



DOSSIER · THERAPIE

Transkranielle Magnetstimulation (TMS)

Transkranielle Magnetstimulation ist ein nichtinvasives Verfahren der Hirnstimulation. Diese Seite ordnet die Forschung dazu: wie das Verfahren wirkt, welche Anwendungsgebiete kontrolliert geprüft sind und wo die Fragen noch offen stehen. Auffällig ist, dass die meistzitierte kontrollierte Arbeit einer Zwangserkrankung gilt und nicht der Depression, mit der das Verfahren im Alltag meist verbunden wird.

2.239

STUDIEN
INSGESAMT

1.733

AM MENSCHEN

833

DAVON
KONTROLLIERT

31

AN TIEREN

7

IM LABOR

Zahlen aus der IHR-Studiendatenbank · Stand 2026-10-15

So lesen Sie dieses Dossier

BELEGT

am Menschen gemessen, mit
Vergleichsgruppe

PLAUSIBEL

gestützt durch Wirkmechanismus,
Tierversuch oder Beobachtung

VERMUTUNG

ein naheliegender Zusammenhang,
der noch geprüft werden muss

Transkranielle Magnetstimulation (TMS) auf einen Blick

HERKUNFT:

Transkranielle Magnetstimulation (TMS) ist ein nichtinvasives Verfahren der Hirnstimulation: Eine Spule an der Kopfhaut erzeugt kurze, starke Magnetfeldimpulse, die Schädel und Hirnhaut durchdringen und im darunterliegenden Gewebe elektrische Ströme induzieren, welche Nervenzellen kurzzeitig erregen oder hemmen. Es wird kein Stoff zugeführt; unterschieden werden Einzel- und Doppelpulsverfahren von der wiederholten Stimulation (rTMS).

STUDIENLAGE:

2.239 ausgewertete Arbeiten · 833 kontrollierte Studien am Menschen · 900 Beobachtungsstudien · 135 Übersichtsarbeiten · 31 Tierversuche · 7 Zellkulturarbeiten

STÄRKSTE BELEGE:

- Depression bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen: Metaanalyse aus 34 RCTs mit 2705 Teilnehmern; hochfrequente rTMS zeigte den größten Effekt (SMD=-1,90, 95 % CI [-2,42, -1,37]).
- Kognitive Beeinträchtigung nach Schlaganfall: Netzwerk-Metaanalyse aus 74 RCTs mit 5478 Patienten; intermittierende Theta-Burst-Stimulation erreichte die besten Rankings bei MoCA-, MMSE- und MBI-Scores.
- Depression, Wahl der Zielregion: Netzwerk-Metaanalyse aus 63 RCTs mit 3080 Teilnehmern; aktive TMS mit neuro-navigationaler Methode war wirksam (standardisierte Mittelwertdifferenz=1,19, 95 % CI 0,55–1,84).
- Insomnie: Metaanalyse randomisierter kontrollierter Studien; rTMS verbesserte die Schlafqualität gegenüber Sham (PSQI-Gesamtscore, ISI; $p < 0,001$), und rTMS kombiniert mit Medikation war wirksamer als Medikation allein ($p = 0,003$).
- Zwangsstörung: Die meistzitierte kontrollierte Arbeit gilt dieser Indikation. Eine systematische Übersicht beschreibt zunehmende Evidenz; die tiefe TMS erreicht tiefere subkortikale Strukturen als konventionelle rTMS.

GRENZEN:

- Bei Zerebralparese zeigten 18 Studien mit 1675 Patienten nach der Behandlung keinen signifikanten Unterschied bei der Sprachfunktion (MD=2,80, 95 % CI -1,51 bis 7,11, $P = 0,20$).
- Bei Depression junger Menschen blieben die iTBS-Effekte nicht signifikant; außerhalb von Schlaganfall-Rehabilitation und neuropathischem Schmerz stehen neurologische Anwendungen am Anfang der Prüfung.
- Die meistzitierten kontrollierten Arbeiten betreffen therapieresistente Verläufe und vergleichen Stimulationsformen miteinander; ob das Ergebnis auf andere Verlaufsformen übertragbar ist, prüfen sie nicht.

EINORDNUNG:

TMS ist eine Familie nichtinvasiver Stimulationsprotokolle, deren kontrollierte Prüfung bei therapieresistenten psychiatrischen Verläufen am weitesten gediehen ist.

1. Was transkranielle Magnetstimulation ist

Eine Spule an der Kopfhaut erzeugt kurze, starke Magnetfeldimpulse. Das Feld durchdringt Schädel und Hirnhaut und induziert im darunterliegenden Gewebe elektrische Ströme, die Nervenzellen kurzzeitig erregen oder hemmen. Es wird also kein Stoff zugeführt; gewirkt wird über die Feldgeometrie der Spule und die Lage der Zielregion. In der Anwendung unterscheidet man Einzel- und Doppelpulsverfahren, mit denen die Erregbarkeit der Hirnrinde geprüft wird, von der wiederholten Stimulation (rTMS) mit Serien von Pulsen je Sitzung, die über mehrere Wochen wiederholt werden. Sonderformen sind die tiefe TMS mit eigenen Spulen und die Theta-Burst-Stimulation mit kürzeren, dichteren Reizfolgen. Eine Arbeit zeichnet die Zulassungsmeilensteine der US-Arzneimittelbehörde für TMS-Geräte nach.

Für das Verständnis aller Studien entscheidend ist, dass TMS kein einzelnes Verfahren ist, sondern eine Familie von Protokollen. Frequenz, Intensität, Spulenform, Zielregion, Sitzungszahl und Pausenlänge lassen sich unabhängig variieren; zwei Arbeiten mit demselben Namen können deshalb Unterschiedliches prüfen. Die Zielregion wird entweder anatomisch bestimmt oder über die Verbindungsstärke des Gehirns gewählt, also konnektivitätsgeführt. Ein zweiter Punkt betrifft die Messung: Die Erregbarkeit der Hirnrinde lässt sich über die Muskelantwort nach einem Magnetimpuls erfassen. Dieser Wert ist ein Marker für die Erregbarkeit des Systems, nicht für den Krankheitsverlauf. Eine Studie, die den Marker verändert, zeigt damit noch keine Besserung der Beschwerden. Ein dritter Punkt ist die Kontrolle: Eine Scheinbehandlung muss für die Teilnehmenden von der echten Behandlung nicht unterscheidbar sein. Gelingt das nur teilweise, können Erwartung und Wahrnehmung einen Teil des Ergebnisses erklären.

2. Was die Studien im Einzelnen zeigen

Die Studien am Menschen, nach Anwendung geordnet und die kontrollierten zuerst — mit Teilnehmern, Dauer, Zubereitung, Messgröße und Ergebnis, so wie die Originalarbeiten es berichten. Zahlen stehen nur dort, wo die Arbeit sie nennt.

Verteilung der **kontrollierten Studien am Menschen** nach Anwendungsgebiet — die Zahlen sind nicht addierbar, da eine Arbeit mehreren Gebieten zugeordnet sein kann:

ANWENDUNGSGEBIET	KONTROLLIERTE STUDIEN
Kognition und Psyche	448
Sicherheit und Verträglichkeit	282

ANWENDUNGSGBEIT	KONTROLLIERTE STUDIEN
Bewegungsapparat	174
Erschöpfung und Stress	102
Entzündungsgeschehen	17
Onkologie	10
Stoffwechsel	10
Darm und Mikrobiom	9

Transkranielle Magnetstimulation (TMS): Studien am Menschen

Die kontrollierte Forschung zu TMS umfasst ein breites Spektrum psychiatrischer und neurologischer Anwendungen. Für Zwangsstörungen prüft eine laufende multizentrische randomisierte kontrollierte Studie (TETRO) die Wirksamkeit und Kosteneffektivität von niederfrequenter (1 Hz) rTMS über der prä-supplementären motorischen Area (pre-SMA) als Zusatzbehandlung zur Expositionstherapie mit Reaktionsmanagement bei Erwachsenen mit unzureichendem Ansprechen auf die Erstlinientherapie. Geplant sind 250 Erwachsene, die randomisiert entweder aktive oder Sham-rTMS in Kombination mit Expositionstherapie erhalten ²⁵. Für das persistierende Postkommotionssyndrom untersucht eine doppelblinde, sham-kontrollierte Studie an 44 Erwachsenen (18–65 Jahre, Symptome seit mehr als 3 Monaten bis 5 Jahren), ob rTMS die Symptomlast im Rivermead Postconcussion Symptom Questionnaire reduziert; sekundär werden neuropathophysiologische Veränderungen mittels funktioneller Nahinfrarotspektroskopie erfasst ²⁶.

Bei Depression im Rahmen der Parkinson-Krankheit vergleicht eine drearmige, randomisierte, sham-kontrollierte Studie an der Xinhua Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, China (August 2024 bis Januar 2025) die ultra-kurze intermittierende Theta-Burst-Stimulation (iTBS) mit aktiver hochfrequenter rTMS und Sham-iTBS. Eingeschlossen wurden Patienten mit Parkinson-Krankheit im Alter von 50 bis 80 Jahren mit HAMD-24-Scores von 8 bis 20. Zehn tägliche Sitzungen über 2 Wochen: aktive iTBS (3 Minuten und 20 Sekunden), aktive HF-rTMS (20 Minuten) oder Sham-iTBS. Primärer Endpunkt war der HAMD-24-Score in Woche 2, mit Nachbeobachtung bis Woche 6 ²⁷.

Für akustische verbale Halluzinationen bei Schizophrenie untersuchte eine 6-wöchige, doppelblinde, sham-kontrollierte randomisierte Studie am Anhui Mental Health Center, Hefei, China (September 2016 bis August 2021) den Effekt von bildgebungsnavigierter rTMS über der linken temporoparietalen Junktio. Von 66 eingeschlossenen Patienten mit AVH und Schizophrenie schlossen 62 die 2-wöchige Behandlung ab (33 Frauen [53 %]; mittleres Alter 27,4 [9,2] Jahre); 32 wurden der aktiven Gruppe zugeteilt. Primärer Endpunkt war die Verbesserung der AVH von Baseline zu Woche 2 und Woche 6, gemessen mit der Auditory Hallucination Rating Scale (AHRs); sekundär wurde die TMS-induzierte elektrische Feldstärke zur Schätzung der AVH-Verbesserung herangezogen ²⁸.

Bei chronischen Rückenschmerzen von Veteranen vergleicht eine laufende multizentrische randomisierte kontrollierte Studie drei Arme: aktive rTMS plus psychologisch informierte Physiotherapie (PiP), Sham-rTMS plus PiP und übliche Physiotherapie. Primäres Ziel ist die körperliche Funktionsfähigkeit bei Veteranen mit chronischen Rückenschmerzen und komorbiden psychischen Risikofaktoren; sekundär werden Schmerzintensität, Lebensqualität, Depressionssymptome, Schmerzkatastrophisierung, bewegungsbezogene Angst und Selbstwirksamkeit erfasst ²⁹.

Eine Metaanalyse der Varianz über psychiatrische Störungen hinweg untersuchte, ob Patienten unterschiedlich auf TMS oder tDCS ansprechen, indem sie die Variabilität der aktiven Gruppe mit der Sham-Gruppe verglich. Eingeschlossen wurden 130 doppelblinde, sham-kontrollierte RCTs und Crossover-Studien mit 5748 Patienten mit unipolarer oder bipolarer Depression, bipolarer Störung, Schizophrenie-Spektrum-Störung oder Zwangsstörung. Die Autoren berechneten varianzgewichtete Variabilitätsverhältnisse für jeden Vergleich ¹. Eine frühere Version derselben Analyse umfasste 114 Studien mit 5005 Patienten ³⁰.

Eine systematische Übersicht und Dosis-Wirkungs-Metaanalyse definierte optimale Stimulationsparameter für nichtinvasive Hirnstimulation bei psychischen Störungen. Aus 110 Studien wurden randomisierte klinische Studien zu TMS oder tDCS bei Erwachsenen ab 18 Jahren mit jeglicher psychischer Störung eingeschlossen; die Analyse erfolgte einstufig mit Random-Effects-Modell. Hauptzielgröße waren die nahezu maximal wirksamen Dosen der Gesamtpulse für TMS und der Gesamtstromdosis in Coulomb für tDCS ³¹.

Für kognitive Beeinträchtigung nach Schlaganfall bewertete eine systematische Übersicht und Netzwerk-Metaanalyse verschiedene rTMS-Modi. Eingeschlossen wurden 74 RCTs mit insgesamt 5478 Patienten; die besten Wahrscheinlichkeitsrankings zeigten, dass intermittierende Theta-Burst-Stimulation (iTBS) am wirksamsten war bei der Verbesserung von MoCA-, MMSE- und MBI-Scores ³. Eine weitere systematische Übersicht und Metaanalyse zu hochfrequenter rTMS bei poststroke kognitiver Beeinträchtigung umfasste 61 RCTs mit 4012 Patienten. MoCA-Score, MMSE-Score, P300-Amplitude, Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment Score und Gesamteffektivitätsrate der kognitiven Funktion waren in der HF-rTMS-Gruppe am Ende der Behandlung höher als in der Kontrollgruppe; Alzheimer Disease Assessment Scale-Cognitive Subscale und P300-Latenz waren niedriger ⁷.

Eine Netzwerk-Metaanalyse verglich verschiedene TMS-Modalitäten bei poststroke kognitiver Beeinträchtigung anhand von 29 Studien mit 2123 Patienten. Die Rankings für MoCA-, MMSE- und MBI-Scores lauteten: HF-rTMS > LF-rTMS > iTBS > Sham-Stimulation > konventionelle Rehabilitationstherapie; für die P300-Amplitude: HF-rTMS > LF-rTMS > iTBS > konventionelle Rehabilitation > Sham ¹¹. Eine Bayes-Netzwerk-Metaanalyse mit 37 RCTs und 2543 Patienten ergab, dass hochfrequente linksseitige DLPFC-Stimulation (HFL-rTMS) den MoCA-Score am effektivsten verbesserte (MD=3,38, SUCRA=87,6 %), hochfrequente rechtsseitige Stimulation (HFR-rTMS) am besten für MMSE (MD=2,93, SUCRA=79,7 %) und hochfrequente bilaterale Stimulation (HFB-rTMS) am besten für MBI (MD=13,47, SUCRA=89,6 %) abschnitt ³⁷.

Eine elektrische Modellierungs-Metaanalyse zu Schizophrenie kombinierte Standard-Metaanalyse mit E-Feld-Modellierung. Insbesondere verbesserte TMS negative und kognitive Symptome bei hochfrequenter Stimulation des linken präfrontalen Kortex, während positive Symptome bei niederfrequenter TMS des linken temporoparietalen Kortex zurückgingen. Die E-Feld-Modellierung identifizierte Stimulation des linken dorsomedialen präfrontalen Kortex (L-DMPFC), des linken orbitofrontalen Kortex (L-OFC) sowie des linken zerebellären Crus II und rechten Lobulus IX als signifikant mit Verbesserung über alle Symptomdomänen assoziiert ³².

Eine systematische Übersicht und Netzwerk-Metaanalyse verglich nichtinvasive Hirnstimulationsverfahren als Zusatzbehandlung bei behandlungsresistenter Schizophrenie. Eingeschlossen wurden randomisierte kontrollierte Studien zu Elektrokonvulsionstherapie, Magnetkrampftherapie (MST), rTMS und transkranieller Elektrostimulation (tES). Primärer Endpunkt waren Gesamtsymptome, sekundär unerwünschte Ereignisse.

Eine systematische Übersicht und Metaanalyse verglich Akupunktur kombiniert mit rTMS gegenüber rTMS allein zur Erholung der Hemiparese nach ischämischen Schlaganfall. Sensitivitätsanalysen bestätigten die Robustheit ³³.

Eine Netzwerk-Metaanalyse verglich verschiedene Targeting-Methoden für TMS bei Depression. Eingeschlossen wurden randomisierte kontrollierte Studien, die Sham mit aktiver TMS unter Verwendung mindestens einer der drei Targeting-Methoden (5 cm, F3 oder neuro-navigational) verglichen oder verschiedene Targeting-Methoden bei aktiver TMS gegenüberstellten. Die Netzwerk-Metaanalyse von 63 RCTs mit 3080 Teilnehmern zeigte, dass aktive TMS mit neuro-navigationaler Methode (standardisierte Mittelwertdifferenz=1,19, 95 % CI 0,55–1,84) und mit 5-cm-Methode wirksam war ³⁴.

Eine systematische Übersicht und Dosis-Wirkungs-Metaanalyse untersuchte Assoziationen von Gesamtpulsdosis und intersitzungsintervall mit antidepressiven Ergebnissen bei beschleunigter rTMS (mehr als eine Sitzung pro Tag) bei schweren depressiven Episoden. In sham-kontrollierten RCTs zeigte eine höhere Gesamtpulszahl eine konsistente positive Assoziation mit Wirksamkeit, Response und Remission; das intersitzungsintervall zeigte eine nicht-lineare (glockenförmige) Assoziation ³⁵.

Eine Metaanalyse randomisierter kontrollierter Studien untersuchte Wirksamkeit und Sicherheit von TMS bei Depression bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen. 34 RCTs mit 2705 Teilnehmern zeigten, dass TMS die Depressionsschwere signifikant reduzierte (SMD=-1,55, 95 % CI [-1,88, -1,23], $p<0,001$, $I^2=93$ %). In Paarvergleichen zeigte hochfrequente rTMS den größten Effekt (SMD=-1,90, 95 % CI [-2,42, -1,37], $p<0,001$); niederfrequente rTMS und bilaterale TMS zeigten kleinere Effekte; iTBS-Effekte waren nicht signifikant ³⁶.

Eine randomisierte kontrollierte Studie untersuchte die Wirksamkeit von 5 Hz rTMS über dem linken DLPFC zur Bewusstseins- und kognitiven Erholung bei Kindern mit Bewusstseinsstörungen nach traumatischer Hirnverletzung. 98 pädiatrische Patienten ab 2 Jahren wurden in eine Experimentalgruppe (n=49) und eine Kontrollgruppe (n=49) randomisiert. Primäre Endpunkte waren Serum-Neuron-spezifische Enolase (NSE), Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R), Glasgow Coma Scale (GCS) und Bewusstseinsniveau. Nach 3 Wochen zeigte die Experimentalgruppe statistisch signifikante Verbesserungen gegenüber Baseline und Kontrollgruppe ($p<0,05$) ³⁸.

Eine randomisierte kontrollierte Studie untersuchte Echtzeit-EEG-getriggerte rTMS kombiniert mit Gruppentherapie versus rTMS allein über dem linken DLPFC bei Jugendlichen mit Depression und selbstverletzendem Verhalten. 160 stationäre Patienten im Alter von 12–18 Jahren mit Depression und kürzlicher Selbstverletzung (≤ 2 Wochen) wurden 1:1 randomisiert (rTMS allein n=80; rTMS plus Gruppentherapie n=80). Primärer Endpunkt war die 4-Wochen-Änderung des HAMD-24-Scores. Die Intention-to-Treat-Analyse zeigte eine größere HAMD-24-Reduktion in der Beobachtungsgruppe (-14,5 $\pm$ 3,2 vs. -9,8 $\pm$ 2,9, $P<0,001$); auch HAMA-14 verbesserte sich signifikant ³⁹.

Eine randomisierte klinische Studie untersuchte, ob 1-Hz-rTMS des rechten DLPFC die klinischen Vorteile von Tai Chi Chuan bei Schlafstörungen und leichter kognitiver Beeinträchtigung bei älteren Erwachsenen verstärkt. Die zweiarmlige, sham-kontrollierte, assessor-maskierte Studie wurde an einem Universitätskrankenhaus in China zwischen Oktober 2022 und Februar 2024 durchgeführt. Erwachsene im Alter von 60 bis 75 Jahren mit Schlafstörungen und MCI wurden 1:1 randomisiert zu Tai Chi Chuan plus 1-Hz-rTMS oder Tai Chi Chuan plus Sham-rTMS; jeder Teilnehmer erhielt 30 Sitzungen personalisierter rTMS über dem rechten DLPFC ⁴⁰.

Eine offene, nicht-randomisierte Studie berichtete klinische Ergebnisse eines fMRI-personalisierten rTMS-Protokolls am Queensland Neurostimulation Centre. 61 Teilnehmer im Alter von 19 bis 84 Jahren mit behandlungsresistenter MDD erhielten 20 oder 30 Werktagssitzungen DLPFC-rTMS; die Stimulationsstelle wurde anhand individueller fMRI-Konnektivitätsdaten personalisiert. Primärer Endpunkt war die Änderung der Montgomery-Åsberg Depression Rating Scale (MADRS). Die MADRS war nach der Behandlung niedriger ($d=1,78$, $p<0,001$), mit 52 % Response- und 33 % Remissionsraten; auch Angstwerte (Hamilton Anxiety Rating Scale) waren niedriger ($d=1,27$, $p<0,001$), mit 46 % Response- und 28 % Remissionsraten ⁴¹.

Eine randomisierte, offene Parallelgruppenstudie am Urgench Rehabilitation Hospital verglich niederfrequente rTMS mit Memantin bei chronischer motorischer Aphasie nach ischämischen Schlaganfall. Gruppe 1 (n=30) erhielt 10 Sitzungen eines 1-Hz-rTMS-Protokolls; Gruppe 2 (n=30) erhielt Memantin (Anfangsdosis 5 mg QD, gesteigert auf 20 mg QD) über acht Wochen. Die Western Aphasia Battery (WAB) wurde vor und nach der Intervention erhoben. Beide Gruppen zeigten signifikante Verbesserungen ($p<0,001$); die rTMS-Gruppe zeigte im Vergleich zur Memantin-Gruppe signifikant stärkere Verbesserungen bei Wortwiederholung und Objektbenennung ($p<0,001$) ⁴².

Eine vierarmige, doppelblinde, randomisierte, sham-kontrollierte Studie an einem Universitätskrankenhaus in der Schweiz untersuchte, ob 15 Sitzungen inhibitorischer rTMS psychomotorische Verlangsamung bei Psychosen reduziert. Eingeschlossen wurden Erwachsene im Alter von 18 bis 60 Jahren mit Schizophrenie-Spektrum-Störungen und schwerer psychomotorischer Verlangsamung. Von 615 gescreenten Patienten wurden 103 randomisiert und 88 erhielten mindestens eine rTMS-Sitzung: 22 wurden 1-Hz-rTMS, 22 iTBS, 22 Sham und 22 einer Wartegruppe zugeteilt. Die Nachbeobachtung erfolgte nach 6 Wochen ⁴³.

Eine randomisierte kontrollierte Studie untersuchte die synergistischen Effekte von rTMS und Tui Na auf die motorische Funktion der oberen Extremität und kortikale Aktivität bei ischämischen Schlaganfall. 90 Patienten werden 1:1 randomisiert entweder zur Gruppe rTMS + Tui Na + konventionelle Rehabilitation (Experimentalgruppe) oder zur Gruppe rTMS + konventionelle Rehabilitation (Kontrollgruppe). Die Aktivierung und Remodellierung sensomotorischer neuronaler Schaltkreise wird mittels funktioneller Nahinfrarotspektroskopie untersucht ⁴⁴.

Eine doppelblinde, 4-wöchige randomisierte klinische Studie an zwei kanadischen akademischen Zentren untersuchte, ob iTBS über dem linken DLPFC bei akuter bipolarer Depression sicher und wirksam ist. Eingeschlossen wurden Erwachsene mit bipolarer Störung Typ I oder Typ II in einer akuten schweren depressiven Episode, die von einer Erstlinienbehandlung nicht profitiert hatten und mit einem Stimmungsstabilisator, einem atypischen Antipsychotikum oder deren Kombination behandelt wurden.

Eine doppelblinde randomisierte Crossover-Studie untersuchte die vorläufigen Effekte von intermittierender Theta-Burst-Stimulation kombiniert mit virtual-reality-basiertem Fahrradtraining auf die Funktion der oberen Extremität bei Kindern mit spastischer Zerebralparese. Zwölf Teilnehmer wurden eingeschlossen und randomisiert; acht absolvierten zwei aufeinanderfolgende Interventionsphasen in ausbalancierter Reihenfolge: echte Stimulation kombiniert mit virtuellem Fahrradtraining (n=10 Bedingungen) und Sham-Stimulation kombiniert mit virtuellem Fahrradtraining (n=10 Bedingungen). Das Trainingsprogramm umfasste zwölf 60-minütige Sitzungen, zwei- bis dreimal pro Woche; die Stimulation zielte auf die Handmotorregion der betroffenen Hemisphäre. Ergebnismaße waren Box and Block Test und Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency ⁴⁵.

Eine randomisierte klinische Studie untersuchte, ob navigierte TMS wirksam ist, wenn sie zur intensiven stationären Therapie bei kampfbezogener posttraumatischer Belastungsstörung hinzugefügt wird. Die 1:1 randomisierte Studie mit 30-tägiger Behandlung und Nachbeobachtung nach 1 und 3 Monaten wurde in einer auf militärische psychische Gesundheit spezialisierten stationären Einrichtung durchgeführt. Eingeschlossen wurden Militärangehörige mit PTSD. Beide Arme erhielten intensive stationäre Behandlung als Standardversorgung (manuelle prolongierte Exposition zweimal pro Woche kombiniert mit täglichen, ganztägigen psychotherapeutischen Augmentationen über 30 Tage). Navigierte TMS (aktiv oder Sham) wurde zur Standardversorgung hinzugefügt, individuell anatomisch und konnektomisch mittels MRT und robotergestützter Stereotaxie gezielt, täglich (7 Tage/Woche) für bis zu 20 Sitzungen ⁴⁶.

Eine systematische Übersicht und Metaanalyse randomisierter kontrollierter Studien untersuchte die Wirkung von rTMS auf Insomnie. Die rTMS-Gruppe zeigte verbesserte Fragebogenwerte im Vergleich zu Sham-rTMS bei Personen mit Insomnie (PSQI-Gesamtscores; ISI; $p < 0,001$) sowie eine verbesserte, im Schlaflabor gemessene Schlafeffizienz (PSG (SE); $p = 0,003$). Kombinierte rTMS und Medikation waren wirksamer als Medikation allein (PSQI-Gesamtscores; $p = 0,003$) ⁴⁷.

Eine systematische Übersicht und Netzwerk-Metaanalyse bewertete die Wirksamkeit von rTMS bei Kindern mit Zerebralparese und verglich verschiedene Behandlungsparameter. 18 Studien mit 1675 Patienten wurden eingeschlossen. rTMS unterschied sich nach der Behandlung nicht signifikant von anderen Behandlungen bei der Verbesserung der Sprachfunktion (MD=2,80, 95 % CI (-1,51, 7,11), $Z = 1,27$, $P = 0,20$). Die Netzwerk-Metaanalyse zeigte die besten Wahrscheinlichkeitsrankings von drei verschiedenen rTMS-Frequenzen auf motorische Funktionsscores ⁴⁸.

Eine Fall-Kontroll-Beobachtungsstudie untersuchte kurz- und langfristige rTMS-Effekte auf Craving und psychopathologische Symptome bei Personen mit Glücksspiel- und Kokainkonsumstörung. 42 Personen (Alter $40,7 \pm 9,5$ Jahre; 40 Männer) wurden nach initialem Screening mittels visueller Analogskalen und Symptom Checklist-90-R einer echten oder Sham-rTMS-Behandlung über 2 Wochen über dem linken DLPFC zugewiesen. Die Teilnehmer wurden nach 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20 und 24 Wochen erneut untersucht. Die Trendanalyse zeigte eine lang anhaltende Abnahme (bis 24 Wochen) in der Echt-rTMS-Gruppe mit linearem Trend ($p < 0,001$); die Sham-Gruppe kehrte nach etwa 12 Wochen zum Ausgangsniveau zurück (quadratischer Trend, $p < 0,001$) ⁴⁹.

Eine Beobachtungsstudie untersuchte, wie spannungsgesteuerte Natriumkanalblocker die kortikale Erregbarkeit in vivo modulieren. Dreizehn gesunde Erwachsene erhielten Einzeldosen von Carbamazepin, Lacosamid oder Placebo in einem Crossover-Design. TMS wurde verwendet, um Veränderungen der Ruhemotorschwelle und der Stärke-Dauer-Eigenschaften (Rheobase und Stärke-Dauer-Zeitkonstante) als Indizes der VGSC-Funktion zu erfassen. Beide Medikamente erhöhten die Ruhemotorschwellen im Vergleich zu Placebo; Carbamazepin erhöhte die Schwellen proportional über alle Pulsbreiten, während Lacosamid die Schwellen überproportional beeinflusste. Lacosamid reduzierte die Stärke-Dauer-Zeitkonstante und erhöhte die Rheobase, während Carbamazepin minimale Effekte auf beide Maße hatte ⁵⁰.

Eine Übersichtsarbeit zu konnektomischer Neuromodulation beschreibt, wie Hirnkonnektivitätsinformationen aus fortgeschrittenen MRT-Daten genutzt werden können, um entfernte Effekte auf mit der Stimulationsstelle verbundene Hirnregionen zu verstehen. Die Autoren betonen, dass statt des lokalen Effekts an der Stimulationsstelle die entfernte Wirkung auf verbundene Regionen betrachtet wird, und zeigen, dass dieselben Prinzipien neben tiefer Hirnstimulation auch auf TMS und MRT-gesteuerten fokussierten Ultraschall anwendbar sind ⁵¹.

Eine Beobachtungsstudie untersuchte die Ergebnisse von Patienten, die interventionelle psychiatrische Verfahren in einem großen integrierten Gesundheitssystem erhielten. Jede IPP-Gruppe zeigte nach 6 Wochen eine signifikant größere Depressionsverbesserung im Vergleich zur Medikamentenmanagement-Gruppe: TMS: 1,64 ($p < 0,001$), KIT: 2,02 ($p < 0,001$), ECT: 2,16 ($p < 0,001$). Patientenmerkmale waren mit Symptomverschlechterung innerhalb der Behandlungsgruppen assoziiert, z. B. nicht-weiße Rasse bei ECT (2,33, $p < 0,01$) und MM (0,29, $p < 0,001$); Angststörung bei TMS (1,73, $p < 0,001$); Persönlichkeitsstörung bei allen Behandlungsgruppen, mit signifikanten Koeffizienten für KIT (3,27, $p < 0,05$) und MM (1,27, $p < 0,001$) ⁵².

Eine Scoping-Übersicht kartierte und synthetisierte die verfügbare Evidenz zu klinischem Nutzen und unerwünschten Wirkungen von ECT und rTMS bei Erwachsenen mit Major Depression und behandlungsresistenter Depression. Die Suche erfolgte in PubMed-MEDLINE, Scopus und der Virtual Health Library von Beginn bis Oktober 2022; die methodische Qualität wurde mit National Heart, Lung, and Blood Institute Tools bewertet ⁵³.

Eine nationale Kohorten- und Enroll-HD-Beobachtungsstudie verglich klinische Merkmale zwischen juvenilem und adultem Morbus Huntington. Der Kruskal-Wallis-Test wurde auf UHDRS-Total Motor Score (UHDRS-TMS) Items des Enroll-HD-Datensatzes angewendet, um die Schwere motorischer Krankheitsmerkmale 6–10 Jahre nach Beginn zu vergleichen.

Übersichtsarbeiten und Wirkmechanismen

Eine Übersichtsarbeit zu TMS bei neurologischen Erkrankungen ordnet ein, dass repetitive TMS-Protokolle für psychiatrische Anwendungen wie Depression oder Zwangsstörung eine etablierte und global angewendete Behandlungsoption sind. Bei neurologischen Erkrankungen ist rTMS noch nicht so verbreitet, außer in der Neurorehabilitation nach (motorischem) Schlaganfall und bei neuropathischer Schmerzbehandlung. Neue klinische Studien zu weiteren neurologischen Erkrankungen erscheinen in schnellem Tempo; die meisten dieser Anwendungen haben noch nicht dasselbe Maß an wissenschaftlicher Prüfung erreicht wie motorischer Schlaganfall und neuropathischer Schmerz, die Ergebnisse werden jedoch als ermutigend beschrieben. Die Übersicht behandelt Bewegungsstörungen, Alzheimer-Krankheit/leichte kognitive Beeinträchtigung, Epilepsie, multiple Sklerose und Bewusstseinsstörungen ⁵⁴.

Eine Übersichtsarbeit zu beschleunigter Theta-Burst-Stimulation beschreibt TBS als nichtinvasive Hirnstimulationstechnik zur Modulation neuronaler Netzwerke bei psychiatrischen und neurologischen Störungen. Das konventionelle intermittierende TBS-Protokoll ist von der U.S. Food and Drug Administration zur Behandlung anderweitig behandlungsresistenter Depression zugelassen, die 6-wöchige Dauer begrenzt jedoch die Anwendbarkeit. Beschleunigte TBS-Protokolle ermöglichen höhere Pulsdosen in kürzeren Zeiträumen und damit schnellere und potenziell klinisch wirksamere Behandlung. Die Autoren präsentieren Daten aus beschleunigten TBS-Studien, die Sicherheit und Wirksamkeit stützen, und benennen den Bedarf an mehr Haltbarkeitsdaten sowie Stimulationsparameter, die für die Wirksamkeit wichtig erscheinen ⁵⁵.

Eine systematische Übersicht zu rTMS bei Zwangsstörung beschreibt, dass die Evidenz für rTMS bei OCD zunimmt und die Entwicklung im Neurostimulationsfeld vorantreibt, zuletzt die tiefe transkranielle Magnetstimulation (dTMS). dTMS ermöglicht die direkte Stimulation tieferer subkortikaler Strukturen und eines größeren Hirnvolumens als konventionelle rTMS. Die zugrunde liegenden neurobiologischen Mechanismen werden noch untersucht,

scheinen aber einen neuartigen dritten Weg zur Adressierung von Symptomen über lokalisierte elektrische Stimulation im Vergleich zu Pharmakotherapie und Psychotherapie zu bieten. Die Übersicht konzentriert sich auf die Effekte von rTMS und dTMS auf verschiedene Hirnziele bei OCD: dorsolateraler präfrontaler Kortex, supplementäre motorische Area, orbitofrontaler Kortex/medialer präfrontaler Kortex und anteriorer cingulärer Kortex ⁵⁶.

Eine Konsensus-Übersicht, unterstützt vom National Network of Depression Centers, der Clinical TMS Society und der International Federation of Clinical Neurophysiology, aktualisiert die frühere Konsensus-Erklärung von 2018 zur TMS bei Depression. Die Arbeitsgruppe erstellte Konsensus-Erklärungen mit einer aktualisierten narrativen Übersicht zu Sicherheit, Wirksamkeit und klinischen Merkmalen der TMS bei Depression. TMS zeigt weiterhin breite Evidenz für Sicherheit und Wirksamkeit bei der Behandlung von Depression. Neuere TMS-Formen sind schneller und potenziell wirksamer als konventionelle repetitive TMS; weitere Erforschung von Targeting-Methoden, Anwendung in speziellen Populationen und beschleunigten Protokollen wird angeregt ⁵⁷.

Eine Übersichtsarbeit zu regulatorischer Zulassung und Genehmigung therapeutischer TMS-Protokolle für psychiatrische Störungen beschreibt, dass nichtinvasive Hirnstimulationstechniken in klinischen und Forschungszusammenhängen der Neuropsychiatrie weit verbreitet sind und als sicher und gut verträglich gelten. TMS nutzt elektromagnetische Pulse zur fokalen Modulation neuronaler Aktivität in kortikalen Hirnregionen; wiederholte Anwendung (rTMS) soll langanhaltende neuroplastische Effekte induzieren, die als therapeutischer Mechanismus vorgeschlagen werden, mit anfänglich nachgewiesener Wirksamkeit und Sicherheit bei behandlungsresistenter Depression. Zahlreiche klinische Studien, darunter große multizentrische Studien und mehrere Metaanalysen, haben die klinische Wirksamkeit bei verschiedenen neuropsychiatrischen Störungen bestätigt und zu evidenzbasierten Leitlinien und Empfehlungen geführt. Derzeit ist rTMS von mehreren Regulierungsbehörden zugelassen für behandlungsresistente Depression, Depression mit komorbiden Angststörungen, Zwangsstörung und Substanzkonsumstörungen wie Raucherentwöhnung ⁵⁸.

Eine Übersichtsarbeit fragt, ob TMS ein One-Trick-Pony oder der Beginn einer neurowissenschaftlichen Revolution ist. Die Psychiatrie steht seit Mitte der 1990er Jahre an der Spitze der klinischen TMS, kurz nach der Erfindung der modernen TMS im Jahr 1985 durch Barker. Die klinische TMS für psychiatrische Anwendungen entwickelt sich schnell, mit neuen Methoden und Innovationen zur Behandlung von Depression sowie einer neuen klinischen Indikation bei Zwangsstörung. Die Übersicht fasst die jüngsten Befunde zusammen und blickt in die nahe Zukunft dieses fruchtbaren und sich schnell verändernden Feldes. Es ist möglich, dass viele, vielleicht sogar die meisten Psychiater innerhalb des nächsten Jahrzehnts irgendeine Form der Hirnstimulation in ihre Praxis integrieren werden ⁵⁹.

Gesamtbild

3. Wie belastbar die Forschung ist

Die Forschung verteilt sich deutlich auf wenige Gebiete. Den größten Block der kontrollierten Studien am Menschen bilden Untersuchungen zu kognitiven Funktionen, gefolgt von Arbeiten zu Sicherheit und Verträglichkeit. Danach folgen Studien zum Bewegungsapparat und zur Erschöpfung. Deutlich kleiner sind die Felder Entzündung, Onkologie, Stoffwechsel, Darm, Knochen und Immunsystem. Die meistzitierten kontrollierten Arbeiten betreffen Zwangserkrankungen, Raucherentwöhnung, therapieresistente Depression, kognitive Folgen nach Schlaganfall, posttraumatische Belastungsstörung und Kognition bei Alzheimer-Demenz. Zwei einflussreiche Übersichtsarbeiten befassen sich mit den Mechanismen der Plastizität sowie mit der Wirksamkeit der Neurostimulation über psychische Störungen hinweg; die zweite fasst 208 randomisierte kontrollierte Studien zusammen.

Die methodische Basis ist breit: Für wenige Verfahren der Neurostimulation liegen so viele randomisierte und scheinkontrollierte Studien vor, und mehrere Übersichtsarbeiten führen sie zusammen. Das ist die Stärke des Feldes. Die Schwäche liegt in der Vergleichbarkeit. Weil Protokolle, Zielregionen und Messgrößen zwischen den Arbeiten wechseln, lassen sich Einzelergebnisse oft nicht direkt zusammenführen. Ein Teil der größeren Arbeiten prüft zudem Kombinationen, etwa die Stimulation zusammen mit einer Verhaltenstherapie oder mit einem zusätzlichen Wirkstoff; aus solchen Studien lässt sich die Wirkung der Stimulation allein nicht ableiten. Und viele Arbeiten messen Zwischengrößen wie die Erregbarkeit oder die Hirnaktivität im Ruhezustand, nicht den Krankheitsverlauf. Wo mehrere unabhängige kontrollierte Studien übereinstimmen, trägt ein Befund; wo eine einzelne Arbeit steht, ist er ein Hinweis.

Die Scheinbehandlung entscheidet, nicht der Marker

Die zentrale Schwachstelle des Feldes ist die Kontrolle. Eine Scheinbehandlung muss für die Teilnehmenden von der echten Stimulation nicht unterscheidbar sein, sonst weiß ein Teil der Behandelten, ob er die echte Behandlung erhält. Damit kann ein Teil eines gemessenen Effekts aus der Erwartung entstehen, behandelt zu werden. Arbeiten, die ihr Scheinverfahren gesondert prüfen oder die Verbindung nachträglich kontrollieren, sind deshalb höher zu gewichten als solche, die diesen Punkt offenlassen. Wer die Studienlage liest, sollte zuerst darauf sehen; er entscheidet stärker über die Aussagekraft als die Teilnehmerzahl.

Der zweite Punkt betrifft die Messgröße. Viele kontrollierte Arbeiten erfassen die Erregbarkeit der Hirnrinde oder die Aktivität eines Netzwerks im Ruhezustand. Beides sind Marker. Ein veränderter Marker bedeutet, dass die Stimulation im System etwas bewegt hat; ob sich das für den Betroffenen zeigt, ist eine andere Frage. Noch deutlicher wird das bei den kombinierten Protokollen: Wenn die Stimulation zusammen mit einer Verhaltenstherapie oder einem zusätzlichen Wirkstoff geprüft wird, trägt die Studie eine Aussage über die Kombination, nicht über die Stimulation allein. Für die Praxis heißt das, zwischen drei Dingen zu trennen: der Veränderung eines Markers, der Besserung im kontrollierten Vergleich und dem Verlauf unter Alltagsbedingungen.

4. Was häufig behauptet wird — und was die Daten hergeben

AUSSAGE	STUDIENLAGE
TMS hilft bei Depression	Die meistzitierten kontrollierten Arbeiten betreffen therapieresistente Verläufe und vergleichen verschiedene Stimationsformen miteinander. Ob das Erg

AUSSAGE	STUDIENLAGE
TMS wirkt gegen Entzündung, am Darm, an Knochen und am Immunsystem	Zu diesen Gebieten liegen nur sehr wenige kontrollierte Studien am Menschen vor. Die Frage ist gestellt, aber noch nicht entschieden.
TMS ist ein Diagnoseverfahren	Einzel- und Doppelpulsverfahren messen die Erregbarkeit der Hirnrinde. Das ist ein Marker der Systemfunktion, keine Diagnose einer Erkrankung.
TMS ist ein harmloses Verfahren	Sicherheit und Verträglichkeit bilden einen eigenen großen Block kontrollierter Studien. Das spricht für eine systematische Prüfung, heißt aber nicht, dass

5. Die belastbarsten Arbeiten

Geordnet nach Aussagekraft, nicht nach Bekanntheit: Übersichtsarbeiten und Studien mit vielen Teilnehmern zuerst. Die vollständige Auswertung umfasst deutlich mehr Arbeiten; hier stehen die tragfähigsten.

Kontrollierte Studien am Menschen

- 1 Treatment effect variability in brain stimulation across psychiatric disorders: A meta-analysis of variance (2021) — Übersichtsarbeit, 5.748 Teilnehmer
- 2 Examining the effectiveness of motor imagery combined with non-invasive brain stimulation for upper limb recovery in stroke patients: a systematic ... (2024) — Übersichtsarbeit, 886 Teilnehmer
- 3 Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation on post-stroke cognitive impairment: A systematic and a network meta-analysis (2024) — Übersichtsarbeit, 5.478 Teilnehmer
- 4 Efficacy of Non-Invasive Brain Stimulation for Refractory Obsessive-Compulsive Disorder: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials (2022) — Übersichtsarbeit, 663 Teilnehmer
- 5 Effects of Cerebellar Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Post-Stroke Dysphagia: A Meta-Analysis and Systematic Review ... (2024) — Übersichtsarbeit, 673 Teilnehmer
- 6 Acupuncture combined with repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of post-stroke depression: a systematic evaluation and ... (2024) — Übersichtsarbeit, 800 Teilnehmer
- 7 High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Overall Cognition in Patients With Poststroke Cognitive Impairment: A Systematic ... (2024) — Übersichtsarbeit, 4.012 Teilnehmer
- 8 Effects of Non-Invasive Brain Stimulation for Degenerative Cerebellar Ataxia: A Systematic Review and Meta-Analysis (2024) — Übersichtsarbeit, 661 Teilnehmer
- 9 Comparison of efficacy of deep brain stimulation, repeat transcranial magnetic stimulation, and behavioral therapy in Tourette syndrome: A systematic ... (2022) — Übersichtsarbeit, 661 Teilnehmer
- 10 Effectiveness of personalized repetitive transcranial magnetic stimulation for major depressive disorder: A systematic review and meta-analysis of ... (2025) — Übersichtsarbeit, 647 Teilnehmer
- 11 Effects of different modalities of transcranial magnetic stimulation on post-stroke cognitive impairment: a network meta-analysis (2024) — Übersichtsarbeit, 2.123 Teilnehmer
- 12 Evidence for Intermittent Theta Burst Transcranial Magnetic Stimulation for Dysphagia after Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis (2025) — Übersichtsarbeit, 567 Teilnehmer
- 13 Optimally combining transcranial magnetic stimulation with antidepressants in major depressive disorder: A systematic review and Meta-analysis (2024) — Übersichtsarbeit, 654 Teilnehmer
- 14 Symptom Provocation and Clinical Response to Transcranial Magnetic Stimulation: A Systematic Review and Meta-Analysis (2025) — Übersichtsarbeit, 3.246 Teilnehmer
- 15 Cerebellar transcranial magnetic stimulation for improving balance capacity and activity of daily living in stroke patients: a systematic review and ... (2024) — Übersichtsarbeit, 542 Teilnehmer
- 16 The stratified effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in upper limb motor impairment recovery after stroke: a meta-analysis (2024) — Übersichtsarbeit, 865 Teilnehmer
- 17 Noninvasive Neuromodulation Combined With Rehabilitation Therapy Improves Balance and Gait Speed in Patients With Stroke: A Systematic Review and ... (2024) — Übersichtsarbeit, 915 Teilnehmer
- 18 The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on sleep quality in patients with more than mild depressive mood: a systematic review and ... (2025) — Übersichtsarbeit, 548 Teilnehmer
- 19 Comparative efficacy, tolerability, and acceptability of aducanumab, lecanemab, and donanemab with repetitive transcranial magnetic stimulation on ... (2025) — Übersichtsarbeit, 6.918 Teilnehmer
- 20 Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Strategies for Poststroke Dysphagia: A Systematic Review and Network Meta-analysis (2025) — Übersichtsarbeit, 760 Teilnehmer

- ²¹ The impact of the number of sessions and stimulation parameters on repetitive transcranial magnetic stimulation efficacy for post-stroke upper ... (2025) — Übersichtsarbeit, 897 Teilnehmer
- ²² Repetitive transcranial magnetic stimulation for musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis (2025) — Übersichtsarbeit, 1.158 Teilnehmer
- ²³ Efficacy, Effectiveness, and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation for Bipolar Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis (2026) — Übersichtsarbeit, 1.709 Teilnehmer
- ²⁴ Comparative efficacy of different repetitive transcranial magnetic stimulation protocols for lower extremity motor function in stroke patients: a ... (2024) — Übersichtsarbeit, 2.022 Teilnehmer

6. Resümee

Belegt sind vor allem psychiatrische und neurorehabilitative Anwendungen. Metaanalysen mit mehreren Tausend Teilnehmern zeigen Wirksamkeit bei Depression, am deutlichsten unter hochfrequenter rTMS, sowie bei kognitiver Beeinträchtigung nach Schlaganfall, wo die intermittierende Theta-Burst-Stimulation die besten Rankings erreichte. Auch die Wahl der Zielregion ist kontrolliert untersucht: Neuro-navigationale Verfahren waren in einer Netzwerk-Metaanalyse aus 63 RCTs wirksam. Für Insomnie verbesserte rTMS die Schlafqualität gegenüber Sham. Für Zwangsstörung liefert die meistzitierte kontrollierte Arbeit einen Hinweis. Regulierungsbehörden haben rTMS für therapieresistente Depression, Depression mit komorbiden Angststörungen, Zwangsstörung und Substanzkonsumstörungen zugelassen.

Plausibel ist der vorgeschlagene Mechanismus: Elektromagnetische Pulse modulieren neuronale Aktivität fokal, und die wiederholte Anwendung soll langanhaltende neuroplastische Effekte induzieren. Beschleunigte Theta-Burst-Protokolle erlauben höhere Pulsdosen in kürzeren Zeiträumen; in sham-kontrollierten Studien war eine höhere Gesamtpulszahl konsistent mit Wirksamkeit, Response und Remission assoziiert, das Intervall zeigte eine glockenförmige Assoziation. **Vermutung:** Wenn diese Dosisbeziehung trägt, könnten beschleunigte Protokolle die sechswöchige konventionelle Dauer verkürzen und die Anwendbarkeit erweitern; die konnektomische Neuromodulation deutet zudem darauf, dass entfernte, mit der Stimulationsstelle verbundene Regionen am Ergebnis beteiligt sind.

Zu klären ist, ob sich Ergebnisse aus therapieresistenten Verläufen auf andere Verlaufsformen übertragen lassen. Für Zwangsstörung prüft die laufende multizentrische TETRO-Studie an 250 Erwachsenen niederfrequente rTMS über der prä-supplementären motorischen Area als Zusatz zur Expositionstherapie. Offen ist auch, ob die TMS-induzierte elektrische Feldstärke die Verbesserung akustischer verbaler Halluzinationen schätzen kann und ob eine Änderung kortikaler Erregbarkeitsmarker eine Besserung der Beschwerden anzeigt. Für beschleunigte Theta-Burst-Protokolle benennen Übersichtsarbeiten den Bedarf an Haltbarkeitsdaten und an Stimulationsparametern, die für die Wirksamkeit wichtig erscheinen.

7. Was offen ist

- **Scheinbehandlung:** Welches Scheinverfahren bildet die echte Stimulation so ab, dass Teilnehmende die Zuordnung nicht erraten, und wie stark ändert sich das Ergebnis dadurch?
- **Marker oder Verlauf:** Welche der beobachteten Markeränderungen geht mit einer Besserung einher, die Betroffene selbst bemerken?
- **Übertragung:** Lassen sich Ergebnisse aus therapieresistenten Verläufen auf andere Verlaufsformen und auf die kleinen Anwendungsgebiete übertragen?

Häufige Fragen

Wie viele Sitzungen umfasst eine Behandlung?

Die Zahl der Sitzungen unterscheidet sich zwischen den Protokollen erheblich; die Studien arbeiten mit unterschiedlich langen Serien über mehrere Wochen. Ein allgemeiner Wert lässt sich daraus nicht ableiten, und er hängt an der Zielregion und der Stimulationsform.

Unterscheidet sich die wiederholte Stimulation von der Theta-Burst-Stimulation?

Mehrere der meistzitierten Arbeiten vergleichen beide Formen direkt, darunter eine große Untersuchung bei älteren Menschen mit Depression und eine konnektivitätsgeführte Arbeit bei therapieresistenter Depression. Ob eine Form gleichwertig oder überlegen ist, wird in diesen Vergleichen geprüft und ist Gegenstand laufender Arbeiten.

Warum ist die Verbindung in diesen Studien so ein Thema?

Weil eine Scheinbehandlung von der echten Stimulation nicht unterscheidbar sein muss, damit die Teilnehmenden nicht wissen, welche sie erhalten. Gelingt das nur teilweise, kann Erwartung einen Teil des Ergebnisses erklären. Deshalb wiegen Arbeiten mit geprüftem Scheinverfahren schwerer als solche, die diesen Punkt offenlassen.

Quellen

- 1 Treatment effect variability in brain stimulation across psychiatric disorders: A meta-analysis of variance
Homan S, Muscat W, Joanlanne A, Marousis N, Cecere G, Hofmann L et al. · 2021
- 2 Examining the effectiveness of motor imagery combined with non-invasive brain stimulation for upper limb recovery in stroke patients: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials
Zhang W, Li W, Liu X, Zhao Q, Gao M, Li Z et al. · 2024
- 3 Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation on post-stroke cognitive impairment: A systematic and a network meta-analysis
Liu X, Li H, Yang S, Xiao Z, Li Q, Zhang F et al. · 2024
- 4 Efficacy of Non-Invasive Brain Stimulation for Refractory Obsessive-Compulsive Disorder: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials
Zhou S, Fang Y · 2022
- 5 Effects of Cerebellar Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Post-Stroke Dysphagia: A Meta-Analysis and Systematic Review of Randomized Controlled Trials
Liu Y, Yin S, Yang X, Luo S, Zhu F, Zeng Z et al. · 2024
- 6 Acupuncture combined with repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of post-stroke depression: a systematic evaluation and meta-analysis based on a randomised controlled trial
Xiao K, Li X, Hu W, Li X · 2024
- 7 High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Overall Cognition in Patients With Poststroke Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-analysis
Chen X, Xiu H, Hou Y, Chen X, Liu F, Tu S · 2024
- 8 Effects of Non-Invasive Brain Stimulation for Degenerative Cerebellar Ataxia: A Systematic Review and Meta-Analysis
Matsugi A, Ohtsuka H, Bando K, Kondo Y, Kikuchi Y · 2024
- 9 Comparison of efficacy of deep brain stimulation, repeat transcranial magnetic stimulation, and behavioral therapy in Tourette syndrome: A systematic review and Bayesian Network Meta-Analysis
Lin X, Lin F, Chen H, Weng Y, Wen J, Ye Q et al. · 2022
- 10 Effectiveness of personalized repetitive transcranial magnetic stimulation for major depressive disorder: A systematic review and meta-analysis of randomized active-controlled trials
Terao I, Kodama W · 2025
- 11 Effects of different modalities of transcranial magnetic stimulation on post-stroke cognitive impairment: a network meta-analysis
Yang Y, Chang W, Ding J, Xu H, Wu X, Ma L et al. · 2024
- 12 Evidence for Intermittent Theta Burst Transcranial Magnetic Stimulation for Dysphagia after Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis
Han D, Cheng J, Chen Y, Du H, Lin Z, Zhong R et al. · 2025
- 13 Optimally combining transcranial magnetic stimulation with antidepressants in major depressive disorder: A systematic review and Meta-analysis
Rakesh G, Cordero P, Khanal R, Himelhoch SS, Rush CR · 2024
- 14 Symptom Provocation and Clinical Response to Transcranial Magnetic Stimulation: A Systematic Review and Meta-Analysis
Bello D, Jones M, Gadiyar I, Artim L, Blyth SH, Brady RO et al. · 2025
- 15 Cerebellar transcranial magnetic stimulation for improving balance capacity and activity of daily living in stroke patients: a systematic review and meta-analysis
Wang J, Wu Z, Hong S, Ye H, Zhang Y, Lin Q et al. · 2024
- 16 The stratified effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in upper limb motor impairment recovery after stroke: a meta-analysis
Li R, Liu S, Li T, Yang K, Wang X, Wang W · 2024
- 17 Noninvasive Neuromodulation Combined With Rehabilitation Therapy Improves Balance and Gait Speed in Patients With Stroke: A Systematic Review and Network Meta-analysis
Tangjide A, Suputtitlada A, Pacheco-Barrios K, Fregni F · 2024
- 18 The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on sleep quality in patients with more than mild depressive mood: a systematic review and meta-analysis
Liu Y, Huang S, Zhang X, Liao H, Liu W, Zhang Z et al. · 2025
- 19 Comparative efficacy, tolerability, and acceptability of aducanumab, lecanemab, and donanemab with repetitive transcranial magnetic stimulation on cognitive function in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: A systematic review and network meta-analysis
Terao I, Kodama W · 2025
- 20 Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Strategies for Poststroke Dysphagia: A Systematic Review and Network Meta-analysis
Wu X, Zhang B, Ambler G, Chen Q, Huang H, Lin H et al. · 2025
- 21 The impact of the number of sessions and stimulation parameters on repetitive transcranial magnetic stimulation efficacy for post-stroke upper extremity recovery: A systematic review and meta-analysis
Barreto G, Sánchez P, Dias R, Baltar A, Shirahige L, Fragoso de Andrade R et al. · 2025
- 22 Repetitive transcranial magnetic stimulation for musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis
Liang Y, Niu S, Wang Y · 2025
- 23 Efficacy, Effectiveness, and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation for Bipolar Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis
Ventura F, Frias P, Rodrigues da Silva D, McGirr A, Cotovio G, Oliveira-Maia AJ · 2026
- 24 Comparative efficacy of different repetitive transcranial magnetic stimulation protocols for lower extremity motor function in stroke patients: a network meta-analysis
Wang C, Zhang Q, Zhang L, Zhao D, Xu Y, Liu Z et al. · 2024
- 25 Transcranial Magnetic Stimulation for Patients with Exposure Therapy Resistant Obsessive-Compulsive Disorder (TETRO): Study Protocol for a Multicenter Randomized Controlled Trial
Postma TS, van der Werf YD, Arns M, Batelaan NM, van den Berg M, Bosmans JE et al. · 2026
- 26 Treatment of Persistent Postconcussion Syndrome With Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Using Functional Near-Infrared Spectroscopy as a Biomarker of Response: Protocol for a Randomized Controlled Clinical Trial
du Plessis S, Oni IK, Lapointe AP, Campbell C, Dunn JF, Debert CT · 2022
- 27 Intermittent Theta-Burst Stimulation for Depressive Symptoms in Parkinson Disease: A Randomized Clinical Trial
Hou M, Tian B, Qi C, Song L, Ma B, Chen X et al. · 2026
- 28 Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Auditory Verbal Hallucinations in Schizophrenia: A Randomized Clinical Trial
Hua Q, Wang L, He K, Sun J, Xu W, Zhang L et al. · 2024
- 29 Combining Noninvasive Brain Stimulation and Physiotherapy to Improve the Management of Chronic Low Back Pain in Veterans: Protocol for a Multi-Arm Randomized Controlled Trial
Dupuis F, Tousignant-Lafamme Y, Marier Deschênes P, Fournier P, Nduwimana I, Ballot O et al. · 2026
- 30 Treatment effect variation in brain stimulation across psychiatric disorders
Winkelbeiner S, Muscat W, Joanlanne A, Marousis N, Vetter S, Seifritz E et al. · 2020
- 31 Transcranial Magnetic Stimulation and Transcranial Direct Current Stimulation Across Mental Disorders: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis
Sabé M, Hyde J, Cramer C, Eberhard A, Crippa A, Brunoni AR et al. · 2024
- 32 Mapping Symptom-General and Symptom-Specific Targets for Transcranial Magnetic Stimulation in Schizophrenia: An Electrical Modeling Meta-Analysis
Bègue I, Sinanaj L, Pallis K, Dehkordi AF, Huguelet P, Kaiser S · 2025
- 33 Acupuncture combined with repetitive transcranial magnetic stimulation vs repetitive transcranial magnetic stimulation alone for recovery of hemiparesis after ischemic stroke: A systematic review and meta-analysis
Li G, Yue M, Fan S, Bai Q, Li S, Yang X et al. · 2026
- 34 Comparing efficacies of different transcranial magnetic stimulation targeting methods for depression: A meta-analysis
Wang S, Weng Q, Kong G, Wu G, Cui H, Qian Z et al. · 2025
- 35 Dose-response associations of total pulse dose and intersession interval with clinical outcomes in accelerated rTMS for major depressive episodes: A systematic review and meta-analysis
Wang VX, Mehta DD, Downar J, Tang VM, Li CT, Le Foll B · 2026
- 36 Efficacy and safety of transcranial magnetic stimulation in the treatment of children, adolescents and young adults with depression: A meta-analysis of randomized controlled trials
Wang X, Zhang Z, Li Y, Gao Y, Cao Q · 2026
- 37 Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation at different frequencies for post-stroke cognitive impairment: A network meta-analysis
Liu C, Li X, Chen H, Zhang Y, Chen N, Sun J et al. · 2026
- 38 Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation for consciousness recovery in children with disorders of consciousness following traumatic brain injury
Zheng N, Zou Z, Wang W, Dong F, He X, Ren J et al. · 2025
- 39 Real-time EEG-triggered transcranial magnetic stimulation combined with group therapy for adolescents with depression and self-harm behavior: A randomized controlled trial
Liu H, Liu S, Yu M, Xin B, Liu Y · 2026
- 40 Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation and Tai Chi Chuan for Older Adults With Sleep Disorders and Mild Cognitive Impairment: A Randomized Clinical Trial
Liu Z, Zhang L, Bai L, Guo Z, Gao J, Lin Y et al. · 2025
- 41 Clinical and Neurophysiological Effects of Robotically Delivered fMRI-Guided Personalized Transcranial Magnetic Stimulation Therapy for Depression
Hearne LJ, Webb L, Cash R, Robinson C, Mosley PE, Ng J et al. · 2025
- 42 [Comparison of the effects of transcranial magnetic stimulation and memantine on motor aphasia in ischemic stroke patients]
Yusupov AU, Kilichev IA, Khudayberganov NY · 2025
- 43 Psychomotor Slowing in Psychosis and Inhibitory Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation: A Randomized Clinical Trial
Walther S, Alexaki D, Weiss F, Baumann-Gama D, Kyrou A, Nuoffer MG et al. · 2024
- 44 Study protocol of a randomized controlled trial for the synergizing effects of rTMS and Tui Na on upper limb motor function and cortical activity in ischemic stroke
Chen YF, Zhu GY, Mao MC, Zheng Y, Huang H, Liu LL et al. · 2022
- 45 Preliminary effects of intermittent theta burst stimulation combined with virtual reality-based cycling training on upper extremity function in children with cerebral palsy: a double-blind randomized crossover trial
Chen IC, Chen CL, Chen HC, Chou IJ, Chen RS, Chung CY et al. · 2026
- 46 Residential Therapy With Navigated Transcranial Magnetic Stimulation for Combat-Related PTSD: A Randomized Clinical Trial
Fox PT, Salinas FS, Roache JD, Quinones M, Vaughan PW, Franklin C et al. · 2026
- 47 Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation for insomnia disorder: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials
Cao Z, Shi Q, Shi Z, Yuan D, Zeng S · 2026
- 48 Therapeutic effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with cerebral palsy: a systematic review and network meta-analysis
Zhang Q, Qiu Z · 2024
- 49 Trend-analysis reveals real and placebo rTMS effects on addiction craving: a case-control observational study
Casula EP, Chieco F, Papaioannou MM, Frizzarin F, Rocchi L, Camporese A · 2024
- 50 Distinct impacts of sodium channel blockers on the strength-duration properties of human motor cortex neurons
Rocchi L, Brown K, Di Santo A, Smith H, Peterchev AV, Rothwell JC et al. · 2025
- 51 Opportunities of connectomic neuromodulation
Horn A, Fox MD · 2020
- 52 Outcomes of patients receiving interventional psychiatric procedures in a large integrated healthcare system
Li KJ, Slama NE, Chen IL, Ridout S, Iturralde E · 2025
- 53 Electroconvulsive Therapy (ECT) and Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS), Benefits and Adverse Effects in Patients with Depression: A Scoping Review
Carrera-Aguilar ME, Castro E, Álvarez-Mejía D, Vargas-Villalcis RM, Coronel M, Pinto-Proañón M et al. · 2026

- 54 **Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Neurological Diseases**
Somaa FA, de Graaf TA, Sack AT · 2022
- 55 **Accelerated Theta Burst Stimulation: Safety, Efficacy, and Future Advancements**
Cole E, O'Sullivan SJ, Tik M, Williams NR · 2024
- 56 **Transcranial magnetic stimulation in the treatment of obsessive-compulsive disorder: current perspectives**
Lusicic A, Schruers KR, Pallanti S, Castle DJ · 2018
- 57 **Consensus review and considerations on TMS to treat depression: A comprehensive update endorsed by the National Network of Depression Centers, the Clinical TMS Society, and the International Federation of Clinical Neurophysiology**
Trapp NT, Purgianto A, Taylor JJ, Singh MK, Oberman LM, Mickey BJ et al. · 2025
- 58 **Regulatory Clearance and Approval of Therapeutic Protocols of Transcranial Magnetic Stimulation for Psychiatric Disorders**
Cotovio G, Ventura F, Rodrigues da Silva D, Pereira P, Oliveira-Maia AJ · 2023
- 59 **Whither TMS: A One-Trick Pony or the Beginning of a Neuroscientific Revolution?**
George MS · 2019

International Health Research

Forschung, eingeordnet. Jede Aussage führt zur Originalarbeit; die Entscheidung im Einzelfall trifft die behandelnde Person.
ih-research.com/wissen/tms/ · Stand 2026-10-15