

Транскраниальная магнитная стимуляция при депрессии

Н.А. Пизов¹, <https://orcid.org/0000-0002-3009-3020>, pizov.n.a@gmail.com

Н.В. Пизова^{2✉}, <https://orcid.org/0000-0002-7465-0677>, pizova@yandex.ru

¹ Клиническая больница №2; 150030, Россия, Ярославль, Суздальское шоссе, д. 39

² Ярославский государственный медицинский университет; 150000, Россия, Ярославль, ул. Революционная, д. 5

Резюме

Депрессивные расстройства представляют собой глобальное бремя для общественного здравоохранения, являются основной причиной заболеваемости и смертности. Транскраниальная магнитная стимуляция – это метод неинвазивной стимуляции головного мозга, применяемый для лечения широкого спектра неврологических расстройств и депрессии. Этот метод заключается в воздействии магнитным полем на определенные участки мозга через череп с целью изменения возбудимости нейронов. При транскраниальной магнитной стимуляции магнитные импульсы различной формы и частоты подаются на конкретные области мозга для определения изменений в возбудимости. Большое депрессивное расстройство было первым психическим расстройством, для которого метод транскраниальной магнитной стимуляции получил одобрение от Управления по контролю за продуктами и лекарствами США (FDA). Представлены история создания метода, основные принципы транскраниальной магнитной стимуляции, а также различные используемые протоколы применения транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов с депрессивными расстройствами. Утвержденные протоколы транскраниальной магнитной стимуляции включают либо низкочастотную стимуляцию правой дорсолатеральной префронтальной коры, а также высокочастотную стимуляцию левой дорсолатеральной префронтальной коры либо их комбинацию. Рассмотрены некоторые основные механизмы действия транскраниальной магнитной стимуляции на симптомы депрессии. Представлены результаты метаанализов и рандомизированных контролируемых исследований, опубликованных за последние годы, чтобы оценить эффективность, безопасность и клинические применения транскраниальной магнитной стимуляции у людей с депрессией. Отдельно рассмотрено применение транскраниальной магнитной стимуляции как эффективного и хорошо переносимого лечения у подростков и у пожилых пациентов с депрессией, особенно когда побочные эффекты или сопутствующие заболевания ограничивают медикаментозное лечение. Также показано, что метод транскраниальной магнитной стимуляции может использоваться у пациентов с депрессивными расстройствами в сочетании с различными сопутствующими заболеваниями. Поиск литературных источников проводился в электронных базах данных PubMed/MEDLINE, eLIBRARY.RU, Cochrane Library, Google Scholar за период с 1996 по 2025 г. Оценены 126 источников литературы, из них включены в обзор 94 источника литературы.

Ключевые слова: депрессия, транскраниальная магнитная стимуляция, механизм действия, эффективность, подростки, люди пожилого возраста

Для цитирования: Пизов НА, Пизова НВ. Транскраниальная магнитная стимуляция при депрессии. *Медицинский совет.* 2026;20(12):94–101. <https://doi.org/10.21518/ms2026-294>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Transcranial magnetic stimulation in the rehabilitation of patients with depression

Nikolai A. Pizov¹, <https://orcid.org/0000-0002-3009-3020>, pizov.n.a@gmail.com

Nataliia V. Pizova^{2✉}, <https://orcid.org/0000-0002-7465-0677>, pizova@yandex.ru

¹ Clinical Hospital No. 2; 39, Suzdalskoe Shosse, Yaroslavl, 150030, Russia

² Yaroslavl State Medical University; 5, Revolutsionnaya St., Yaroslavl, 150000, Russia

Abstract

Depressive disorders represent a significant global public health burden and are a leading cause of morbidity and mortality. Transcranial magnetic stimulation is a non-invasive brain stimulation technique used to treat a wide range of neurological disorders, including depression. This method involves applying a magnetic field to specific areas of the brain through the skull in order to change the excitability of neurons. In transcranial magnetic stimulation, magnetic pulses of various shapes and frequencies are applied to specific regions of the brain to detect changes in excitability. Major depressive disorder was the first psychiatric disorder for which transcranial magnetic stimulation received approval from the U.S. Food and Drug Administration (FDA). This review presents the history of the method, the basic principles of TMS, and the various protocols used for applying TMS to patients with depressive disorders. Approved transcranial magnetic stimulation protocols include either low-frequency stimulation of the right dorsolateral prefrontal cortex or high-frequency stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex, or a combination of both. This review examines some of the key mechanisms of action of transcranial magnetic stimulation on depressive symptoms. This review presents the results of meta-analyses and randomized controlled trials published in recent years to evaluate the efficacy, safety, and clinical applications of transcranial magnetic stimulation in people with depression.

The use of transcranial magnetic stimulation as an effective and well-tolerated treatment in adolescents and elderly patients with depression is specifically discussed, particularly when side effects or comorbidities limit medication therapy. It is also shown that transcranial magnetic stimulation can be used in patients with depressive disorders and various comorbidities. Search for literature sources was carried out in electronic databases PubMed/MEDLINE, eLIBRARY.RU, Cochrane Library, Google Scholar for the period from 1996 to 2025. 126 sources of literature were evaluated, of which 94 sources of literature were included in the review.

Keywords: depression, transcranial magnetic stimulation, mechanism of transcranial magnetic stimulation, effectiveness, adolescents, elderly people

For citation: Pizov NA, Pizova NV. Transcranial magnetic stimulation in the rehabilitation of patients with depression. *Meditsinskiy Sovet*. 2026;20(12):94–101. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2026-294>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Депрессивные расстройства представляют собой огромное глобальное бремя для общественного здравоохранения. По прогнозам Всемирной организации здравоохранения, к 2030 г. депрессивные расстройства займут первое место по бремени болезней [1]. Распространенность депрессии со временем растет и заметно увеличилась после глобальной пандемии COVID-19 [2]. В 2019 г. данные о распространенности от центров по контролю заболеваний показали, что около 18% населения сообщали о наличии депрессии в настоящее время, а 29% сообщили о наличии депрессии в течение жизни [3]. Более того, пожизненная распространенность депрессии у женщин в два раза выше, чем у мужчин [4]. Основная причина увеличения распространенности у женщин связана с высокой распространенностью репродуктивных расстройств настроения [5, 6]. Также женщины чаще испытывают депрессивные симптомы при столкновении с чрезвычайными социальными ситуациями или при значительном стрессе [7]. Существует определенная связь между возникновением большого депрессивного расстройства (БДР) и социальным развитием [7]. Согласно одному исследованию, с развитием экономики и ростом жизненного давления депрессивные расстройства стали проявляться в более раннем возрасте [8]. Кроме того, сообщается, что осень и зима связаны с высокой частотой случаев депрессивных расстройств, известных как сезонная депрессия [9]. Депрессивное расстройство проявляется физическими нарушениями, такими как усталость, потеря веса и аппетита. Ангедония – классический признак депрессивного расстройства, которое также сопровождается отсутствием мотивации, проблемами со сном, когнитивными нарушениями и эмоциональными симптомами, например чувством вины [10].

Резистентной к лечению депрессией считается расстройство, которое не поддается лечению как минимум двумя антидепрессантами, назначенными в адекватных дозах и на достаточный период времени [11, 12]. Значительная часть пациентов с БДР, а именно 10–30% [13], не отвечают на медикаментозное лечение [14, 15], и у 30% этих пациентов наблюдается отсутствие ответа на любое лечение [16]. Примерно у 10% пациентов наблюдается стойкая невосприимчивость к нескольким

психофармакологическим методам лечения даже при соблюдении клинических рекомендаций [17]. Резистентная депрессия ставит в тупик медицинских работников, поскольку она негативно сказывается на качестве жизни пациента, его физическом здоровье, функциональности, социальной жизни и работоспособности [12, 18]. Также доказано, что она сокращает продолжительность жизни человека, повышая риск сердечно-сосудистой смертности, а также суицида и самоповреждения [19, 20].

Рекомендации по лечению депрессивных расстройств, основанные на доказательствах, чаще всего включают психотерапию, фармакологическое лечение и нейромодуляционные методы, такие как электросудорожная терапия и ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС) [10]. Важными составляющими комплексного плана лечения также являются изменения образа жизни, направленные на улучшение сна, повышение физической активности, правильное питание и социальную поддержку [10].

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ОБОСНОВАННОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ДЕПРЕССИИ

Путь от открытия современной ТМС до ее признания в качестве метода лечения в клинической практике был долгим и извилистым. После открытия электромагнитной индукции Faraday и Henry, согласно которому электрические поля E могут быть преобразованы в магнитные поля B , а магнитные поля B могут быть преобразованы в электрическую энергию, появилась возможность безболезненно стимулировать нервную систему, подвергая пациентов воздействию изменяющихся магнитных полей. Первые успешные попытки предприняты в период 1896–1910 гг. d'Arsonval, за ними последовали Beeg и Thompson [21]. Основная трудность заключалась в создании тока высокой интенсивности и быстром изменении магнитного поля для стимуляции физиологической активности мозга. Лишь в 1985 г. удалось разработать стимуляторы, способные генерировать необходимый разряд для создания магнитного поля, индуцирующего ток в кортикальной ткани. Это достижение Баркера и его коллег ознаменовало собой начало применения современной ТМС в исследованиях мозга и клинической практике [21].

ТМС – это метод неинвазивной стимуляции головного мозга, применяемый для лечения широкого спектра неврологических расстройств и депрессии [22]. Этот метод заключается в воздействии магнитным полем на определенные участки мозга через череп с целью изменения возбудимости нейронов [23]. При ТМС магнитные импульсы различной формы и частоты (обычно от 1 до 20 Гц) подаются на конкретные области мозга для определения изменений в возбудимости. Стандартный метод ТМС обычно включает высокочастотную стимуляцию левой дорсолатеральной префронтальной коры [24]. Утвержденные протоколы ТМС включают либо низкочастотную стимуляцию правой дорсолатеральной префронтальной коры, а также высокочастотную стимуляцию левой дорсолатеральной префронтальной коры либо их комбинацию. Считается, что гиперактивность правой дорсолатеральной префронтальной коры в сочетании с гипоактивностью левой частично ответственна за развитие депрессии, поэтому проводятся исследования по изменению их активности с помощью низкочастотной стимуляции, вызывающей нейронное торможение, и высокочастотной, вызывающей нейронное возбуждение [21]. Показано, что ритмическая ТМС (рТМС) может увеличивать или уменьшать корковую возбудимость как в непосредственно целевых, так и в косвенно связанных удаленных областях мозга, включая регионы, регулирующие познание и эмоции [25, 26].

Дорсолатеральная префронтальная кора является основной мишенью для нейростимуляции с помощью рТМС при депрессии. Значительный объем исследований подтверждает теорию о том, что настроение регулируется определенными областями головного мозга (включая префронтальную, поясную, теменную и височную корковые области, а также части стриатума, таламуса и гипоталамуса) и что очаговые поражения в этих областях (вследствие инфаркта, опухоли или других процессов) могут приводить к расстройствам настроения [27–29]. Кроме того, у пациентов с депрессией наблюдаются изменения церебрального кровотока и метаболизма в этих областях. Первые исследования рТМС, посвященные настроению и депрессии, выбрали дорсолатеральную префронтальную кору как область, наиболее доступную для ТМС [21]. Помимо легкой доступности, первоначальные данные функциональных нейровизуализационных исследований также указывали на снижение метаболической активности в определенных областях мозга у пациентов с депрессией, особенно в левой префронтальной коре [30, 31]. Также были отмечены поведенческие эффекты, сходные с таковыми при применении антидепрессантов, когда рТМС применяли на животных моделях [32], и доказанные изменения в нейрохимических и клеточных мишенях, которые связаны с действием антидепрессанта [33].

Механизм действия ТМС на симптомы депрессии, вероятно, заключается в генерации повторяющихся импульсов, которые воздействуют на кору головного мозга, изменяя нейронную активность в цепях, связанных с патофизиологией депрессии [34, 35]. Предыдущие исследования показали, что высокочастотная ТМС левой дорсолатеральной префронтальной коры и низкочастотная

ТМС правой дорсолатеральной префронтальной коры вызывают схожие функциональные изменения в мозге, связанные с антидепрессивной эффективностью у пациентов с БДР, включая снижение активности лимбической системы в левой периринальной коре [36]. Кроме того, ТМС обладает потенциалом для коррекции патологических нарушений в ГАМКергической и глутаматергической нейронах, которые играют важную роль в развитии депрессии [37].

Это научно обоснованный метод лечения, одобренный Американской психиатрической ассоциацией, Канадской сетью по лечению аффективных и тревожных расстройств, а также Всемирной федерацией обществ биологической психиатрии. В 2008 г. он получил одобрение Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) как вариант лечения для пациентов, страдающих резистентной к терапии формой БДР, и внедряется в клиническую практику во все большем числе стран мира [38]. В целом его эффективность выше при применении на острой стадии заболевания, у относительно молодых людей (младше 65 лет), при ограниченной степени резистентности к лечению (одно или два безуспешных медицинских вмешательства) или в случаях частичного ответа на терапию [39].

рТМС обычно применяется, когда стандартные методы лечения, такие как медикаменты и психотерапия, оказываются неэффективными. Этот метод не требует хирургического вмешательства или имплантации электродов, и в отличие от электросудорожной терапии, которая регулярно используется при депрессии, он не вызывает судорог и не требует анестезии. В целом рТМС считается безопасным и хорошо переносимым методом. Однако он может вызывать некоторые побочные эффекты. Они обычно легкие или умеренные и проходят вскоре после сеанса, а со временем при проведении дополнительных сеансов становятся менее выраженными. К распространенным побочным эффектам этого метода относятся головная боль, дискомфорт в месте стимуляции на коже головы, покалывание, мышечные спазмы или сокращения лицевых мышц, а также головокружение [40–42].

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ДЕПРЕССИИ

На сегодняшний день проведено немного многоцентровых рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) применения ТМС для лечения БДР у пациентов, не принимающих антидепрессанты [43–45]. Первое исследование [45] показало, что ТМС, проводимая с помощью катушки в форме восьмерки, безопасна и эффективна: частота ответа составила 24%, а частота ремиссии – 17% при активной ТМС по сравнению с 15% ответа и 8% ремиссии при плацебо-ТМС. Второе исследование [43] показало частоту ответа 15% и частоту ремиссии 14% при активной ТМС по сравнению с 5% ответа и ремиссии при плацебо-ТМС. Третье исследование [44], в котором рТМС проводилась с использованием Н-катушки, продемонстрировало частоту ответа

37% и частоту ремиссии 30% при активной рТМС по сравнению с 28% частотой ответа и 16% частотой ремиссии при плацебо-рТМС.

По результатам семи РКИ из Китая (430 участников) было показано значительное снижение баллов по шкале депрессии Гамильтона при активной стимуляции при проведении рТМС по сравнению с фиктивной (стандартизированная средняя разница = -1,35, 95% доверительный интервал [ДИ]: -1,92 до -0,78, $p < 0,00001$) [46]. Объединенные результаты этого исследования также показали, что активная ТМС значительно улучшает скорость наступления ремиссии по сравнению с фиктивной стимуляцией ($OR = 2,68$, 95% ДИ: 1,61–4,48, $p = 0,0007$) [46]. Этот систематический обзор и метаанализ синтезируют надежные доказательства из 10 РКИ, показывающих, что рТМС при дополнительном использовании с селективными ингибиторами обратного захвата серотонина обеспечивает значительную эффективность и благоприятный профиль безопасности при лечении тяжелого депрессивного расстройства у китайских пациентов.

Систематический обзор и метаанализ 32 РКИ, включая одностороннюю или двустороннюю рТМС, показали, что по сравнению с группами плацебо объединенная частота ответа для односторонней рТМС составила 2,00 [95% ДИ: 1,26–3,19], что свидетельствует в пользу односторонней рТМС, а для двусторонней рТМС и групп плацебо объединенная частота ответа составила 3,55 (95% ДИ: 1,87–6,76), что свидетельствует в пользу двусторонней рТМС [47]. В другом исследовании для проведения сетевого метаанализа было отобрано 47 РКИ, и результаты показали, что низкочастотная правосторонняя рТМС, высокочастотная левосторонняя рТМС и двусторонняя рТМС обладают большей эффективностью, чем плацебо-контроль [48].

ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ДЕПРЕССИИ У ПОДРОСТКОВ

БДР у подростков представляет собой серьезное и частую угрожающее жизни расстройство, способное нарушить нормальное развитие и ухудшить качество жизни пострадавших и их семей. Признано, что БДР является одним из основных факторов, влияющих на бремя болезней у молодых людей в возрасте 10–24 лет, однако существующие в настоящее время варианты лечения БДР у подростков остаются неудовлетворительными [49]. В ряде существующих обзоров ТМС также приписывают потенциал безопасного и эффективного лечения БДР у подростков [50–54].

В Китае было проведено шесть РКИ с участием 562 пациентов, из которых 281 пациент был в группе рТМС и 281 пациент в контрольной группе [37]. Средний возраст участников составил 15,0 лет, варьируя от 12 до 18 лет. Мужчины составляли 36,5% от общего числа участников с диапазоном от 18,6 до 51,3%. В качестве антидепрессантов применялись сертралин (в четырех РКИ) и флуоксетин (в одном РКИ). В двух РКИ участникам проводилась рТМС с частотой 1 Гц (низкочастотная рТМС), а в четырех РКИ – с частотой 10 Гц

(высокочастотная рТМС). Продолжительность лечения рТМС варьировалась от 2 до 6 нед. Было показано, что дополнительная активная рТМС превзошла контрольную группу в улучшении депрессивных симптомов (5 РКИ, $n = 464$, 95% ДИ: -2,16, -0,84; $I^2 = 89\%$, $p < 0,00001$), что оценивалось по шкалам депрессии Гамильтона-24 (3 РКИ) и Гамильтона-17 (2 РКИ). Кроме того, превосходство дополнительного лечения с применением рТМС сохранилось при разделении на две подгруппы по частоте, включая высокочастотную рТМС (3 РКИ, $n = 327$, 95% ДИ: -2,67, -0,60; $I^2 = 94\%$, $p = 0,002$) и низкочастотную рТМС (2 РКИ, $n = 137$, 95% ДИ: -1,78, -0,65; $I^2 = 43\%$, $p < 0,0001$). В четырех исследованиях сообщалось о побочных событиях, при этом не было выявлено значимых различий в отношении побочных эффектов, включая головную боль, потерю аппетита, головокружение и тошноту [37]. Авторами были сделаны выводы: 1) дополнительная рТМС оказалась более эффективной в улучшении депрессивных симптомов по сравнению с контрольной группой; 2) подростки с первым эпизодом БДР, получавшие рТМС, показали значительно больший отклик и ремиссию по сравнению с контрольной группой, что позволяет предположить потенциальную пользу рТМС для подростков с первым эпизодом БДР; 3) рТМС представляется безопасным и хорошо переносимым дополнительным методом лечения для подростков с первым эпизодом БДР [37].

Рядом других исследователей также оценивалась эффективность рТМС в качестве дополнительной терапии для подростков с БДР [52, 53, 55]. Например, один из таких обзоров показал, что рТМС способна уменьшать симптомы депрессии у подростков с БДР. Однако этот обзор включал РКИ, в которых участвовали подростки как с первым эпизодом БДР, так и с несколькими эпизодами БДР [53]. Кроме того, другой систематический обзор также показал, что рТМС является эффективным и хорошо переносимым методом лечения подростков с резистентной депрессией [52]. Важно отметить, что дополнительная рТМС оказалась безопасной и хорошо переносимой для подростков и взрослых с первым эпизодом БДР [56].

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ДЕПРЕССИИ В ПОЗДНЕМ ВОЗРАСТЕ

Распространенность легких депрессивных расстройств среди пожилых людей в возрасте от 65 до 100 лет, проживающих в собственных домах, составляет от 1 до 5%. Распространенность т. н. малой депрессии (дистимии или персистирующего депрессивного расстройства) в этой возрастной группе оценивается в 6%. Кроме того, от 10 до 50% пожилых людей имеют значительные субклинические депрессивные симптомы, которые могут не соответствовать полным критериям БДР, как это определено в DSM-5. В учреждениях длительного ухода и среди госпитализированных пациентов распространенность депрессии у пожилых лиц составляет 11,5–14,4% [57]. Депрессия влияет как на качество жизни, так и на социальную функцию [58]. Факторы риска включают медицинские

состояния (цереброваскулярные заболевания, когнитивное снижение, другие хронические заболевания, характерные для старения), а также психологические и социальные факторы (одиночество, потеря спутника жизни, социальная изоляция) [59, 60]. Пожилые пациенты могут не реагировать оптимально на антидепрессанты, а терапевтические возможности дополнительно ограничены из-за соматических сопутствующих заболеваний, которые повышают риск побочных реакций. Это приводит к ограничениям, таким как выбор препарата и использование более низких доз [61–63]. рТМС может использоваться в качестве альтернативного метода лечения гериатрической депрессии, являясь безопасным и неинвазивным методом [61].

За последние 5 лет несколько метаанализов оценили протоколы, которые могли бы быть эффективными для использования ТМС при гериатрической депрессии [64, 65]. В обзоре М. Zhang [65] было установлено, что активная рТМС по сравнению с плацебо-стимуляцией оказывает значительное антидепрессивное действие. Кроме того, М. Zhang выявил несколько факторов, связанных с большей эффективностью, включая более высокую интенсивность стимуляции, более короткую продолжительность лечения, большее общее количество импульсов и использование рТМС в качестве монотерапии. В обзоре D. Carron [64] сделан вывод о том, что, несмотря на то, что в большинстве исследований использовалось меньшее количество импульсов, чем предписано протоколом FDA, ТМС остается эффективной стратегией лечения гериатрической депрессии.

По данным различных исследований, показатели ремиссии варьировали от 20 до более 60% [66]. В исследованиях с использованием ТМС К. Göke et al. [67] наблюдали показатель ремиссии у 34,1%, выявив исходную тяжесть депрессии и когнитивные функции как значимые предикторы ответа на лечение. J. Desbeaumes et al. [68] обнаружили показатель ремиссии у 63% среди лиц в возрасте 60 лет и старше, в то время как М. Leuchter et al. [69] сообщили о ремиссии у 36% пожилых людей (≥ 60 лет) по сравнению с 31% у молодых людей (< 60 лет), что подчеркивает потенциальные возрастные различия в результатах лечения. Аналогично А. Trevizol et al. [70] сообщили о частоте ремиссии в 40%, в то время как D. Blumberger et al. [71] отметили сопоставимый результат в 32,9% при использовании стандартного двустороннего подхода рТМС. Что касается тета-импульсной стимуляции, более эффективного по времени протокола, то здесь были получены сопоставимые результаты: D. Blumberger et al. [71] сообщили о частоте ремиссии в 35,4% при использовании прерывистой тета-импульсной стимуляции, в то время как D. Quinn et al. [72] наблюдали более низкую частоту ремиссии в 20% при использовании ускоренного протокола тета-импульсной стимуляции. В своем исследовании Е. Almheiri et al. [73] сообщили о частоте ремиссии в 36% на основе шкалы депрессии Гамильтон, хотя тип стимуляции не был указан. Эти результаты подчеркивают вариативность результатов лечения при использовании различных методов ТМС и указывают на важность выбора

протокола для оптимизации терапевтической эффективности у пожилых людей с депрессией.

Что касается показателей ответа, Y. Roth et al. [74] сообщили о наиболее благоприятных результатах: 69,2% ответа после 20 сеансов и 79,4% после 30 сеансов. Аналогично D. Quinn et al. [72] обнаружили 52% ответов при использовании протокола тета-импульсной стимуляции, а D. Blumberger et al. [71] наблюдали более высокие показатели ответа для тета-импульсной стимуляции (44,3%) по сравнению со стандартной рТМС (32,9%). М. Leuchter et al. [69] сообщили, что 58% пациентов в возрасте ≥ 60 лет были классифицированы как ответившие на лечение по крайней мере по одному показателю. Хотя показатели ответа на лечение и ремиссии не были одинаковыми во всех исследованиях, полученные результаты в совокупности свидетельствуют о том, что как стандартные, так и ускоренные протоколы ТМС могут принести существенные клинические преимущества.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ В ОТНОШЕНИИ СОПУТСТВУЮЩИХ СОСТОЯНИЙ ПРИ ДЕПРЕССИИ И ДРУГИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Другие исследования были посвящены депрессии с различными сопутствующими заболеваниями. В нескольких исследованиях показана эффективность лечения тревожных симптомов, сопутствующих депрессии [75, 76]. По результатам РКИ ($n = 442$) был выявлен умеренный размер эффекта в пользу активного лечения ТМС по сравнению с плацебо ($g = 0,34$, сохранявшийся в течение 16 нед.) [75]. В другом исследовании у пациентов с депрессией, сопровождающейся тревожностью (1 514 пациентов), наблюдались клинически значимые анксиолитические и антидепрессивные эффекты: в среднем снижение баллов по шкалам Generalized Anxiety Disorder-7 (GAD-7) и Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) после ТМС составило около 50% [76]. Еще одним направлением исследований в последние годы стали депрессивные симптомы, сопутствующие болезни Паркинсона [77–79]. Несколько метаанализов показали умеренные размеры эффекта (в диапазоне от 0,33 до 0,80), демонстрируя антидепрессивный эффект, в основном при использовании высокочастотной ТМС левой префронтальной коры [77–79].

Одним из состояний, для которого накапливаются доказательства эффективности, является постинсультная депрессия. За последние годы было опубликовано несколько метаанализов с большой выборкой [80–83]. Все эти данные указывают на сильный антидепрессивный эффект высокочастотной ТМС левой дорсолатеральной префронтальной коры, а в некоторых случаях и низкочастотной стимуляции правой дорсолатеральной префронтальной коры. Отмечаются однородно большие размеры эффекта, часто превышающие 1,0 (стандартизированные средние различия варьируются от 1,01 до 4,92).

Применение рТМС для лечения лиц с суицидальными мыслями показало определенные перспективы в метаанализах. Один из таких анализов, включавший

8 рандомизированных контролируемых исследований с участием 566 пациентов с депрессией, выявил величину эффекта 0,415 при лечении лиц с суицидальными мыслями с помощью рТМС [84]. Другие метаанализы также обнаружили схожие величины эффекта [85]. Однако интерпретация результатов затрудняется включением данных без контрольной группы, использованием различных методов стимуляции или наличием множественных психических расстройств, а также высокой неоднородностью полученных исходов [84–86]. Ускоренные протоколы рТМС могут обладать выраженными и быстродействующими антисуицидальными эффектами, хотя для подтверждения первоначальных результатов необходимы крупномасштабные рандомизированные контролируемые исследования [87].

Роль ТМС в лечении других расстройств настроения, таких как персистирующее депрессивное расстройство, все еще изучается. Также продолжают исследования применения ТМС при других состояниях, с которыми пациенты могут обращаться к врачам, включая посттравматическое стрессовое расстройство, дисфорию, связанную с тревогой, депрессию после черепно-мозговой травмы или депрессию на фоне расстройств, связанных с употреблением психоактивных веществ. Хотя некоторые

исследования [88–94] показали многообещающую эффективность, результативность и безопасность, имеющиеся данные остаются неоднозначными и ограниченными и на данный момент отсутствуют окончательные выводы или консенсусные рекомендации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ТМС – это признанный, одобренный в руководствах неинвазивный метод лечения депрессии. Используемые клинические протоколы значительно различаются по целевым параметрам стимуляции и дозировке (общее количество импульсов, количество импульсов за сеанс, количество сеансов и общая продолжительность лечения). В исследованиях отмечена эффективность и безопасность данного метода в лечении депрессии, в т. ч. у подростков и лиц пожилого возраста. ТМС значительно снижает симптомы депрессии и повышает как показатели ремиссии, так и эффективность лечения у пациентов. Необходимы дальнейшие исследования с большими размерами выборки и долгосрочными результатами.



Поступила / Received 06.03.2026

Поступила после рецензирования / Revised 23.04.2026

Принята в печать / Accepted 29.05.2026

Список литературы / References

- Malhi GS, Mann JJ. Depression. *Lancet*. 2018;392(10161):2299–2312. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31948-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31948-2).
- Kupcova I, Danisovic L, Klein M, Harsanyi S. Effects of the COVID-19 pandemic on mental health, anxiety, and depression. *BMC Psychol*. 2023;11(1):108. <https://doi.org/10.1186/s40359-023-01130-5>.
- Lee B, Wang Y, Carlson SA, Greenlund KJ, Lu H, Liu Y et al. National, state-level, and county-level prevalence estimates of adults aged ≥ 18 years self-reporting a lifetime diagnosis of depression – United States. 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2023;72(24):644–650. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7224a1>.
- Kuehner C. Why is depression more common among women than among men? *Lancet Psychiatry*. 2017;4(2):146–158. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)30263-2](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)30263-2).
- Burt VK, Stein K. Epidemiology of depression throughout the female life cycle. *J Clin Psychiatry*. 2002;63(Suppl. 7):9–15. Available at: <https://www.psychiatrist.com/pdf/epidemiology-of-depression-throughout-the-female-life-cycle-pdf>.
- Schiller CE, Meltzer-Brody S, Rubinow DR. The role of reproductive hormones in postpartum depression. *CNS Spectr*. 2015;20(1):48–59. <https://doi.org/10.1017/S1092852914000480>.
- Albert KM, Newhouse PA. Estrogen, stress, and depression: cognitive and biological interactions. *Annu Rev Clin Psychol*. 2019;15:399–423. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-050718-095557>.
- Kessler RC, Chiu WT, Demler O, Merikangas KR, Walters EE. Prevalence, severity, and comorbidity of 12-month DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Arch Gen Psychiatry*. 2005;62(6):617–627. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.62.6.617>.
- Monteleone P, Maj M. The circadian basis of mood disorders: recent developments and treatment implications. *Eur Neuropsychopharmacol*. 2008;18(10):701–711. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2008.06.007>.
- Cui L, Li S, Wang S, Wu X, Liu Y, Yu W et al. Major depressive disorder: hypothesis, mechanism, prevention and treatment. *Signal Transduct Target Ther*. 2024;9(1):30. <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01738-y>.
- Thase M. Treatment-resistant depression: prevalence, risk factors, and treatment strategies. *J Clin Psychiatry*. 2011;72(5):e18. <https://doi.org/10.4088/JCP.8133tx4c>.
- Al-Harbi KS. Treatment-resistant depression: therapeutic trends, challenges, and future directions. *Patient Prefer Adherence*. 2012;6:369–388. <https://doi.org/10.2147/PPA.S29716>.
- Joffe RT, Levitt AJ, Sokolov ST. Augmentation strategies: focus on anxiolytics. *J Clin Psychiatry*. 1996;57(Suppl. 7):25–31. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8690693>.
- Fava M. Diagnosis and definition of treatment-resistant depression. *Biol Psychiatry*. 2003;53(8):649–659. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(03\)00231-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(03)00231-2).
- Nemeroff CB. Prevalence and management of treatment-resistant depression. *J Clin Psychiatry*. 2007;68(Suppl. 8):17–25. Available at: <https://www.psychiatrist.com/pdf/prevalence-and-management-of-treatment-resistant-depression-pdf>.
- Keller MB. Issues in treatment-resistant depression. *J Clin Psychiatry*. 2005;66(Suppl. 8):5–12. Available at: <https://www.psychiatrist.com/pdf/prevalence-and-management-of-treatment-resistant-depression-pdf>.
- Berlim MT, Turecki G. Definition, assessment, and staging of treatment-resistant refractory major depression: a review of current concepts and methods. *Can J Psychiatry*. 2007;52(1):46–54. <https://doi.org/10.1177/070674370705200108>.
- Jaffe DH, Rive B, Dennee TR. The humanistic and economic burden of treatment-resistant depression in Europe: a cross-sectional study. *BMC Psychiatry*. 2019;19(1):247. <https://doi.org/10.1186/s12888-019-2222-4>.
- Shah AJ, Veledar E, Hong Y, Bremner JD, Vaccarino V. Depression and history of attempted suicide as risk factors for heart disease mortality in young individuals. *Arch Gen Psychiatry*. 2011;68(11):1135–1142. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2011.125>.
- Gronemann FH, Jørgensen MB, Nordentoft M, Andersen PK, Osler M. Treatment-resistant depression and risk of all-cause mortality and suicidality in Danish patients with major depression. *J Psychiatr Res*. 2021;135:197–202. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.01.014>.
- Koutsomitis T, Evagorou O, Schuhmann T, Zamar A, Sack AT. Advances in transcranial magnetic stimulation (TMS) and its applications in resistant depression. *Psychiatriki*. 2021;32(Suppl. 1):90–98. <https://doi.org/10.22365/jpsych.2021.054>.
- Hassanzadeh E, Moradi G, Arasteh M, Moradi Y, Hassanzadeh E, Moradi G et al. The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on the Hamilton Depression Rating Scale-17 criterion in patients with major depressive disorder without psychotic features: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *BMC Psychol*. 2024;12(1):480. <https://doi.org/10.1186/s40359-024-01981-6>.
- Pernia AM, Zorzo C, Prieto MJ, Martinez JA, Higarza SG, Mendez M, Arias JL. Equipment for repetitive transcranial magnetic stimulation. *IEEE Trans Biomed Circuits Syst*. 2020;14(5):525–534. <https://doi.org/10.1109/TBCAS.2020.2981012>.
- De Risio L, Borgi M, Pettorosso M, Miuli A, Ottomana AM, Sociali A et al. Recovering from depression with repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): a systematic review and meta-analysis of preclinical studies. *Transl Psychiatry*. 2020;10(1):393. <https://doi.org/10.1038/s41398-020-01055-2>.
- Barker AT, Jalilou R, Freeston IL. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet*. 1985;325(8437):1106–1107. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(85\)92413-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(85)92413-4).
- Huang C-C, Su T-P, Shan I-K. A case report of repetitive transcranial magnetic stimulation-induced mania. *Bipolar Disord*. 2004;6(5):444–445. <https://doi.org/10.1111/j.1399-5618.2004.00145.x>.

27. Soares JC, Mann JJ. The anatomy of mood disorders – review of structural neuroimaging studies. *Biol Psychiatry*. 1997;41(1):86–106. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(96\)00006-6](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(96)00006-6).
28. Mayberg HS, Brannan SK, Mahurin RK, Jerabek PA, Brickman JS, Tekell JL et al. Cingulate function in depression: a potential predictor of treatment response. *Neuroreport*. 1997;8(4):1057–1061. <https://doi.org/10.1097/00001756-199703030-00048>.
29. Drevets WC, Price JL, Simpson JR, Todd RD, Reich T, Vannier M, Raichle ME. Subgenual pre-frontal cortex abnormalities in mood disorders. *Nature*. 1997;386(6627):824–827. <https://doi.org/10.1038/386824a0>.
30. Drevets WC. Functional neuroimaging studies of depression: the anatomy of melancholia. *Annu Rev Med*. 1998;49:341–361. <https://doi.org/10.1146/annurev.med.49.1.341>.
31. Mayberg HS, Lotti M, Brannan SK, McGinnis S, Mahurin RK, Jerabek PA et al. Reciprocal limbic-cortical function and negative mood: converging PET findings in depression and normal sadness. *Am J Psychiatry*. 1999;156(5):675–682. <https://doi.org/10.1176/ajp.156.5.675>.
32. Sachdev PS, McBride R, Loo C, Mitchell PM, Malhi GS, Croker V. Effects of different frequencies of transcranial magnetic stimulation (TMS) on the forced swim test model of depression in rats. *Biol Psychiatry*. 2002;51(6):474–479. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(01\)01298-7](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(01)01298-7).
33. Post A, Keck ME. Transcranial magnetic stimulation as a therapeutic tool in psychiatry: what do we know about the neurobiological mechanisms? *J Psychiatr Res*. 2001;35(4):193–215. [https://doi.org/10.1016/s0022-3956\(01\)00023-1](https://doi.org/10.1016/s0022-3956(01)00023-1).
34. Iwabuchi SJ, Peng D, Fang Y, Jiang K, Liddle EB, Liddle PF et al. Alterations in effective connectivity anchored on the insula in major depressive disorder. *Eur Neuropsychopharmacol*. 2014;24(11):1784–1792. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2014.08.005>.
35. Liston C, Chen AC, Zebly BD, Drysdale AT, Gordon R, Leuchter B et al. Default mode network mechanisms of transcranial magnetic stimulation in depression. *Biol Psychiatry*. 2014;76(7):517–526. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2014.01.023>.
36. Richieri R, Boyer L, Padovani R, Adida M, Colavolpe C, Mundler O et al. Equivalent brain SPECT perfusion changes underlying therapeutic efficiency in pharmacoresistant depression using either high-frequency left or low-frequency right prefrontal rTMS. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2012;39(2):364–370. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2012.07.012>.
37. Sun CH, Mai JX, Shi ZM, Zheng W, Jiang WL, Li ZZ et al. Adjunctive repetitive transcranial magnetic stimulation for adolescents with first-episode major depressive disorder: a meta-analysis. *Front Psychiatry*. 2023;14:1200738. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1200738>.
38. Hutton T. The clinical application of transcranial magnetic stimulation. *Psychiatr Ann*. 2014;44:305–309. <https://doi.org/10.3928/00485713-20140609-09>.
39. George M, Post R. Daily Left Prefrontal Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Acute Treatment of Medication-Resistant Depression. *Am J Psychiatry*. 2011;168(4):356–364. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2010.10060864>.
40. Haesebaert F, Moirand R, Schott-Pethelaz A-M, Brunelin J, Poulet E. Usefulness of repetitive transcranial magnetic stimulation as a maintenance treatment in patients with major depression. *World J Biol Psychiatry*. 2018;19(1):74–78. <https://doi.org/10.1080/15622975.2016.1255353>.
41. Garnaat SL, Yuan S, Wang H, Philip NS, Carpenter LL. Updates on transcranial magnetic stimulation therapy for major depressive disorder. *Psychiatr Clin North Am*. 2018;41(3):419–431. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2018.04.006>.
42. Guo Q, Li C, Wang J. Updated review on the clinical use of repetitive transcranial magnetic stimulation in psychiatric disorders. *Neurosci Bull*. 2017;33(6):747–756. <https://doi.org/10.1007/s12264-017-0185-3>.
43. George MS, Lisanby SH, Avery D, McDonald WM, Durskalski V, Pavlicova M et al. Daily left prefrontal transcranial magnetic stimulation therapy for major depressive disorder: a sham-controlled randomized trial. *Arch Gen Psychiatry*. 2010;67(5):507–516. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2010.46>.
44. Levkovitz Y, Isserles M, Padberg F, Lisanby SH, Bystritsky A, Xia G et al. Efficacy and safety of deep transcranial magnetic stimulation for major depression: a prospective multicenter randomized controlled trial. *World Psychiatry*. 2015;14(1):64–73. <https://doi.org/10.1002/wps.20199>.
45. O'Reardon JP, Solvason HB, Janicak PG, Lisanby SH, Bystritsky A, Xia G et al. Efficacy and safety of transcranial magnetic stimulation in the acute treatment of major depression: a multisite randomized controlled trial. *Biol Psychiatry*. 2007;62(11):1208–1216. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.01.018>.
46. He X, Gao X. Efficacy and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation for major depressive disorder in Chinese patients: A systematic review and meta-analysis. *Medicine*. 2025;104(38):e44663. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000044663>.
47. Sehatzadeh S, Daskalakis ZJ, Yap B, Tu HA, Palimaka S, Bowen JM et al. Unilateral and bilateral repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment-resistant depression: a meta-analysis of randomized controlled trials over 2 decades. *J Psychiatry Neurosci*. 2019;44(3):151–163. <https://doi.org/10.1503/jpn.180056>.
48. Li H, Cui L, Li J, Liu Y, Chen Y. Comparative efficacy and acceptability of neuromodulation procedures in the treatment of treatment-resistant depression: a network meta-analysis of randomized controlled trials. *J Affect Disord*. 2021;287:115–124. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.03.019>.
49. Sigrist C, Vöckel J, MacMaster FP, Farzan F, Croarkin PE, Galletly C et al. Transcranial magnetic stimulation in the treatment of adolescent depression: a systematic review and meta-analysis of aggregated and individual-patient data from uncontrolled studies. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2022;31(10):1501–1525. <https://doi.org/10.1007/s00787-022-02021-7>.
50. Croarkin PE, Wall CA, McClintock SM, Kozel FA, Husain MM, Sampson SM. The emerging role for repetitive transcranial magnetic stimulation in optimizing the treatment of adolescent depression. *J ECT*. 2010;26(4):323–329. <https://doi.org/10.1097/YCT.0b013e3181dd17eb>.
51. Croarkin PE, MacMaster FP. Transcranial magnetic stimulation for adolescent depression. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am*. 2019;28(1):33–43. <https://doi.org/10.1016/j.chc.2018.07.003>.
52. Donaldson AE, Gordon MS, Melvin GA, Barton DA, Fitzgerald PB. Addressing the needs of adolescents with treatment resistant depressive disorders: a systematic review of rTMS. *Brain Stimulat*. 2014;7(1):7–12. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2013.09.012>.
53. Hett D, Rogers J, Humpston C, Marwaha S. Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for the treatment of depression in adolescence: a systematic review. *J Affect Disord*. 2021;278:460–469. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.09.058>.
54. Magavi LR, Reti IM, Vasa RA. A review of repetitive transcranial magnetic stimulation for adolescents with treatment-resistant depression. *Int Rev Psychiatry*. 2017;29(2):79–88. <https://doi.org/10.1080/09540261.2017.1300574>.
55. Zheng W, Lan X-J, Qin Z-J, Yang X-H, Shi Z-M. Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for children and adolescents with first-episode and drug-naïve major depressive disorder: a systematic review. *Front Psychiatry*. 2023;14:111754. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.111754>.
56. Maneeton B, Maneeton N, Wootiluk P, Likhitsathian S. Repetitive transcranial magnetic stimulation combined with antidepressants for the first episode of major depressive disorder. *Curr Neuropharmacol*. 2020;18(9):852–860. <https://doi.org/10.2174/1570159X18666200221113134>.
57. Belteczki Z, Von Der Wuk I, Szili I, Rihmer Z. Late-life depression, clinical picture, etiology, therapeutic options. *Neuropsychopharmacol Hung*. 2025;27(1):51–64. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40173430>.
58. Jellinger KA. The heterogeneity of late-life depression and its pathobiology: a brain network dysfunction disorder. *J Neural Transm*. 2023;130(8):1057–1076. <https://doi.org/10.1007/s00702-023-02648-z>.
59. Steffens DC. Late-Life Depression, Antidepressant Treatment, and Cognition: The Short Haul and the Long Haul. *Am J Psychiatry*. 2024;181(3):183–185. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.20231022>.
60. Cornea M, Vintilă BI, Bucuța M, Ștef L, Anghel CE, Grama AM et al. Efficacy of Transcranial Direct Current Stimulation and Photobiomodulation in Improving Cognitive Abilities for Alzheimer's Disease: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2025;14:1766. <https://doi.org/10.3390/jcm14051766>.
61. Dai L, Wang P, Zhang P, Guo Q, Du H, Li F et al. The Therapeutic Effect of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Elderly Depression Patients. *Medicine*. 2020;99:E21493. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000021493>.
62. Roeh A, Kirchner SK, Malchow B, Maurus I, Schmitt A, Falkai P, Hasan A. Depression in Somatic Disorders: Is There a Beneficial Effect of Exercise? *Front Psychiatry*. 2019;10:141. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00141>.
63. Cooper C, Katona C, Lyketos K, Blazer D, Brodaty H, Rabins P et al. A Systematic Review of Treatments for Refractory Depression in Older People. *Am J Psychiatry*. 2011;168(7):681–688. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2011.10081165>.
64. Cappon D, den Boer T, Jordan C, Yu W, Metzger E, Pascual-Leone A. Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) for Geriatric Depression. *Ageing Res Rev*. 2022;74:101531. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101531>.
65. Zhang M, Mo J, Zhang H, Tang Y, Guo K, OuYang X et al. Efficacy and Tolerability of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Late-Life Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Affect Disord*. 2023;323:219–231. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.11.027>.
66. Băcilă CI, Cornea M, Lomnasan A, Anghel CE, Grama AM, Dobre CE et al. Efficacy and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation for Treating Late-Life Depression: A Scoping Review. *J Clin Med*. 2025;14(10):3609. <https://doi.org/10.3390/jcm14103609>.
67. Göke K, Trevizol AP, Ma C, Mah L, Rajji TK, Daskalakis ZJ et al. Predictors of Remission after Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Treatment of Late-Life Depression. *Psychiatry Res*. 2024;334:115822. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.115822>.
68. Desbœaumes Jodoin V, Miron JP, Lespérance P. Safety and Efficacy of Accelerated Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Protocol in Elderly Depressed Unipolar and Bipolar Patients. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2019;27(5):548–558. <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2018.10.019>.
69. Leuchter MK, Citrenbaum C, Wilson AC, Tibbe TD, Jackson NJ, Krantz DE et al. The Effect of Older Age on Outcomes of RTMS Treatment for Treatment-Resistant Depression. *Int Psychogeriatr*. 2024;36:1070–1075. <https://doi.org/10.1017/S1041610224000462>.
70. Trevizol AP, Goldberger KW, Mulsant BH, Rajji TK, Downar J, Daskalakis ZJ, Blumberger DM. Unilateral and Bilateral Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Treatment-Resistant Late-Life Depression. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2019;34:822–827. <https://doi.org/10.1002/gps.5091>.

71. Blumberger DM, Mulsant BH, Thorpe KE, McClintock SM, Konstantinou GN, Lee HH et al. Effectiveness of Standard Sequential Bilateral Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation vs Bilateral Theta Burst Stimulation in Older Adults With Depression: The FOUR-D Randomized Noninferiority Clinical Trial. *JAMA Psychiatry*. 2022;79:1065–1073. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2022.2862>.
72. Quinn DK, Upston J, Jones TR, Gibson BC, Olmstead TA, Yang J et al. Electric Field Distribution Predicts Efficacy of Accelerated Intermittent Theta Burst Stimulation for Late-Life Depression. *Front Psychiatry*. 2023;14:1215093. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1215093>.
73. Almheiri E, Alhelali A, Abdelnaim MA, Weber FC, Langguth B, Schecklmann M, Hebel T. Effectiveness of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Depression in the Elderly: A Retrospective Natural Analysis. *J Clin Med*. 2023;12:4748. <https://doi.org/10.3390/jcm12144748>.
74. Roth Y, Munasifi F, Harvey SA, Grammer G, Hanlon CA, Tendler A. Never Too Late: Safety and Efficacy of Deep TMS for Late-Life Depression. *J Clin Med*. 2024;13:816. <https://doi.org/10.3390/jcm13030816>.
75. Pell GS, Harmelech T, Zibman S, Roth Y, Tendler A, Zangen A. Efficacy of Deep TMS with the H1 Coil for Anxious Depression. *J Clin Med*. 2022;11(4):1015. <https://doi.org/10.3390/jcm11041015>.
76. Hutton TM, Aaronson ST, Carpenter LL, Pages K, West WS, Kraemer C et al. The Anxiolytic and Antidepressant Effects of Transcranial Magnetic Stimulation in Patients With Anxious Depression. *J Clin Psychiatry*. 2023;84(1):22m14571. <https://doi.org/10.4088/JCP.22m14571>.
77. Chen J, He P, Zhang Y, Gao Y, Qiu Y, Li Y et al. Non-pharmacological treatment for Parkinson disease patients with depression: a meta-analysis of repetitive transcranial magnetic stimulation and cognitive-behavioral treatment. *Int J Neurosci*. 2021;131(4):411–424. <https://doi.org/10.1080/00207454.2020.1744591>.
78. Hai-Jiao W, Ge T, Li-Na Z, Deng C, Da X, Shan-Shan C et al. The efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation for Parkinson disease patients with depression. *Int J Neurosci*. 2020;130(1):19–27. <https://doi.org/10.1080/00207454.2018.1495632>.
79. Zhang W, Deng B, Xie F, Zhou H, Guo JF, Jiang H et al. Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *EclinicalMedicine*. 2022;52:101589. <https://doi.org/10.1016/j.eclim.2022.101589>.
80. Liang J, Feng J, He J, Jiang Y, Zhang H, Chen H. Effects of Noninvasive Brain Stimulation Combined With Antidepressants in Patients With Poststroke Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Pharmacol*. 2022;13:887115. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.887115>.
81. Liu C, Wang M, Liang X, Xue J, Zhang G. Efficacy and Safety of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Poststroke Depression: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2019;100(10):1964–1975. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.03.012>.
82. Shao D, Zhao ZN, Zhang YQ, Zhou XY, Zhao LB, Dong M et al. Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation for post-stroke depression: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Braz J Med Biol Res*. 2021;54(3):e10010. <https://doi.org/10.1590/1414-431X202010010>.
83. Shen Y, Cai Z, Liu F, Zhang Z, Ni G. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation and Transcranial Direct Current Stimulation as Treatment of Poststroke Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurologist*. 2022;27(4):177–182. <https://doi.org/10.1097/NRL.0000000000000416>.
84. Cui Y, Fang H, Bao C, Geng W, Yu F, Li X. Efficacy of Transcranial Magnetic Stimulation for Reducing Suicidal Ideation in Depression: A Meta-Analysis. *Front Psychiatry*. 2022;12:764183. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.764183>.
85. Chen GW, Hsu TW, Ching PY, Pan CC, Chou PH, Chu CS. Efficacy and Tolerability of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Suicidal Ideation: A Systemic Review and Meta-Analysis. *Front Psychiatry*. 2022;13:884390. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.884390>.
86. Mehta S, Konstantinou G, Weissman CR, Daskalakis ZJ, Voineskos D, Downar J et al. The Effect of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Suicidal Ideation in Treatment-Resistant Depression: A Meta-Analysis. *J Clin Psychiatry*. 2022;83(2):21r13969. <https://doi.org/10.4088/JCP.21r13969>.
87. Li B, Zhao N, Tang N, Friston KJ, Zhai W, Wu D et al. Targeting suicidal ideation in major depressive disorder with MRI-navigated Stanford accelerated intelligent neuromodulation therapy. *Transl Psychiatry*. 2024;14(1):21. <https://doi.org/10.1038/s41398-023-02707-9>.
88. Cirillo P, Gold AK, Nardi AE, Ornelas AC, Nierenberg AA, Camprodon J et al. Transcranial magnetic stimulation in anxiety and trauma-related disorders: A systematic review and meta-analysis. *Brain Behav*. 2019;9(6):e01284. <https://doi.org/10.1002/brb3.1284>.
89. Cox J, Thakur B, Alvarado L, Shokar N, Thompson PM, Dwivedi AK. Repetitive transcranial magnetic stimulation for generalized anxiety and panic disorders: A systematic review and meta-analysis. *Ann Clin Psychiatry*. 2022;34(2):e2–e24. <https://doi.org/10.12788/acp.0050>.
90. McGirr A, Devoe DJ, Raedler A, Debert CT, Ismail Z, Berlim MT. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Treatment of Post-traumatic Stress Disorder: A Systematic Review and Network Meta-analysis: La Stimulation Magnétique Transcrânienne Répétitive Pour le Traitement du Trouble de Stress Post-Traumatique: Une Revue Systématique et une Méta-Analyse en Réseau. *Can J Psychiatry*. 2021;66(9):763–773. <https://doi.org/10.1177/0706743720982432>.
91. Parikh TK, Strawn JR, Walkup JT, Croarkin PE. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Generalized Anxiety Disorder: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *J Int J Neuropsychopharmacol*. 2022;25(2):144–146. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyab077>.
92. Pellegrini L, Garg K, Enara A, Gottlieb DS, Wellsted D, Albert U et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation (r-TMS) and selective serotonin reuptake inhibitor-resistance in obsessive-compulsive disorder: A meta-analysis and clinical implications. *Compr Psychiatry*. 2022;118:152339. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2022.152339>.
93. Rao V, Bechtold K, McCann U, Roy D, Peters M, Vaishnavi S et al. Low-Frequency Right Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Treatment of Depression After Traumatic Brain Injury: A Randomized Sham-Controlled Pilot Study. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 2019;31(4):306–318. <https://doi.org/10.1176/appi.neuropsych.17110338>.
94. Tang Z, Zhu Z, Xu J. Psychological Effects of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Individuals With Methamphetamine Use Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biol Res Nurs*. 2023;25(1):117–128. <https://doi.org/10.1177/10998004221122522>.

Вклад авторов:

Авторы внесли равный вклад на всех этапах работы и написания статьи.

Contribution of authors:

All authors contributed equally to this work and writing of the article at all stages.

Информация об авторах:

Пизов Николай Александрович, к.м.н., заведующий отделением медицинской реабилитации пациентов с нарушениями функции центральной нервной системы, Клиническая больница №2; 150030, Россия, Ярославль, Суздальское шоссе, д. 39; pizov.n.a@gmail.com

Пизова Наталия Вячеславовна, д.м.н., профессор кафедры нервных болезней с медицинской генетикой и нейрохирургией, Ярославский государственный медицинский университет; 150000, Россия, Ярославль, ул. Революционная, д. 5; pizova@yandex.ru

Information about the authors:

Nikolai A. Pizov, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Medical Rehabilitation of Patients with Central Nervous System Disorders, Clinical Hospital No. 2; 39, Suzdal Shosse, Yaroslavl, 150030, Russia; pizov.n.a@gmail.com

Natalia V. Pizova, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Nervous Diseases with Medical Genetics and Neurosurgery, Yaroslavl State Medical University; 5, Revolutsionnaya St., Yaroslavl, 150000, Russia; pizova@yandex.ru