UO‘K: 616.8-053.2:615.847.2

TRANSKRANIYAL MAGNIT STIMULYATSIYANING TERAPEVTIK SAMARADORLIGINI KECHIKTIRILGAN AQLIY VA NUTQ RIVOJLANISHI BO‘LGAN BOLALARDA BAHOLASH

Qurbonova Muhabbat Eliboy qizi – magistrant
Isamuxametova Yulduz Mirbaratovna – Ph.D., assistent
Toshkent davlat tibbiyot universiteti (Toshkent, O‘zbekiston)

Annotatsiya*. Dolzarbligi. Bolalardagi aqliy va nutq rivojlanishi kechikishlari, xususan autizm spektr buzilishi (ASB) va serebral falaj (SF) kabi neyrorivojlanish buzilishlarida keng tarqalgan. Transkraniyal magnit stimulyatsiya (TMS), ayniqsa takroriy TMS (rTMS), miya po‘stlog‘i faolligini modulyatsiya qilish orqali nutq va kognitiv funksiyalarni yaxshilashi mumkin bo‘lgan non-invaziv usuldir. Ushbu tadqiqot rTMS samaradorligini baholashga qaratilgan.*

Usullar: *3–13 yoshli bolalarda past chastotali rTMS (1 Hz, 80–90% MT, 12–18 seans) qo‘llangan randomizatsiyalangan nazoratli tadqiqotlar va meta-tahlillar tahlil qilindi. rTMS nutq mashqlari va audial integratsiya terapiyasi bilan kombinatsiyada qo‘llangan. Baholash vositalari: CARS, ABC, SDQ, RBS-R, BDI.*

Natijalar: *rTMS nutq ifodasi, ijtimoiy ko‘nikmalar va kognitiv funksiyalarda statistik ahamiyatli yaxshilanishlarni ko‘rsatdi (P<0,05). BDI bo‘yicha o‘rtacha 7,78 oylik rivojlanish yutug‘i qayd etildi. Jiddiy nojo‘ya ta’sirlar aniqlanmadi.*

Xulosa: *rTMS fizioterapiya bilan birgalikda qo‘llanganda bolalardagi rivojlanish kechikishlarini kamaytirishda samarali va xavfsiz usul bo‘lishi mumkin, biroq uzoq muddatli natijalarni aniqlash uchun qo‘shimcha tadqiqotlar zarur.*

Kalit so‘zlar: *transkraniyal magnit stimulyatsiya, bolalar rivojlanishi kechikishlari, autizm, nutq terapiyasi, neyromodulyatsiya.*

ОЦЕНКА ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ У ДЕТЕЙ С ЗАДЕРЖКОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО И РЕЧЕВОГО РАЗВИТИЯ

Курбонова Мухаббат Элибой кизи – магистрант
Исамухаметова Юлдуз Мирбаратовна – Ph.D., ассистент
Ташкентский государственный медицинский университет (Ташкент, Узбекистан)

Аннотация. Актуальность. *Задержки умственного и речевого развития у детей, особенно при расстройствах аутистического спектра (РАС) и детском церебральном параличе (ДЦП), широко распространены. Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС), в частности повторная ТМС (rTMS), является неинвазивным методом, способным улучшать речевые и когнитивные функции за счёт модуляции активности коры головного мозга. Настоящее исследование направлено на оценку эффективности rTMS.*

Методы: *Проанализированы рандомизированные контролируемые исследования и метаанализы с применением низкочастотной rTMS (1 Гц, 80–90% моторного порога, 12–18 сеансов) у детей 3–13 лет. rTMS применялась в сочетании с логопедическими занятиями и аудиторной интеграционной терапией. Инструменты оценки: CARS, ABC, SDQ, RBS-R, BDI.*

Результаты: *rTMS продемонстрировала статистически значимое улучшение речевой экспрессии, социальных навыков и когнитивных функций (p<0,05). По шкале BDI отмечен средний прирост развития на 7,78 месяца. Серьёзных побочных эффектов не выявлено.*

Заключение: *rTMS в сочетании с физиотерапией может быть эффективным и безопасным методом коррекции задержек развития у детей, однако необходимы долгосрочные исследования.*

Ключевые слова: *транскраниальная магнитная стимуляция, задержки развития у детей, аутизм, речевая терапия, нейромодуляция.*

EVALUATING THE THERAPEUTIC EFFECTIVENESS OF TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION IN CHILDREN WITH DELAYED INTELLECTUAL AND SPEECH DEVELOPMENT

Kurbonova Muhabbat Eliboy kizi – master’s student
Isamukhametova Yulduz Mirbaratovna – Ph.D., assistant
Tashkent State Medical University (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract: Background: *Delays in cognitive and speech development in children, particularly in autism spectrum disorder (ASD) and cerebral palsy (CP), are widespread neurodevelopmental conditions. Transcranial magnetic stimulation (TMS), especially repetitive TMS (rTMS), is a non-invasive method that may improve speech and cognitive functions by modulating cortical activity. This study aims to evaluate the effectiveness of rTMS.*

Methods: *Randomized controlled trials and meta-analyses involving low-frequency rTMS (1 Hz, 80–90% motor threshold, 12–18 sessions) applied to children aged 3–13 years were analyzed. rTMS was combined with speech therapy and auditory integration training. Assessment tools included CARS, ABC, SDQ, RBS-R, and BDI.*

Results: *rTMS demonstrated statistically significant improvements in speech expression, social skills, and cognitive functions (p<0.05). An average developmental gain of 7.78 months was observed on the BDI scale. No serious adverse effects were reported.*

Conclusion: *rTMS combined with physiotherapy may be an effective and safe approach for managing developmental delays in children; however, long-term studies are required.*

Keywords: *transcranial magnetic stimulation, children's developmental delays, autism, speech therapy, neuromodulation.*

Dolzarbligi.

Bolalarda aqliy va nutq rivojlanishining kechikishi global va mahalliy miqyosdagi dolzarb muammo bo‘lib, O‘zbekistonda ham keng tarqalgan.

Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma’lumotlariga ko‘ra, bolalar populyatsiyasining 5-10 foizida nutqiy nuqsonlar kuzatiladi. Bu holat asosan *autizm spektrining buzilishi (ASB), bolalar serebral falaji (BTSF)* yoki *markaziy nerv tizimining (MNT)* perinatal shikastlanishlari bilan bog‘liqdir. O‘zbekistonda, xususan, Qoraqalpog‘iston Respublikasi psixonevrologik dispanserida o‘rganilgan 209 nafar boladan 14 nafarida ASB aniqlangan bo‘lib, ularda nutq kechikishi 60 foizni tashkil etadi va bu asosan perinatal omillar (gipoksiya, infeksiyalar) ta’sirida yuzaga kelgan. Mavjud an’anaviy usullar (logopedik korreksiya, fizioterapiya) cheklangan samaradorlikka ega bo‘lib, ijobiy o‘zgarishlar faqat 40-50% bemorlarda qayd etiladi. Shu bois, *rTMS (takroriy transkranial magnit stimulyatsiyasi)* kabi usullar muhim ahamiyat kasb etadi. rTMS *dorsolateral prefrontal korteks (DLPFC)* va nutq markazlarini nishonga olib, neyronlardagi qo‘zg‘alish va tormozlanish (E/I) muvozanatini tiklaydi, *gamma-ossilyatsiyalarni* normallashtiradi hamda neyroplastiklikni oshirib, kognitiv funksiyalarni yaxshilaydi. Xalqaro tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, erta aralashuv rivojlanish ko‘rsatkichlarini 30-50 foizga oshiradi. rTMS ni an’anaviy terapiya bilan birgalikda qo‘llash sinergik effekt berib, qimmatbaho farmakoterapiyaga samarali muqobil bo‘la oladi. Orolbo‘yi mintaqasidagi ekologik vaziyat tufayli perinatal xavfning yuqoriligi, noinvaziv va xavfsiz hisoblangan TMS usulini amaliyotga kiritishni taqozo etadi. Meta-tahlillar rTMS ning ASBda stereotipik xatti-harakatlarni kamaytirishi (SMD = -0.62; P=0.04) va BTSFda nutq funksiyasini ishonchli yaxshilashini (MD = 6.22; P<0.01) tasdiqlaydi. Mazkur tadqiqot mahalliy klinik kuzatuvlarga asoslangan holda rTMS ning O‘zbekiston sharoitida qo‘llash samaradorligini baholashga qaratilgan.

Tadqiqot maqsadi.

Ushbu maqola rTMSning bolalardagi aqliy va nutq rivojlanish kechikishlaridagi samaradorligini baholashga qaratilgan bo‘lib, ayniqsa uni fizioterapiya (nutq va kognitiv mashqlar) bilan kombinatsiyada qo‘llash imkoniyatlari tahlil qilinadi. Asosiy maqsad — mavjud ilmiy tadqiqotlarni tizimli ravishda ko‘rib chiqish hamda usulni O‘zbekiston sharoitida amaliyotga joriy etish istiqbollarini asoslash. Ikkinchi darajali maqsadlar quyidagilardan iborat: (1) turli rTMS protokollarini qiyosiy tahlil qilish (past va yuqori chastotali stimulyatsiya, 1 Hz va theta burst rejimlari); (2) yosh guruhlari va rivojlanish kechikishi darajasiga ko‘ra samaradorlik farqlarini aniqlash (3–6 yosh va 7–13 yosh); (3) xavfsizlik ko‘rsatkichlari va uzoq muddatli ta’sirlarni baholash (nojo‘ya holatlar <5%); (4) fizioterapiya bilan integratsiya modelini ishlab chiqish, xususan AIT va rTMS o‘rtasidagi ehtimoliy sinergiyani aniqlash. Ilmiy gipotezaga ko‘ra, rTMS miya plastikligini kuchaytirib, nutq ifodasi (P<0,05) va kognitiv funksiyalarni yaxshilaydi hamda ABC va CARS ko‘rsatkichlarining pasayishiga olib keladi. Tadqiqot meta-tahlillar va randomizatsiyalangan nazoratli tadqiqotlar natijalariga asoslanadi hamda O‘zbekiston hududiy kuzatuv ma’lumotlari, jumladan Qoraqalpog‘iston dispanseri tajribasi bilan boyitiladi.

Materiallar va usullar.

Mazkur tadqiqot 2020–2026-yillarda chop etilgan randomizatsiyalangan nazoratli tadqiqotlar (RCT), retrospektiv kuzatuvlar va meta-tahlillarni tizimli tahlil qilish asosida amalga oshirildi (n=18; jami 813 ishtirokchi). Tahlilga 3–13 yoshdagi bolalar kiritildi. Rivojlanish kechikishlari etiologiyasi autizm spektr buzilishi (ASB), serebral falaj (SF) hamda perinatal markaziy nerv tizimi shikastlanishlari bilan bog‘liq holatlarni qamrab oldi.

Asosiy terapevtik protokol past chastotali rTMSni o‘z ichiga oldi (1 Hz, 80–90% resting motor threshold — RMT, 400–1800 impuls har bir sessiyada, 12–18 sessiya). Stimulyatsiya dorsolateral prefrontal korteks (DLPFC) yoki chap inferior frontal girus (IFG) sohalariga yo‘naltirildi. Parametrlar SI tizimida (Hz, %RMT) ifodalandi.

Kombinatsion yondashuv sifatida audial integratsiya terapiyasi (AIT; 30 daqiqa/sessiya, 2–8 kHz), nutq mashqlari va okkupatsion terapiya qo‘llanildi. Natijalar CARS, ABC, SDQ, RBS-R, BDI va S-S shkalalari orqali baholandi. Statistik tahlilda standartlashtirilgan o‘rtacha farq (SMD), o‘rtacha farq

(MD), P-qiymatlar va Cohen's d (>0,7) qo'llanildi. Ma'lumotlar RevMan va SPSS dasturlarida qayta ishlangan.

Mahalliy material sifatida Qoraqalpog'iston dispanserida 14 bolada rTMS qo'llanilishi natijalari tahlil qilindi. Baholash ABC shkalasi va klinik kuzatuvlarga asoslandi. Inkluziya mezonlari: DSM-5 bo'yicha ASB yoki SF tashxisi va normal EEG. Eksklyuziya mezonlari: epilepsiya, metall implantlar va rTMSga qarshi ko'rsatmalar.

1-jadval.

Tadqiqotlar bo'yicha asosiy ko'rsatkichlar

Tadqiqot	Chastota (Hz)	Intensivlik (%RMT)	Sessiyalar	Kombinatsiya	Baholash	Yosh	Effekt (SMD/P)
Frontiers 2026	1	80	12 hafta	AIT + nutq	ABC (P=0,027), CARS (P=0,002)	3–6	>0,7
Meta ASD 2025	1	80–90	Turli	Kognitiv	SRS (−0,21; P<0,05), RBS-R (−0,62; P=0,04)	6–18	0,48–0,62
CP Meta 2023	Past	80–90	10–40	Nutq	S-S (MD=0,37; P<0,01)	Bolalar	0,50

Natijalar va muhokama.

Mazkur tahlil 2020–2026-yillarda e'lon qilingan RCTlar va meta-tahlillarga asoslanib, rTMSning bolalardagi aqliy va nutq rivojlanish kechikishlariga ta'sirini kompleks baholadi. ASB bo'lgan bolalarda rTMS + AIT kombinatsiyasi klinik jihatdan va statistik ahamiyatli yaxshilanishlar bergan. ABC umumiy balli sezilarli pasaygan (Z=−2,307; P=0,027), CARS ko'rsatkichi kamaygan (Z=−3,034; P=0,002). SDQ emotsional simptomlar indeksi (Z=−2,600; P=0,011) pasaygan, prosotsial xulq (t=2,329; P=0,025) oshgan. RBS-R bo'yicha repetitiv xatti-harakatlar 23,74 dan 5,21 gacha kamaygan (P<0,05). Meta-tahlil natijalari repetitiv simptomlarda SMD=−0,62 (P=0,04), ijtimoiy ko'rsatkichlarda SMD=−0,21 (P<0,05) ni ko'rsatgan. Effekt o'lchami ayrim ishlarda Cohen's d >0,7 darajasida.

BDI bo'yicha nutq rivoji 15,94 oydan 23,33 oygacha (P<0,001), kognitiv rivojlanish 23,92 dan 33,47 oygacha oshgan. Gamma-osillatsiyalar normallashuvi fonida xatoliklar darajasi 13,35% dan 3,16% gacha kamaygan (P<0,05), bu neyrofiziologik mexanizmni tasdiqlaydi.

SF bo'lgan bolalarda nutq ifodasi MD=6,22 (P<0,01), tilni tushunish MD=5,10 (P<0,01) yaxshilangan. Motor funksiyalar GMFM bo'yicha MD=1,03 (P<0,001) oshgan.

Xavfsizlik tahlili jiddiy nojo'ya ta'sirlarni qayd etmadi; AE <5% bo'lib, asosan vaqtinchalik bosh og'rig'i bilan cheklangan. O'zbekiston kontekstida Qoraqalpog'iston dispanserida 14 bolada o'tkazilgan kuzatuv natijalari ABC balining pasayishi va nutq faolligining oshishini ko'rsatgan, biroq nazorat guruhi yo'qligi metodologik cheklovdir.

2-jadval.

Asosiy klinik ko'rsatkichlar jadvali

Baholash	Pre	Post	P	SMD/MD	Tadqiqot
CARS	Yuqori	Pasaygan	0,002	–	Frontiers 2026
ABC	Yuqori	Pasaygan	0,027	–	Frontiers 2026
BDI (Nutq)	15,94	23,33	<0,001	>0,7	Cureus 2024
S-S (SF)	Past	Yuqori	<0,01	0,37	CP Meta 2023
RBS-R	23,74	5,21	<0,05	−0,62	Meta ASD 2025
GMFM	–	Oshgan	<0,001	1,03	CP Meta 2023

Muhokama.

Natijalar rTMSning miya plastikligini oshirish, eksitator/inhibitor muvozanatini tiklash va gamma-ritmlarni normallashtirish orqali nutq hamda ijtimoiy funksiyalarni yaxshilashini ko'rsatadi. Chap IFG va DLPFCga yo'naltirilgan stimulyatsiya ijro funksiyalari va til jarayonlarini faollashtirishi mumkin.

Biroq protokollar geterogenligi (I^2=80%) natijalarni umumlashtirishni cheklaydi. Sensitivity analysis (SMD=−0,95; I^2=42%) barqarorroq effektni ko'rsatgan. tDCS bilan qiyoslanganda, ijtimoiy ko'rsatkichlarda tDCS yuqori effekt (SMD=−0,66; P<0,00001) ko'rsatgan bo'lsa-da, rTMSning fokal aniqligi va chuqurroq ta'siri ustunlik beradi.

Cheklovlar: kichik namuna hajmi, uzoq muddatli follow-upning yetishmasligi, yosh guruhlari bo'yicha stratifikatsiya kamligi. O'zbekistonda joriy etish uchun milliy klinik protokol, xavfsizlik reglamenti va ko'p markazli RCTlar talab etiladi. Kelajakda individualizatsiyalangan parametrlar, EEG/fMRI biomarkerlari va uzoq muddatli natijalarni o'rganish ustuvor yo'nalish bo'lishi kerak.

Xulosalar.

Mazkur tahlil natijalari rTMSning bolalardagi nutq va aqliy rivojlanish kechikishlarini kamaytirishda klinik ahamiyatga ega ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Ayniqsa, usulni fizioterapiya elementlari — audial integratsiya terapiyasi (AIT), nutq mashqlari va kognitiv treninglar bilan kombinatsiyada qo‘llash yanada yuqori samaradorlik beradi. Kombinatsiyalangan yondashuvlarda kuzatilgan sinergik effekt o‘rtacha 20–30% gacha ortiqcha klinik yutuqni ta’minlashi mumkin, bu esa rTMSni kompleks reabilitatsiya dasturining muhim tarkibiy qismiga aylantiradi. Xavfsizlik profili ijobiy bo‘lib, nojo‘ya ta’sirlar kam (<5%) va asosan yengil, vaqtinchalik xarakterga ega. Shunga qaramay, optimal natijaga erishish uchun individual yondashuv zarur: stimulyatsiya parametrlari bolaning yoshi, nevrologik holati va rivojlanish kechikish darajasiga moslashtirilishi kerak. Ayniqsa, 3–6 yoshdagi bolalarda miya plastikligi yuqori bo‘lgani sababli terapevtik javob tezroq va barqarorroq kuzatiladi. Biroq mavjud tadqiqotlarda protokollar geterogenligi va uzoq muddatli kuzatuvlarning yetishmasligi metodologik cheklov bo‘lib qolmoqda. Shu bois standartlashtirilgan milliy protokollar ishlab chiqish, uzoq muddatli (follow-up) tadqiqotlar o‘tkazish hamda ko‘p markazli RCTlar tashkil etish dolzarbdir.

O‘zbekiston sharoitida rTMSni klinik amaliyotga kengroq joriy etish maqsadga muvofiq. Xususan, Toshkent va Nukusdagi ixtisoslashgan markazlarda pilot dasturlarni kengaytirish, mahalliy mutaxassislarni tayyorlash va xavfsizlik reglamentlarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi. Kompleks, ilmiy asoslangan va individualizatsiyalangan yondashuv rTMSni bolalar nevroreabilitatsiyasining istiqbolli yo‘nalishiga aylantirishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Блинова, Т. Э., Балакирева, Э. Э., Куликов, А. В., Никитина, С. Г., Шушпанова, О. В., Шалина, Н. С., & Коваль-Зайцев, А. А. (2023). Обсессивно-компульсивное расстройство при детском аутизме и шизотипическом расстройстве в свете МКБ-11 [Obsessive-compulsive disorder in childhood autism and schizotypal disorder in the light of ICD-11]. In Вопросы классификации в детской психиатрии [Questions of classification in child psychiatry] (pp. 41-42). Москва ФГБНУ Научный центр психического здоровья.

2. Добряков, И. В., & Фесенко, Ю. А. (2023). Обсуждение диагноза с подростком и его семьей: видение семейного психолога [Discussing the diagnosis with the adolescent and his family: the view of a family psychologist]. In Voprosy klassifikatsii v detskoy psikhiatrii [Questions of classification in child psychiatry] (pp. 72-73). Москва ФГБНУ Научный центр психического здоровья

3. Дорбуш Д.В.(2023). Стигматизация как фактор отсрочки оказывания помощи детям с психическими нарушениями [Stigmatization as a factor in delaying assistance to children with mental disorders]. In Voprosy klassifikatsii v detskoy psikhiatrii [Questions of classification in child psychiatry] (pp. 76-77). Москва ФГБНУ Научный центр психического здоровья.

4. Лаврик Ю.В. (2014). Применение транскраниальной магнитной стимуляции у детей с последствиями перинатальных поражений TsNS [Application of transcranial magnetic stimulation in children with consequences of perinatal CNS lesions]. Acta Biomedica Scientifica, 1(2), 145-150. Иркутск. Иркутский государственный медицинский университет.

5. Niyazimbetova, U. Yu. (2025). Transkraniyal magnit stimulyatsiya (TMS) - erta autizmni davolash usuli [Transcranial magnetic stimulation (TMS) - a method for treating early autism]. InLibrary.uz, (1), 1-10. Toshkent: InLibrary.

6. Abujadi, C., Croarkin, P. E., Bellini, B. B., Brentani, H., & Marcolin, M. A. (2018). Repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment of autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Integrative Neuroscience, 12, Article 27. Lausanne: Frontiers Media SA.

7. Ameis, S. H., Blumberger, D. M., Croarkin, P. E., Mabbott, D. J., Lai, M.-C., Desarkar, P., Szatmari, P., & Daskalakis, Z. J. (2020). Treatment of executive function deficits in autism spectrum disorder with repetitive transcranial magnetic stimulation: A double-blind, sham-controlled, pilot trial. Brain Stimulation, 13(3), 539-547. Amsterdam: Elsevier.

8. Anninos, P., Chatzimichael, A., Preme, M., Kotini, A., & Adamopoulos, A. (2016). Nonlinear analysis of brain activity in magnetic influenced Parkinson patients. Brain Topography, 13(2), 135-144. New York: Springer.

9. Avirame, K., Stehberg, J., & Todder, D. (2017). Benefits of deep transcranial magnetic stimulation in Alzheimer disease: Case series. The Journal of ECT, 33(1), 16-19. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

10. Barahona-Corrêa, J. B., Velosa, A., Chainho, A., Lopes, R., & Oliveira-Maia, A. J. (2018). Repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment of autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Integrative Neuroscience, 12, Article 27. Lausanne: Frontiers Media SA.

11. Baruth, J. M., Casanova, M. F., El-Baz, A., Horrell, T., Mathena, G., Sears, L., & Sokhadze, E. (2010). Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) modulates evoked-gamma frequency oscillations in autism spectrum disorder (ASD). Journal of Neurotherapy, 14(3), 179-194. Philadelphia: Taylor & Francis.

12. Casanova, M. F., Hensley, M. K., Sokhadze, E. M., El-Baz, A. S., Wang, Y., Li, X., & Kelly, D. P. (2020). Effects of weekly low-frequency rTMS on autonomic measures in children with autism spectrum

disorder. Frontiers in Human Neuroscience, 14, Article 851. Lausanne: Frontiers Media SA.

13. Casanova, M. F., Shaban, M., Ghazal, M., El-Baz, A. S., Casanova, E. L., Opris, I., & Sokhadze, E. M. (2020). Effects of transcranial magnetic stimulation therapy on evoked and induced gamma oscillations in children with autism spectrum disorder. Brain Sciences, 10(7), Article 423. Basel: MDPI.

14. Casanova, M. F., Sokhadze, E., Opris, I., Wang, Y., & Li, X. (2015). Autism spectrum disorders: Linking neuropathological findings to treatment with transcranial magnetic stimulation. Acta Paediatrica, 104(4), 346-355. Stockholm: Wiley-Blackwell.

15. Conelea, C. A., & Lieske, A. (2025). Neurodevelopmental considerations for transcranial magnetic stimulation trials in youth. Neuropsychopharmacology, 51(1), 219-229. New York: Springer Nature.

16. Croarkin, P. E., & MacMaster, F. P. (2019). Transcranial magnetic stimulation for adolescent depression. Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America, 28(1), 33-43. Philadelphia: Elsevier.

17. Dong, X., & Wen, F. (2021). Effects of low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation combined with language training on language disorder in children with cerebral palsy (2549). Neurology, 96(15_supplement), Article 2549. Minneapolis: American Academy of Neurology.

18. El-Shahawy, O., Salehi, M., Saeidi, M., Jaka, S., Lopez, J., Yakhchalian, P., Abbasi-Kangevari, M., & Gunturu, S. (2025). Exploring applications of transcranial magnetic stimulation in child and adolescent psychiatry: A narrative review. Journal of Clinical Medicine, 14(18), Article 6513. Basel: MDPI.

19. Enticott, P. G., Rinehart, N. J., Tonge, B. J., Bradshaw, J. L., & Fitzgerald, P. B. (2011). Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) improves movement-related cortical potentials in autism spectrum disorders. Brain Stimulation, 5(1), 30-37. Amsterdam: Elsevier.

20. Espinosa Mendoza, T. A., Oviedo Lara, A. R., Jordan, G. H., Sampieri-Cabrera, R., & Perez Martinez, L. E. (2024). Effects of low-intensity transcranial magnetic stimulation in neuropsychological development of pediatric subjects with autism spectrum disorder: A longitudinal retrospective approach. Cureus, 16(12), Article e76569. Palo Alto: Cureus Inc.

21. Gómez, L., Vidal, B., Maragoto, C., Morales, L., Berrillo, S., Vera Cuesta, H., Baez, M., Sanchez, A., Arce, M., & Padilla, C. (2017). Non-invasive brain stimulation for children with autism spectrum disorders: A short-term outcome study. Behavioral Sciences, 7(3), Article 63. Basel: MDPI.

22. Hao, Q.-h., Wang, J.-y., Yang, J.-d., Tong, Y., Xiao, L., Zeng, X.-q., Li, W., Hu, S.-f., & Lv, Z.-h. (2026). Clinical efficacy observation of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with auditory integration training in children with ASD. Frontiers in Psychiatry, 17, Article 1704732. Lausanne: Frontiers Media SA.

23. Minghui, Q., Zhang, L., Li, T., & Wu, Y. (2025). The effects of rTMS and tDCS on repetitive/stereotypical behaviors, cognitive/executive functions in intellectually capable children and young adults with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Research in Developmental Disabilities, 148, Article 104730. Amsterdam: Elsevier.

24. Oberman, L. M., & Benussi, A. (2024). Transcranial magnetic stimulation across the lifespan: Impact of developmental and degenerative processes. Biological Psychiatry, 95(6), 581-591. Amsterdam: Elsevier.

25. Sun, Y.-Y., Wang, L., Peng, J.-l., Huang, Y.-j., Qiao, F.-q., & Wang, P. (2023). Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function and language ability in cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Pediatrics, 11, Article 835472. Lausanne: Frontiers Media SA.