мире значительно возросла, и в настоящее время ожирение по масштабам роста заболеваемости уже рассматривается как пандемия [45]. В основе лечения ожирения лежит модификация образа жизни с соблюдением принципов рационального питания и регулярных аэробных физических нагрузок, но эффективность этой стратегии в долговременной перспективе невелика [5]. В случаях недостаточного эффекта от модификации образа жизни могут применяться фармакологические препараты и, в ряде случаев, бариатрические хирургические операции. Однако использование фарма-

кологических препаратов ограничено широким спектром побочных эффектов, тогда как при отборе кандидатов для хирургического лечения основной проблемой являются сердечно-сосудистые заболевания, сопутствующие ожирению и увеличивающие анестезиологические риски пациента; кроме того, из-за развивающегося синдрома мальабсорбции пациентам необходим пожизненный заместительный прием препаратов железа, кальция, поливитаминов [41].

Вышеперечисленные факторы определяют необходимость поиска новых более безопасных методов коррекции пищевого поведения и терапии ожирения, одним из которых может стать неинвазивная стимуляция мозга (ТМС, ТЭС).

Физиологические основы нарушений пищевого поведения

Возможность применения методов неинвазивной нейростимуляции основывается на накопленных данных, свидетельствующих о роли изменения лобно-стриарных взаимодействий в патогенезе нарушений пищевого поведения, в частности, в возникновении патологического влечения к пище. На сегодня доминирующей моделью нарушений внутрикорковых взаимодействий, приводящих к развитию ожирения, признана модель формирования пищевой зависимости (food addiction model).

Наиболее распространенным является мнение о том, что ожирение возникает вследствие формирования "пищевой" зависимости к высококалорийным, богатым простыми углеводами и жирами продуктам [23]. Ряд авторов, исходя из подобной логики, предлагает относить ожирение к психическим расстройствам, наряду с зависимостями от психоактивных веществ [18]. Считается, что аддикции развиваются по схожим патофизиологическим механизмам, при этом ключевую роль играют нарушения взаимодействий внутри системы внутреннего подкрепления, включающей в себя такие структуры как вентральная область покрышки, миндалина, вентральные и дорсальные отделы полосатого тела, префронтальная и передняя поясная кора, кора островка, субталамическое ядро, прилежащее ядро и другие элементы [9]. Большую роль в регуляции пищевого поведения играют не только физиологические энергетические потребности организма, но и вкусовые качества потребляемой пищи [29]. Данные нейровизуализационных исследований подтверждают взаимосвязь между предъявлением вкусной, богатой простыми углеводами и жирами пищи и активацией регионов, входящих в систему внутреннего подкрепления [9]. При этом особой ролью в формировании пищевой зависимости наделяют прилежащее ядро (NAcc) и дофаминергические нейроны среднего мозга, несущие обширные проекции в различные структуры системы внутреннего подкрепления, в том числе в NAcc. С помощью прямой электродной регистрации нейрональной активности из NAcc показано, что частота возбуждения нейронов коррелирует с вкусовыми качествами и количеством простых углеводов в потребляемой пище [46]. В других исследованиях было показано, что высвобождение дофамина в NAcc связано с количеством потребляемой пищи [37]. В рамках данной модели разработано три теории реализации формирования патологического влечения к пище: теория недостаточности ингибирующего контроля, а также теории повышенной и пониженной чувствительности к внутреннему подкреплению.

Согласно теории недостаточности ингибирующего контроля, к переяданию ведет уменьшение ограничивающего контроля по отношению к различным внешним пище-

вым стимулам, опосредуемое, в первую очередь, структурами префронтальной коры. Кремнева и соавт. (2015) на группе здоровых добровольцев показали, что при предъявлении пищи, богатой жирами и углеводами, выделяется зона активации в дорсолатеральной префронтальной коре (ДЛПФК) обоих полушарий [1]. В других исследованиях были получены разнонаправленные результаты, отражающие как увеличение, так и снижение активации в ДЛПФК у лиц с ожирением [10, 14]. Однако у подростков, страдающих ожирением, по сравнению с их сверстниками с нормальным весом выявлено снижение активации в верхней и средней лобных извилинах, медиальной префронтальной и орбитофронтальной коре при предъявлении теста go/no go пищевой модальности [7]. Кроме того, данные исследования Goldman и соавт. (2013) показали, что увеличение объема активации префронтальной коры при использовании такой же парадигмы коррелирует с большей потерей веса после бариатрических хирургических вмешательств [26]. Таким образом, к настоящему моменту накоплены данные, свидетельствующие о роли лобной коры в формировании пищевой зависимости.

Теория повышенной чувствительности к внутреннему подкреплению предполагает, что лица, страдающие ожирением, испытывают более сильное внутреннее подкрепление при потреблении пищи, нежели здоровый человек [43]. Показано, что повышенная активность в НАсс при предъявлении пищи ассоциирована с большими рисками набора веса [17]. В других исследованиях продемонстрировано, что увеличение активности в миндалине и полосатом теле при предъявлении стимулов различных модальностей, связанных с пищей, также является прогностическим фактором развития ожирения [44, 53].

Теория сниженной чувствительности к внутреннему подкреплению, напротив, рассматривает в качестве основного патологического механизма развития пищевой зависимости уменьшение чувствительности в системе внутреннего подкрепления. Согласно ей, переедание и впоследствии ожирение возникают как попытка компенсации недостаточной активации системы внутреннего подкрепления в ответ на прием пищи [51].

Следует отметить, что, несмотря на большое количество исследований, четкой концепции формирования пищевой зависимости не выработано, и множество вопросов здесь пока остаются нерешенными.

Методы неинвазивной стимуляции мозга в коррекции нарушений пищевого поведения при ожирении

Учитывая существующие концепции развития пищевой зависимости и возможность проводить неинвазивную стимуляцию только поверхностно расположенных структур, основными подходами к применению ТМС и ТЭС являются:

1) Ингибирование нейрональной активности, связанной с возникновением патологического влечения к пище — например, такой как гиперактивация орбитофронтальной и передней поясной коры головного мозга.

2) Стимуляция активности областей, участвующих в когнитивном контроле, таких как ДЛПФК [48]. Наиболее часто используются протоколы неинвазивной стимуляции, увеличивающие активность этого участка — высокочастотная рТМС и анодная ТЭС левой либо правой ДЛПФК. Пред-

полагается, что увеличение активности ДЛПФК может привести к облегчению когнитивного контроля за приёмом пищи и подавлению механизмов вознаграждения, которые приводят к избыточному употреблению пищи [27, 48].

К настоящему моменту проведено 5 исследований по применению рТМС у пациентов с нарушениями пищевого поведения.

В 2005 году Uher и соавт. показали, что один сеанс высокочастотной рТМС левой ДЛПФК приводит к уменьшению влечения к пище по сравнению с имитацией стимуляции непосредственно сразу после проведения процедуры [47]. В 2010 году Van den Eynde и соавт., используя тот же протокол стимуляции, показали, что одна сессия высокочастотной рТМС левой ДЛПФК приводит не только к уменьшению влечения к пище непосредственно после стимуляции, но и уменьшению частоты эпизодов компульсивного переедания в течение суток у пациентов с булимическим типом нарушения пищевого поведения [49]. Однако в исследовании Barth и соавт. (2011) статистически значимого уменьшения влечения к пище после одного сеанса высокочастотной стимуляции левой ДЛПФК при реальной стимуляции по сравнению с имитацией стимуляции выявлено не было [6].

Эффективность курса рТМС у пациентов с нервной булимией оценивалась в небольшом рандомизированном слепом плацебо-контролируемом исследовании с включением 14 пациентов [50]. Всем пациентам до рандомизации проводилась имитация стимуляции в течение 1 нед. После рандомизации пациенты основной группы получали 15 сеансов высокочастотной стимуляции левой ДЛПФК, а пациенты группы сравнения — имитацию стимуляции с помощью специальной sham-катушки. Эффективность лечения оценивалась непосредственно после завершения курса рТМС, а также через 3 нед. для оценки долгосрочных эффектов. В обеих группах было выявлено уменьшение частоты эпизодов компульсивного переедания, а также выраженности симптомов депрессии и обсессивно-компульсивного расстройства, однако различия между группами реальной стимуляции и имитации стимуляции не достигли статистической значимости [50].

Kim и соавт. (2017) оценивали эффективность 4 сессий высокочастотной рТМС левой ДЛПФК у пациентов, страдающих ожирением [32]. В исследование было включено 60 пациентов, в качестве плацебо в группе сравнения проводилась стимуляция зоны вертекса. Непосредственно после окончания курса, а также через 3 недели оценивали степень снижения массы тела и субъективные характеристики аппетита и потребления пищи. В группе реальной стимуляции отмечено статистически значимо большее снижение массы тела по сравнению с группой имитации стимуляции. При оценке аппетита значимых различий получено не было, однако в группе активной стимуляции отмечалось уменьшение потребления пищи преимущественно за счет потребления жиров и белков.

Lowe и соавт. (2017) показали, что применение рТМС левой ДЛПФК у здоровых добровольцев вызывает статистически значимое увеличение влечения к пище и потребления снежков в группе активной стимуляции по сравнению с имитацией стимуляции, что подтверждает роль левой ДЛПФК в осуществлении исполнительного контроля и эффективным самоконтроле диеты [36].

Таким образом, полученные данные о применении как однократной сессии, так и курса рТМС в терапии расстройств пищевого поведения противоречивы. Эффективность рТМС в полной мере необходимо оценить в будущих исследованиях с применением курса стимуляции и анализом долгосрочных эффектов.

Ряд важных работ посвящен и изучению ТЭС. В исследованиях с применением однократной анодной ТЭС области ДЛПФК показано уменьшение влечения к пище в целом [22, 34, 38], а также уменьшение влечения к сладкой, богатой углеводами пище [25, 31]. В тех же работах показаны разнонаправленные эффекты на фактическое потребление пищи, в частности, потребление калорий. Fregni и соавт. (2008) показали, что анодная стимуляция как правой, так и левой ДЛПФК приводит к снижению потребления пищи [22]. Исследование Lapenta и соавт. (2014) подтвердило уменьшение потребления калорий при анодной стимуляции левой ДЛПФК [34]. Однако два других исследования показали отсутствие эффекта анодной стимуляции правой ДЛПФК на потребление пищи [25, 31]. Montenegro и соавт. (2012) показали, что комбинация анодной ТЭС левой ДЛПФК и физических упражнений оказывает более выраженное влияние на субъективное чувство аппетита у пациентов, страдающих ожирением, чем каждое из вмешательств по отдельности [38]. Кроме того, при использовании окулографии показано уменьшение внимания к пище при демонстрации изображений пищевых продуктов и не связанных с пищей изображений [22].

В трех исследованиях изучался эффект курса ТЭС. Jauch-Shaga и соавт. (2014) оценивали эффект 8 последовательных сессий анодной стимуляции правой ДЛПФК на группе из 14 здоровых мужчин и показали, что в группе активной стимуляции имело место статистически достоверное уменьшение суммарного потребления калорий по сравнению с контрольной группой [30]. Эффективность курса из трех сессий анодной и катодной ТЭС левой ДЛПФК у пациентов, страдающих ожирением, оценивалась в исследовании Gluck и соавт. (2015). В обеих группах активной стимуляции было отмечено уменьшение потребления жирной пищи и сладкой газированной воды по сравнению с контролем, при этом снижение веса в большей степени было выражено в группе анодной стимуляции при сравнении с катодной стимуляцией [24]. В исследовании Ljubisavljevic и соавт. (2016) оценивались немедленные и долгосрочные эффекты 5 ежедневных сессий анодной стимуляции правой ДЛПФК на влечение к пище у 27 добровольцев, имевших нормальный вес [35]. При этом в группе сравнения в первый день проводилась активная сессия анодной стимуляции правой ДЛПФК, идентичная сессиям в основной группе, тогда как в четыре последующих дня проводилась имитация стимуляции. Однократная сессия активной стимуляции оказывает только немедленный, но не долгосрочный эффект на влечение к пище, тогда как курс ТЭС статистически достоверно уменьшает влечение к пище как непосредственно после его окончания, так и через 1 мес.

Таким образом, данные об эффектах однократной сессии ТЭС области ДЛПФК обоих полушарий противоречивы, тогда как курсовое применение ТЭС показало обнадеживающие результаты как в отношении влечения к пище, так и в отношении фактического потребления пищи и изменения веса.

В 2017 году были опубликованы результаты мета-анализа исследований, посвященных изучению влияния неинва-

зивной стимуляции мозга на пищевое поведение [36]. Было показано, что однократная сессия рТМС ДЛПФК оказывает менее гетерогенный эффект по сравнению с ТЭС ДЛПФК и в большей степени влияет на влечение к пище, но не на ее фактическое потребление. В исследованиях с проведением курса неинвазивной стимуляции у пациентов с ожирением были получены многообещающие предварительные результаты об эффективности и рТМС, и ТЭС, тогда как в отношении булимии и компульсивного переедания результаты менее определены.

Безопасность и переносимость ТМС и ТЭС

Широкое применение методов неинвазивной стимуляции мозга в клинической практике требует особого внимания к безопасности процедур. Основным документом, регламентирующим вопросы безопасности проведения рТМС и абсолютные/относительные противопоказания к проведению рТМС, являются опубликованные Рекомендации по безопасному применению рТМС [42].

Наиболее тяжелым из нежелательных эффектов является развитие ТМС-индуцированного эпилептического приступа. Однако, учитывая небольшое количество сообщений об эпилептических приступах при нарастающей частоте использования ТМС, можно говорить о крайне низком риске развития данного побочного эффекта [39]. Кроме того, описаны такие нежелательные эффекты рТМС, как головная боль и боль или ощущение дискомфорта в месте стимуляции, боль в шее, зубная боль, преходящие изменения слуха, синкопе, транзиторные изменения настроения и когнитивных функций [4]. ТЭС вызывает меньшее количество нежелательных эффектов, основным из которых являются болезненные ощущения и поверхностные ожоги кожи в области электродов. Использование стандартных протоколов стимуляции практически полностью исключает возможность превышения безопасных параметров, таких как сила тока и плотность тока, а Управление по контролю за пищевыми продуктами и лекарственными препаратами США (FDA) рассматривают сеансы ТЭС как не несущие существенного риска. Таким образом, при проведении ТЭС не следует ожидать серьезных неблагоприятных эффектов [12, 22].

Важно отметить также, что ни в исследованиях по применению ТЭС, ни в работах по применению рТМС у лиц с нарушениями пищевого поведения не описано серьезных нежелательных эффектов, что служит подтверждением безопасности этих процедур.

Можно заключить, что следование имеющимся рекомендациям по безопасному применению рассматриваемых методик и соблюдение критериев отбора пациентов, а также использование стандартных протоколов позволяет минимизировать риски развития нежелательных явлений для пациентов.

Заключение

Обсуждая применение неинвазивной стимуляции мозга для коррекции пищевого поведения, необходимо отметить ряд методологических особенностей проведенных исследований. Так, в большинстве работ оценивалось влияние неинвазивной стимуляции на влечение к пище с использованием специальных опросников или визуальной аналоговой шкалы (в последнем случае испытуемый должен

отметить, насколько сильно он хочет съесть тот или иной продукт), а также другие поведенческие составляющие пищевого поведения. При этом в единичных исследованиях оценивалось влияние неинвазивной стимуляции мозга на массу тела и различные антропометрические и метаболические показатели. Кроме того, рядом авторов оценивался только кратковременный, но не отсроченный эффект стимуляции, что затрудняет определение места данных методик в клинической практике. В большинстве исследований ТЭС использовался перекрестный дизайн, при котором имитация стимуляции легко отличима от активной стимуляции, что, в сочетании с субъективными мерами оценки, снижает достоверность получаемых отличий. Более адекватным является использование в качестве контроля стимуляции областей, не имеющих отношения к регуляции пищевого поведения (например, вертекса), использование параллельного дизайна и включение в исследование пациентов либо добровольцев, которым ранее стимуляция не

проводилась. Важным направлением будущих работ может быть поиск индивидуальных предикторов эффективности неинвазивной стимуляции мозга [27, 48].

Высокая межиндивидуальная вариабельность эффекта характерна для применения неинвазивной стимуляции мозга при различных патологических состояниях. Одним из перспективных подходов для снижения вариабельности эффекта и увеличения его выраженности является учет индивидуальных особенностей функционального состояния головного мозга, например, с использованием данных функциональной нейровизуализации [8].

Таким образом, неинвазивная стимуляция мозга является перспективным методом модуляции пищевого поведения, однако его эффективность в полной мере необходимо оценить в будущих исследованиях с применением курса стимуляции и оценкой долгосрочных эффектов.

Список литературы

1. Кремнева Е.И., Суслин А.С., Говорин А.Н. и др. фМРТ-картирование алиментарных функциональных зон головного мозга. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии* 2015; 9(1): 32–36.
2. Пирадов М.А., Иллариошкин С.Н., Гуша А.О. и др. Современные технологии нейромодуляции. В кн.: *Неврология XXI века: современные диагностические, лечебные и исследовательские технологии. В 3-х т. (под ред. М.А. Пирадова, С.Н. Иллариошкина, М.М. Танашиян)*. М.: АТМО, 2015. Т. 2: 46–98.
3. Пойдашева А.Г., Бакулин И.С., Чернявский А.Ю. и др. Картирование корковых представительства мышц с помощью навигационной транскраниальной магнитной стимуляции: возможности применения в клинической практике. *Медицинский алфавит* 2017; 2(22): 21–25.
4. Супонева Н.А., Бакулин И.С., Пойдашева А.Г., Пирадов М.А. Безопасность транскраниальной магнитной стимуляции: обзор международных рекомендаций и новые данные. *Нервно-мышечные болезни* 2017; 7(2): 21–36.
5. Ayyad C., Andersen T. Long-term efficacy of dietary treatment of obesity: A systematic review of studies published between 1931 and 1999. *Obesity Reviews* 2000; 1(2): 113–119. DOI: 10.1046/j.1467-789x.2000.00019.x. PMID: 12119984.
6. Barth K.S., Rydin-Gray S., Kose S. et al. Food cravings and the effects of left prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation using an improved sham condition. *Front Psychiatry* 2011; 2: 9. DOI: 10.3389/fpsy.2011.00009. PMID: 21556279.
7. Batterink L., Yokum S., Stice E. Body mass correlates inversely with inhibitory control in response to food among adolescent girls: An fMRI study. *NeuroImage* 2010; 52(4): 1696–703. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.05.059. PMID: 20510377.
8. Bergmann T. O., Karabanov A., Hartwigsen G. et al. Combining non-invasive transcranial brain stimulation with neuroimaging and electrophysiology: Current approaches and future perspectives. *NeuroImage* 2016; 140: 4–19. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2016.02.012. PMID: 26883069.
9. Berridge K.C. “Liking” and “wanting” food rewards: Brain substrates and roles in eating disorders. *Physiol Behav* 2009; 97(5): 537–550. DOI: 10.1016/j.physbeh.2009.02.044. PMID: 19336238.
10. Berthoud H.R. Brain, appetite and obesity. *Physiol Behav* 2005; 85(1): 1–2. PMID: 15924902 DOI: 10.1016/j.physbeh.2005.04.006
11. Bikson M., Inoue M., Akiyama H. et al. Effects of uniform extracellular DC electric fields on excitability in rat hippocampal slices in vitro. *J Physiol* 2004; 557(1): 175–190. DOI: 10.1113/jphysiol.2003.055772. PMID: 14978199.
12. Bikson M., Grossman P., Thomas C. et al. Safety of transcranial direct current stimulation: Evidence dased update 2016. *Brain Stimulation* 2016; 10(5): 983–985. DOI: 10.1016/j.brs.2016.06.004. PMID: 28751225.
13. Bliss T.V., Cooke S.F. Long-term potentiation and long-term depression: a clinical perspective. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)* 2011; 66(Suppl 1): 3–17. DOI: 10.1590/s1807-59322011001300002. PMID: 21779718.
14. Carnell S., Gibson C., Benson L. et al. Neuroimaging and obesity: Current knowledge and future directions. *Obesity Reviews* 2012; 13(1): 43–56. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2011.00927.x. PMID: 21902800
15. Chan C.Y., Hounsgaard J., Nicholson C. Effects of electric fields on transmembrane potential and excitability of turtle cerebellar Purkinje cells in vitro. *J Physiol* 1988; 402: 751–71. PMID: 3236254.
16. Chervyakov A.V., Chernyavsky A.Y., Sinityn D.O., Piradov M.A. Possible Mechanisms Underlying the Therapeutic Effects of Transcranial Magnetic Stimulation. *Front Hum Neurosci* 2015; 9: 303. DOI: 10.3389/fnhum.2015.00303. PMID: 26136672.

References

1. Kremneva E.I., Suslin A.S., Govorin A.N. et al. [fMRI-mapping of alimentary functional areas of the brain]. *Annals of clinical and experimental neurology* 2015; 9(1): 32–36. (In Russ.)
2. Piradov M.A., Illarionov S.N., Gushcha A.O. et al. [Modern technology of neuromodulation]. In.: [XXI Century Neurology: diagnostic, treatment and research technologies: Guide for Doctors in 3 Volumes. Eds. Piradov M.A., Illarionov S.N., Tanashyan.M.M.]. Moscow: АТМО, 2015. V.2: 46–98. (In Russ.)
3. Poydasheva A.G., Bakulin I.S., Chernyavskiy A.Yu. et al. [Mapping of cortical representations of muscles with the help of navigational transcranial magnetic stimulation: possible applications in clinical practice]. *Meditsinskiy alfavit* 2017; 2(22): 21–25. (In Russ.)
4. Suponeva N.A., Bakulin I.S., Poydasheva A.G., Piradov M.A. [Safety of transcranial magnetic stimulation: a review of international recommendations and new data]. *Nervno-myshechnyye bolezni* 2017; 7(2): 21–36 (In Russ.)
5. Ayyad C., Andersen T. Long-term efficacy of dietary treatment of obesity: A systematic review of studies published between 1931 and 1999. *Obesity Reviews* 2000; 1(2): 113–119. DOI: 10.1046/j.1467-789x.2000.00019.x. PMID: 12119984.
6. Barth K.S., Rydin-Gray S., Kose S. et al. Food cravings and the effects of left prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation using an improved sham condition. *Front Psychiatry* 2011; 2: 9. DOI: 10.3389/fpsy.2011.00009. PMID: 21556279.
7. Batterink L., Yokum S., Stice E. Body mass correlates inversely with inhibitory control in response to food among adolescent girls: An fMRI study. *NeuroImage* 2010; 52(4): 1696–703. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.05.059. PMID: 20510377.
8. Bergmann T. O., Karabanov A., Hartwigsen G. et al. Combining non-invasive transcranial brain stimulation with neuroimaging and electrophysiology: Current approaches and future perspectives. *NeuroImage* 2016; 140: 4–19. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2016.02.012. PMID: 26883069.
9. Berridge K.C. “Liking” and “wanting” food rewards: Brain substrates and roles in eating disorders. *Physiol Behav* 2009; 97(5): 537–550. DOI: 10.1016/j.physbeh.2009.02.044. PMID: 19336238.
10. Berthoud H.R. Brain, appetite and obesity. *Physiol Behav* 2005; 85(1): 1–2. PMID: 15924902 DOI: 10.1016/j.physbeh.2005.04.006
11. Bikson M., Inoue M., Akiyama H. et al. Effects of uniform extracellular DC electric fields on excitability in rat hippocampal slices in vitro. *J Physiol* 2004; 557(1): 175–190. DOI: 10.1113/jphysiol.2003.055772. PMID: 14978199.
12. Bikson M., Grossman P., Thomas C. et al. Safety of transcranial direct current stimulation: Evidence dased update 2016. *Brain Stimulation* 2016; 10(5): 983–985. DOI: 10.1016/j.brs.2016.06.004. PMID: 28751225.
13. Bliss T.V., Cooke S.F. Long-term potentiation and long-term depression: a clinical perspective. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)* 2011; 66(Suppl 1): 3–17. DOI: 10.1590/s1807-59322011001300002. PMID: 21779718.
14. Carnell S., Gibson C., Benson L. et al. Neuroimaging and obesity: Current knowledge and future directions. *Obesity Reviews* 2012; 13(1): 43–56. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2011.00927.x. PMID: 21902800
15. Chan C.Y., Hounsgaard J., Nicholson C. Effects of electric fields on transmembrane potential and excitability of turtle cerebellar Purkinje cells in vitro. *J Physiol* 1988; 402: 751–71. PMID: 3236254.
16. Chervyakov A.V., Chernyavsky A.Y., Sinityn D.O., Piradov M.A. Possible Mechanisms Underlying the Therapeutic Effects of Transcranial Magnetic Stimulation. *Front Hum Neurosci* 2015; 9: 303. DOI: 10.3389/fnhum.2015.00303. PMID: 26136672.

17. Demos K.E., Heatherton T.F., Kelley W.M. Individual Differences in Nucleus Accumbens Activity to Food and Sexual Images Predict Weight Gain and Sexual Behavior. *J Neurosci* 2012; 32(16): 5549–5552. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5958-11.2012. PMID: 22514316.
18. Devlin M.J. Is there a place for obesity in DSM-V? *Int J Eating Disord* 2007; 40 (Suppl): S83–S88. DOI: 10.1002/eat.20430. PMID: 17683083.
19. Di Lazzaro V., Ziemann U., Lemon R.N. State of the art: Physiology of transcranial motor cortex stimulation. *Brain Stimulation* 2008; 1(4): 345–362. DOI: 10.1016/j.brs.2008.07.004. PMID: 20633393.
20. Duffau H. Brain plasticity: From pathophysiological mechanisms to therapeutic applications. *J Clin Neurosci* 2006; 13(9): 885–897. PMID: 17049865. DOI: 10.1016/j.jocn.2005.11.045.
21. Fregni F., Nitsche M.A., Loo C.K. et al. Regulatory considerations for the clinical and research use of transcranial direct current stimulation (tDCS): Review and recommendations from an expert panel. *Clin Res Regulatory Affairs* 2015; 32(1): 22–35. DOI: 10.3109/10601333.2015.980944. PMID: 25983531.
22. Fregni F., Orsati F., Pedrosa W. et al. Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates the desire for specific foods. *Appetite* 2008; 51(1): 34–41. DOI: 10.1016/j.appet.2007.09.016. PMID: 18243412.
23. Gearhardt A.N., Grilo C.M., Dileone R.J. et al. Can food be addictive? Public health and policy implications. *Addiction* 2011; 106(7): 1208–1212. DOI:10.1111/j.1360-0443.2010.03301.x. PMID: 21635588.
24. Gluck M.E., Alonso-Alonso M., Piaggi P. et al. Neuromodulation targeted to the prefrontal cortex induces changes in energy intake and weight loss in obesity. In *Obesity* 2015; 23(11): 2149–2156. DOI: 10.1002/oby.21313. PMID: 26530931.
25. Goldman R.L., Borckardt J.J., Frohman H.A. et al. Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) temporarily reduces food cravings and increases the self-reported ability to resist food in adults with frequent food craving. *Appetite* 2011; 56(3): 741–746. DOI:10.1016/j.appet.2011.02.013. PMID: 21352881.
26. Goldman R.L., Canterberry M., Borckardt J.J. et al. Executive control circuitry differentiates degree of success in weight loss following gastric-bypass surgery. *Obesity* 2013; 21(11): 2189–2196. DOI: 10.1002/oby.20575. PMID: 24136926.
27. Hall P.A., Vincent C.M., Burhan A.M. Non-invasive brain stimulation for food cravings, consumption, and disorders of eating: A review of methods, findings and controversies. *Appetite* 2018; 124: 78–88. DOI: 10.1016/j.appet.2017.03.006. PMID: 28288802.
28. Hoogendam J.M., Ramakers G.M.J., Di Lazzaro V. Physiology of repetitive transcranial magnetic stimulation of the human brain. *Brain Stimulation* 2010; 3(2): 95–118. DOI: 10.1016/j.brs.2009.10.005. PMID: 20633438.
29. Iffland J.R., Preuss H.G., Marcus M.T. et al. Refined food addiction: A classic substance use disorder. *Medical Hypotheses* 2009; 72(5): 518–526. DOI: 10.1016/j.mehy.2008.11.035. PMID: 19223127.
30. Jauch-Chara K., Kistenmacher A., Herzog N. et al. Repetitive electric brain stimulation reduces food intake in humans. *Am J Clin Nutrition* 2014; 100(4): 1003–1009. DOI: 10.3945/ajcn.113.075481. PMID: 25099550.
31. Kekic M., McClelland J., Campbell I. et al. The effects of prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) on food craving and temporal discounting in women with frequent food cravings. *Appetite* 2014; 78: 55–62. DOI: 10.1016/j.appet.2014.03.010. PMID: 24656950.
32. Kim S.H., Chung J., Kim T.H. et al. The effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on eating behaviors and body weight in obesity: A randomized controlled study. *Brain Stimulation* 2018; 11(3): 528–535. DOI: 10.1016/j.brs.2017.11.020. PMID: 29326022.
33. Kuwabara S., Cappellet-Smith C., Lin C.S. et al. Effects of voluntary activity on the excitability of motor axons in the peroneal nerve. *Muscle Nerve* 2002; 25(2): 176–184. DOI: 10.1002/mus.10030. PMID: 11870683.
34. Lapenta O.M., Sierve K.D., de Macedo E.C. et al. Transcranial direct current stimulation modulates ERP-indexed inhibitory control and reduces food consumption. *Appetite* 2014; 83: 42–48. DOI: 10.1016/j.appet.2014.08.005. PMID: 25128836.
35. Ljubisavljevic M., Maxood K., Bjekic J. et al. Long-term effects of repeated prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) on food craving in normal and overweight young adults. *Brain Stimulation* 2016; 9(6): 826–833. DOI: 10.1016/j.brs.2016.07.002. PMID: 27498606.
36. Lowe C.J., Vincent C., Hall P.A. Effects of noninvasive brain stimulation on food cravings and consumption: A meta-analytic review. *Psychosom Med* 2017; 79(1): 2–13. DOI: 10.1097/PSY.0000000000000368. PMID: 27428861.
37. Martel P., Fantino M. Influence of the amount of food ingested on mesolimbic dopaminergic system activity: A microdialysis study. *Pharmacol Biochem Behavior* 1996; 55(2): 297–302. DOI: 10.1016/S0091-3057(96)00087-1. PMID: 8951968.
38. Montenegro R.A., Okano A.H., Cunha F.A. et al. Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation associated with aerobic exercise change aspects of appetite sensation in overweight adults. *Appetite* 2012; 58(1): 333–338. DOI: 10.1016/j.appet.2011.11.008. PMID: 22108669.
39. Perera T., George M. S., Grammer G. et al. The Clinical TMS Society Consensus Review and Treatment Recommendations for TMS Therapy for Major Depressive Disorder. *Brain Stimulation* 2016; 9(3): 336–346. DOI: 10.1016/j.brs.2016.03.010. PMID: 27090022.
17. Demos K.E., Heatherton T.F., Kelley W.M. Individual Differences in Nucleus Accumbens Activity to Food and Sexual Images Predict Weight Gain and Sexual Behavior. *J Neurosci* 2012; 32(16): 5549–5552. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5958-11.2012. PMID: 22514316.
18. Devlin M.J. Is there a place for obesity in DSM-V? *Int J Eating Disord* 2007; 40 (Suppl): S83–S88. DOI: 10.1002/eat.20430. PMID: 17683083.
19. Di Lazzaro V., Ziemann U., Lemon R.N. State of the art: Physiology of transcranial motor cortex stimulation. *Brain Stimulation* 2008; 1(4): 345–362. DOI: 10.1016/j.brs.2008.07.004. PMID: 20633393.
20. Duffau H. Brain plasticity: From pathophysiological mechanisms to therapeutic applications. *J Clin Neurosci* 2006; 13(9): 885–897. PMID: 17049865. DOI: 10.1016/j.jocn.2005.11.045.
21. Fregni F., Nitsche M.A., Loo C.K. et al. Regulatory considerations for the clinical and research use of transcranial direct current stimulation (tDCS): Review and recommendations from an expert panel. *Clin Res Regulatory Affairs* 2015; 32(1): 22–35. DOI: 10.3109/10601333.2015.980944. PMID: 25983531.
22. Fregni F., Orsati F., Pedrosa W. et al. Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates the desire for specific foods. *Appetite* 2008; 51(1): 34–41. DOI: 10.1016/j.appet.2007.09.016. PMID: 18243412.
23. Gearhardt A.N., Grilo C.M., Dileone R.J. et al. Can food be addictive? Public health and policy implications. *Addiction* 2011; 106(7): 1208–1212. DOI:10.1111/j.1360-0443.2010.03301.x. PMID: 21635588.
24. Gluck M.E., Alonso-Alonso M., Piaggi P. et al. Neuromodulation targeted to the prefrontal cortex induces changes in energy intake and weight loss in obesity. In *Obesity* 2015; 23(11): 2149–2156. DOI: 10.1002/oby.21313. PMID: 26530931.
25. Goldman R.L., Borckardt J.J., Frohman H.A. et al. Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) temporarily reduces food cravings and increases the self-reported ability to resist food in adults with frequent food craving. *Appetite* 2011; 56(3): 741–746. DOI:10.1016/j.appet.2011.02.013. PMID: 21352881.
26. Goldman R.L., Canterberry M., Borckardt J.J. et al. Executive control circuitry differentiates degree of success in weight loss following gastric-bypass surgery. *Obesity* 2013; 21(11): 2189–2196. DOI: 10.1002/oby.20575. PMID: 24136926.
27. Hall P.A., Vincent C.M., Burhan A.M. Non-invasive brain stimulation for food cravings, consumption, and disorders of eating: A review of methods, findings and controversies. *Appetite* 2018; 124: 78–88. DOI: 10.1016/j.appet.2017.03.006. PMID: 28288802.
28. Hoogendam J.M., Ramakers G.M.J., Di Lazzaro V. Physiology of repetitive transcranial magnetic stimulation of the human brain. *Brain Stimulation* 2010; 3(2): 95–118. DOI: 10.1016/j.brs.2009.10.005. PMID: 20633438.
29. Iffland J.R., Preuss H.G., Marcus M.T. et al. Refined food addiction: A classic substance use disorder. *Medical Hypotheses* 2009; 72(5): 518–526. DOI: 10.1016/j.mehy.2008.11.035. PMID: 19223127.
30. Jauch-Chara K., Kistenmacher A., Herzog N. et al. Repetitive electric brain stimulation reduces food intake in humans. *Am J Clin Nutrition* 2014; 100(4): 1003–1009. DOI: 10.3945/ajcn.113.075481. PMID: 25099550.
31. Kekic M., McClelland J., Campbell I. et al. The effects of prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) on food craving and temporal discounting in women with frequent food cravings. *Appetite* 2014; 78: 55–62. DOI: 10.1016/j.appet.2014.03.010. PMID: 24656950.
32. Kim S.H., Chung J., Kim T.H. et al. The effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on eating behaviors and body weight in obesity: A randomized controlled study. *Brain Stimulation* 2018; 11(3): 528–535. DOI: 10.1016/j.brs.2017.11.020. PMID: 29326022.
33. Kuwabara S., Cappellet-Smith C., Lin C.S. et al. Effects of voluntary activity on the excitability of motor axons in the peroneal nerve. *Muscle Nerve* 2002; 25(2): 176–184. DOI: 10.1002/mus.10030. PMID: 11870683.
34. Lapenta O.M., Sierve K.D., de Macedo E.C. et al. Transcranial direct current stimulation modulates ERP-indexed inhibitory control and reduces food consumption. *Appetite* 2014; 83: 42–48. DOI: 10.1016/j.appet.2014.08.005. PMID: 25128836.
35. Ljubisavljevic M., Maxood K., Bjekic J. et al. Long-term effects of repeated prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) on food craving in normal and overweight young adults. *Brain Stimulation* 2016; 9(6): 826–833. DOI: 10.1016/j.brs.2016.07.002. PMID: 27498606.
36. Lowe C.J., Vincent C., Hall P.A. Effects of noninvasive brain stimulation on food cravings and consumption: A meta-analytic review. *Psychosom Med* 2017; 79(1): 2–13. DOI: 10.1097/PSY.0000000000000368. PMID: 27428861.
37. Martel P., Fantino M. Influence of the amount of food ingested on mesolimbic dopaminergic system activity: A microdialysis study. *Pharmacol Biochem Behavior* 1996; 55(2): 297–302. DOI: 10.1016/S0091-3057(96)00087-1. PMID: 8951968.
38. Montenegro R.A., Okano A.H., Cunha F.A. et al. Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation associated with aerobic exercise change aspects of appetite sensation in overweight adults. *Appetite* 2012; 58(1): 333–338. DOI: 10.1016/j.appet.2011.11.008. PMID: 22108669.
39. Perera T., George M. S., Grammer G. et al. The Clinical TMS Society Consensus Review and Treatment Recommendations for TMS Therapy for Major Depressive Disorder. *Brain Stimulation* 2016; 9(3): 336–346. DOI: 10.1016/j.brs.2016.03.010. PMID: 27090022.

40. Pollock A., Farmer S.E., Brady M.C. et al. Interventions for improving upper limb function after stroke. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2014 (11): CD010820. DOI: 10.1002/14651858.CD010820.pub2. PMID: 25387001.
41. Puzifferri N., Roshek T.B., Mayo H.G. et al. Long-term follow-up after bariatric surgery. *JAMA* 2014; 312(9): 934–942. DOI: 10.1001/jama.2014.10706. PMID: 25182102.
42. Rossi S., Hallett M., Rossini P.M., Pascual-Leone A. Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research. *Clin Neurophysiol* 2009; 120(12): 2008–2039. DOI: 10.1016/j.clinph.2009.08.016. PMID: 19833552.
43. Stice E., Spoor S., Bohon C. et al. Relation of reward from food intake and anticipated food intake to obesity: A functional magnetic resonance imaging study. *J Abnorm Psychol* 2008; 117(4): 924–935. DOI: 10.1037/a0013600. PMID: 19025237.
44. Sun X., Kroemer N.B., Veldhuizen M.G. et al. Basolateral amygdala response to food cues in the absence of hunger is associated with weight gain susceptibility. *J Neurosci* 2015; 35(20): 7964–7976. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3884-14.2015. PMID: 25995480.
45. Swinburn B.A., Sacks G., Hall K.D. et al. The global obesity pandemic: Shaped by global drivers and local environments. *Lancet* 2011; 378(9793): 804–814. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60813-1. PMID: 21872749.
46. Taha S.A. Encoding of palatability and appetitive behaviors by distinct neuronal populations in the nucleus accumbens. *J Neurosci* 2005; 25(5): 1193–1202. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3975-04.2005. PMID: 15689556.
47. Uher R., Yoganathan D., Mogg A. et al. Effect of left prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation on food craving. *Biol Psychiatry* 2005; 58(10): 840–842. DOI: 10.1016/j.biopsych.2005.05.043. PMID: 16084855.
48. Val-Laillet D., Aarts E., Weber B. et al. Neuroimaging and neuromodulation approaches to study eating behavior and prevent and treat eating disorders and obesity. *NeuroImage. Clinical* 2015; 8: 1–31. DOI: 10.1016/j.nicl.2015.03.016. PMID: 26110109.
49. Van den Eynde F., Claudino A.M., Mogg A. et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation reduces cue-induced food craving in bulimic disorders. *Biol Psychiatry* 2010; 67(8): 793–795. DOI: 10.1016/j.biopsych.2009.11.023. PMID: 20060105.
50. Walpoth M., Hoertnagl C., Mangweth-Matzek B. et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation in bulimia nervosa: preliminary results of a single-centre, randomised, double-blind, sham-controlled trial in female outpatients. *Psychother Psychosom* 2008; 77(1): 57–60. DOI: 10.1159/000110061. PMID: 18087209.
51. Wang G.-J., Volkow N.D., Fowler J.S. The role of dopamine in motivation for food in humans: implications for obesity. *Expert Opin Ther Targets* 2002; 6(5): 601–609. DOI: 10.1517/14728222.6.5.601. PMID: 12387683.
52. Woods A.J., Antal A., Bikson M. et al. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. *Clin Neurophysiol* 2016; 127(2): 1031–1048. DOI: 10.1016/j.clinph.2015.11.012. PMID: 26652115.
53. Yokum S., Gearhardt A.N., Harris J.L. et al. Individual differences in striatum activity to food commercials predict weight gain in adolescents. *Obesity* 2014; 22(12): 2544–2551. DOI: 10.1002/oby.20882. PMID: 25155745.

Информация об авторах: Пойдашева Александра Георгиевна – м.н.с. отд. нейрореабилитации и физиотерапии ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;

Бакулин Илья Сергеевич – к.м.н., н.с. отд. нейрореабилитации и физиотерапии ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;

Супонева Наталья Александровна – д.м.н., проф. РАН, зав. отд. нейрореабилитации и физиотерапии ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;

Трошина Екатерина Анатольевна – член-корр. РАН, д.м.н., проф., зам. директора Института клинической эндокринологии, зав. отд. терапевтической эндокринологии ФГБУ «НМИЦ эндокринологии», Москва, Россия;

Танашян Маринэ Мовсесовна – д.м.н., проф., зам. директора по научной работе, зав. 1-м неврологическим отд. ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;

Дедов Иван Иванович – академик РАН, д.м.н., проф., президент ФГБУ «НМИЦ эндокринологии», Москва, Россия;

Пирадов Михаил Александрович – академик РАН, д.м.н., проф., директор ФГБНУ НЦН, Москва, Россия.

Information about the authors: Alexandra G. Poydasheva, junior researcher, Department of neurorehabilitation and physiotherapy, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;

Ilya S. Bakulin, PhD, researcher, Department of neurorehabilitation and physiotherapy, Research Center of Neurology, Moscow, Russia; Natalya A. Suponeva, D.Sci. (Med.), Prof. of RAS, Head of Department of neurorehabilitation and physiotherapy, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;

Ekaterina A. Troshina, Corresponding Member of RAS, DSci. (Med.), Prof., Deputy Director of the Institute of clinical endocrinology, Head of Department of therapeutic endocrinology, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow, Russia;

Marine M. Tanashyan, D.Sci. (Med.), Prof., Deputy Director for Research, Head of the 1st Neurology Department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;

Ivan I. Dedov, Academician of RAS, DSci. (Med.), Prof., President, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow, Russia.

Michail A. Piradov, academician of RAS, D.Sci. (Med.), Prof., Director, Research Center of Neurology, Moscow, Russia.