



მედიკის ინფორმაციის კვალიტატი
საქართველო 2019 წელი
Invision | Education Quality Index | Google LLC



განათლების, მეცნიერებისა და
ახალგაზრდობის სამინისტრო

ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაციის (ტმს) გამოყენება

ქრონიკული ტკივილის თერაპიაში

კლინიკური გზამკვლევი

თბილისი, 2025

ინსტიტუცია / განყოფილება

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ფსიქიკური ჯანმრთელობის რესურს ცენტრი
ადიქტოლოგიის ინსტიტუტი

თარიღი: 31 ივლისი, 2025

ვერსიის რიგითი ნომერი: 1

ავტორი

მერაბ ქავთარაძე

მიმომხილველი

თათული გიგიტაშვილი

რედაქტორი

ნინო აღდგომელაშვილი

წინამდებარე დოკუმენტი მომზადდა პროექტით „ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაციის სომატური თერაპიის მეთოდის დანერგვა უკეთესი ფსიქიკური კეთილდღეობისთვის და ფსიქიკური ჯანმრთელობის სწავლა-სწავლების ხარისხის ასამაღლებლად საქართველოში“, კონკურენტული ინოვაციების ფონდის მხარდაჭერით, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტსა და საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს შორის გაფორმებული პროექტის (№ CIF-2023-08) „ინოვაციის, ინკლუზიურობის და ხარისხის პროექტი - საქართველო I2Q (IBRD)“ ფარგლებში.

მის შინაარსზე სრულად პასუხისმგებელია ავტორი და შესაძლოა, არ გამოხატავდეს დონორი ორგანიზაციების შეხედულებებს.

შემოკლებები

AAN	ნევროლოგიის ამერიკული აკადემია (American Academy of Neurology)
CBT	კბთ, კოგნიტურ-ბიჰევიორული თერაპია (Cognitive Behavioral Therapy)
CRPS	კომპლექსური რეგიონული ტკივილის სინდრომი (Complex Regional Pain Syndrome)
CSD	კორტიკული გავრცელებადი დეპრესია (Cortical Spreading Depression)
DLPFC	დორსოლათერალური პრეფრონტალური ქერქი (Dorsolateral Prefrontal Cortex)
EEG	ელექტროენცეფალოგრაფია (Electroencephalography)
EMG	ელექტრომიოგრაფია (Electromyography)
FDA	აშშ-ის სურსათისა და წამლის ადმინისტრაცია (U.S. Food and Drug Administration)
fMRI	ფუნქციური მაგნიტურ-რეზონანსული ტომოგრაფია (functional Magnetic Resonance Imaging)
GRADE	რეკომენდაციების შეფასების, შემუშავებისა და შეფასების სისტემური მეთოდი (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation)
M1	ქერქის პირველადი მოტორული უბანი (primary motor cortex)
PCS	ტკივილის გადაჭარბებული აღქმის სკალა (Pain Catastrophizing Scale)
PET	პოზიტრონ-ემისიური ტომოგრაფია (Positron Emission Tomography)
RCT	რანდომიზებული კონტროლირებადი კვლევა (Randomized Controlled Trial)
RMT	მოსვენების მოტორული ზღურბლი (Resting Motor Threshold)
rTMS	გტმს, განმეორებითი ტრანსკრანიალური მაგნიტური სტიმულაცია (repetitive TMS)
sTMS	ერთჯერადი იმპულსით ტმს (Single-pulse TMS)
TASS	ტმს-ის მოზრდილთა უსაფრთხოების სკრინინგი (TMS Adult Safety Screening)
TBS	თტს, თეტა-ტალღოვანი სტიმულაცია (Theta Burst Stimulation)
TMS	ტმს, ტრანსკრანიალური მაგნიტური სტიმულაცია (Transcranial Magnetic Stimulation)
VAS	ვიზუალური ანალოგური სკალა (Visual Analog Scale)

შინაარსი

შემოკლებები	3
შესავალი	5
მიზნები და არეალი	5
მეთოდოლოგია.....	6
ტმს-ის მოქმედების მექანიზმები ტკივილის მართვაში	8
ტმს-ის პროტოკოლები, მტკიცებულებათა შეჯამება ტკივილის ტიპების მიუხედავად.....	9
ტმს-ის უსაფრთხოება და ტოლერანტობა	15
პაციენტის შერჩევის კრიტერიუმები.....	16
კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვა	18
ტმს-ის კომბინაცია მკურნალობის სხვა მეთოდებთან.....	21
სპეციფიკური პოპულაციები	21
შეზღუდვები და მომავალი პერსპექტივები.....	24
შეჯამება და პრაქტიკული რეკომენდაციები	26
ლიტერატურის სია	30

შესავალი

საზოგადოებრივი ჯანდაცვისთვის ქრონიკული ტკივილი წარმოადგენს გლობალური მასშტაბის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს გამოწვევას, რომელიც არსებითად ამცირებს ცხოვრების ხარისხს, ზრდის შრომისუუნარობის მაჩვენებლებს და მნიშვნელოვნად ზრდის როგორც ინდივიდის, ასევე საზოგადოების ეკონომიკურ ტვირთს. ქრონიკული ტკივილი ვლინდება მოზრდილი მოსახლეობის დაახლოებით 20-30%-ში და ხშირ შემთხვევაში იგი რეზისტენტულია ტრადიციული ფარმაკოლოგიური თერაპიის მიმართ (Goldberg & McGee, 2011; Dahlhamer et al., 2018).

ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში, ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაცია (ტმს) ჩამოყალიბდა როგორც ერთ-ერთი პერსპექტიული, არაინვაზიური ნეირომოდულაციური მეთოდი ქრონიკული ტკივილის მართვის სფეროში. ტმს ეფუძნება ტვინის ქერქის კონკრეტულ უბნებზე მაგნიტური იმპულსების მიზანმიმართულ მიწოდებას, რაც იწვევს ნეირონული აგზნებადობის რეგულაციას და შესაძლოა, ახდენდეს ტკივილის ნეირონული ქსელების რეორგანიზაციას (Lefaucheur et al., 2014; O'Connell et al., 2018). განსხვავებით ტრადიციული სისტემური ფარმაკოთერაპიისგან, ტმს პირდაპირ ზემოქმედებს ტვინის იმ ნეირონულ ქსელებზე, რომლებიც მონაწილეობენ ტკივილის სენსორულ და ემოციურ დამუშავებაში. ამის გამო ის განიხილება როგორც მიზანმიმართული, ეფექტური და შედარებით უსაფრთხო ჩარევა. გვერდითი მოვლენები უმეტესწილად მსუბუქი და დროებითია.

მიზნები და არეალი

წინამდებარე გზამკვლევი მიზნად ისახავს ქრონიკული ტკივილის მკურნალობის კონტექსტში ტმს-ის მექანიზმების, მტკიცებულებების, კლინიკური პროტოკოლებისა და პრაქტიკული გამოყენების სიღრმისეულ ანალიზს. განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია განმეორებითი ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაციის (rTMS) გამოყენებაზე ტკივილის მკურნალობაში, როგორც კლინიკური პრაქტიკისა და მტკიცებულებაზე დაფუძნებული, ყველაზე უფრო რეკომენდებული და სამკურნალო ეფექტის მქონე მეთოდი.

გზამკვლევის ძირითადი მიზანია ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაციის (TMS) როლის ინტეგრირებული, მტკიცებულებებზე დაფუძნებული შეფასება ქრონიკული ტკივილის მართვაში. იგი აერთიანებს კლინიკურ კვლევებზე დაფუძნებულ მტკიცებულებებს, ნეიროფიზიოლოგიურ მექანიზმებს, ტექნიკურ სტიმულაციურ პარამეტრებსა და პრაქტიკულ ასპექტებს, რომლებიც აუცილებელია ტმს-ის სხვადასხვა ტკივილის სინდრომის მკურნალობაში გამოყენებისთვის. დოკუმენტის მიზანია ხელი შეუწყოს ტმს-ის რაციონალურ ინტეგრაციას ტკივილის მულტიმოდალური მართვის სტრატეგიებში, განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, როდესაც ტკივილი რეზისტენტულია ტრადიციული მედიკამენტური თერაპიის მიმართ.

ტმს წარმოადგენს სწრაფად განვითარებად ნეირომოდულაციურ მეთოდს, რომელიც ასოცირდება ტკივილის ინტენსივობის შემცირებასთან, ფუნქციური სტატუსის გაუმჯობე-

სებასთან და ტკივილის კოგნიტიურ-ემოციური კომპონენტების რეგულაციასთან (Lefaucheur et al., 2020; Galhardoni et al., 2015). მიუხედავად იმისა, რომ მისი ეფექტურობა უფრო ფართოდ არის აღიარებული ფსიქიატრიულ პრაქტიკაში, კერძოდ, მედიკამენტებზე რეზისტენტული დეპრესიის მკურნალობაში, ბოლო წლებში ტმს-ის გამოყენებამ ასევე მნიშვნელოვანი პროგრესი განიცადა ქრონიკული ტკივილის მართვის პროცესში. აღნიშნული წინსვლა განაპირობა კორტიკული ტკივილის ქსელების და ნეიროპლასტიკურობის მექანიზმების უკეთ გააზრებამ (O'Connell et al., 2018).

ნაშრომი ფოკუსირებულია ქრონიკული არაონკოლოგიური ტკივილის ყველაზე უფრო გავრცელებულ კატეგორიებში, როგორცაა ნეიროპათიული ტკივილი, ფიბრომიალგია, შაკივი, წელის ქრონიკული ტკივილი, და ასევე ისეთი მძიმე პათოლოგიის შემთხვევაში, როგორცაა კომპლექსური რეგიონული ტკივილის სინდრომი (CRPS).

გზამკვლევი ისახავს შემდეგ ამოცანებს:

- წარმოადგინოს მტკიცებულებები ტმს-ის ეფექტურობის შესახებ, განსაკუთრებული აქცენტით რანდომიზებულ კონტროლირებად კვლევებზე, სისტემურ მიმოხილვებსა და მეტა-ანალიზზე.
- დააზუსტოს ოპტიმალური სტიმულაციის პარამეტრები: სამიზნე კორტიკული უბნები, მაგნიტური იმპულსების სიხშირე, ინტენსივობა, რაოდენობა და მკურნალობის კურსის ხანგრძლივობა.
- შეაფასოს უსაფრთხოებისა და ტოლერანტობის საკითხი, მათ შორის რისკფაქტორები და გვერდითი მოვლენების წარმოქმნის საფრთხე.
- განსაზღვროს პაციენტთა შერჩევის კრიტერიუმები კლინიკური და ნეიროფიზიოლოგიური თვალსაზრისით

გზამკვლევი განიხილავს კლინიკურ პრაქტიკაში ტმს-ის დანერგვის წინაშე არსებულ სისტემურ ბარიერებს, მათ შორის, პრაქტიკის ვარიაბელობას, პროტოკოლების სტანდარტიზაციის ნაკლებობას, ხელმისაწვდომობის შეზღუდვებს და რეგულატორულ წინააღმდეგობებს (Ma et al., 2025; O'Connell et al., 2018). დოკუმენტი ასევე მოიცავს პრაქტიკულ ინსტრუმენტებს – სტრუქტურირებულ შეჯამებებს, რაც განკუთვნილია ყოველდღიური კლინიკური საქმიანობისთვის. წარმოდგენილია რეკომენდაციები მომავალი კვლევების მიმართულებების შესახებ, რომელთა მიზანია ტმს-ის კლინიკური ეფექტურობის, სტანდარტიზაციისა და უსაფრთხოების გაუმჯობესება ტკივილის მართვის საკითხში.

მეთოდოლოგია

წინამდებარე გზამკვლევი მომზადდა სტრუქტურირებული ნარატიული სინთეზის მიდგომის გამოყენებით. მისი მიზანია, წარმოდგენილი იქნას ქრონიკული ტკივილის მართვის კონტექსტში, ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაციის (ტმს) ეფექტურობის ამჟამინდელი

მტკიცებულებები რეცენზირებულ სამეცნიერო ლიტერატურაზე, განსაკუთრებული აქცენტით კვლევებზე, რომლებიც გამოქვეყნდა 2010-2025 წლებში.

1. ლიტერატურის ძიების სტრატეგია

ჩატარდა დეტალური და სისტემატიზებული ძიება შემდეგ სამეცნიერო ბაზებში: **PubMed, Embase, Scopus** და **Cochrane Library**. ძიებისას გამოყენებული იყო საკვანძო სიტყვების კომბინაციები, მათ შორის:

- „transcranial magnetic stimulation“, „repetitive TMS“, „neuromodulation“, „chronic pain“
- ასევე, კონკრეტული ტკივილის სინდრომები: „fibromyalgia“, „neuropathic pain“, „migraine“, „chronic low back pain“, და „complex regional pain syndrome“.

2. ჩართვისა და გამორიცხვის კრიტერიუმები

ჩართვის კრიტერიუმები:

- რეცენზირებული კლინიკური კვლევები, სისტემატური მიმოხილვები, გაიდლაინები ან მეტა-ანალიზი
- ქრონიკული ტკივილის მქონე პაციენტებზე ჩატარებული კვლევები
- სტიმულაციის პროტოკოლებისა და კლინიკური შედეგების მკაფიო აღწერა

გამორიცხვის კრიტერიუმები:

- არაკლინიკური კვლევები
- შემთხვევების აღწერები ან არარეცენზირებული კონფერენციული ანონსები

3. მონაცემთა ამოღება და სინთეზი

მონაცემთა ამოღება განხორციელდა სტრუქტურირებული ფორმით, რათა შეფასებულიყო შემდეგი ძირითადი ელემენტები:

- სამიზნე ტკივილის სინდრომი
- გამოყენებული ტმს-ის მოდალობა, სიხშირე, ინტენსივობა, იმპულსების რაოდენობა თითო სესიაზე და მკურნალობის კურსის ხანგრძლივობა
- პირველადი და მეორეული შედეგები (მაგ., ტკივილის შემცირება, ფუნქციური გაუმჯობესება, ცხოვრების ხარისხის მაჩვენებლები)
- უსაფრთხოებისა და ტოლერანტობის მონაცემები

მიმოხილვის დროს უპირატესობა მიენიჭა მაღალი ხარისხის მტკიცებულებებს – რანდომიზებულ კონტროლირებად კვლევებს (RCT) და მეტა-ანალიზს. მონაცემები დაჯგუფდა ტკივილის ტიპისა და სტიმულაციის პროტოკოლის მიხედვით, რათა გაადვილებულიყო კლინიკური გადაწყვეტილების მიღება.

4. მტკიცებულებების კლასიფიკაცია

მიუხედავად იმისა, რომ ამ ნაშრომში ოფიციალურად არ იქნა გამოყენებული **GRADE** სისტემური შეფასების მიდგომა, მტკიცებულებები დაჯგუფდა შემდეგი დონეების მიხედვით:

მაღალი: დამატებითი კვლევები ნაკლებად შეცვლის შეფასების სანდოობას. (ჩვეულებრივ, ეფუძნება კარგად ჩატარებულ რანდომიზებულ კონტროლირებად კვლევებს).

საშუალო: დამატებითმა კვლევებმა შესაძლოა შეცვალოს შეფასებები და დასკვნები. (ძირითადად ეფუძნება RCT-ებს მცირე შეზღუდვებით ან მაღალი ხარისხის ობსერვაციულ კვლევებს).

დაბალი: დამატებითი კვლევები მაღალი ალბათობით შეცვლის შედეგების სანდოობას. (მტკიცებულება შეზღუდულია ან არასტაბილური, ხშირად დაფუძნებულია მცირე ან არათანმიმდევრულ კვლევებზე).

ძალიან დაბალი: ნებისმიერი შეფასება შედეგის შესახებ ძალიან არასტაბილურია.

(მონაცემები ხშირად ეფუძნება ექსპერტულ აზრს ან არაპირდაპირი მტკიცებულებებს).

აგრეთვე გამოყენებული იყო **AAN** კლასიფიკაცია, რომელიც დაფუძნებულია ამერიკის ნევროლოგიის აკადემიის (AAN) მტკიცებულებების კრიტერიუმებზე. სადაც კვლევის ხარისხის კლასიფიკაციის საფუძველზე ხდება რეკომენდაციების ეფექტურობის განსაზღვრა:

დონე A: ეფექტურობა დადასტურებულია (მხარდაჭერილია მრავალი I კლასის კვლევით).

დონე B: სავარაუდოდ ეფექტურია (მხარდაჭერილია მინიმუმ ერთი I კლასის ან ორი II კლასის კვლევით).

დონე C: შესაძლოა იყოს ეფექტური (მხარდაჭერილია ერთი II კლასის ან ორი III კლასის კვლევით).

დონე U: ეფექტურობის მონაცემები არასაკმარისია ან წინააღმდეგობრივი, ეფექტურობა ვერ განისაზღვრება. (შეზღუდული პილოტური მონაცემები, არასაკმარისი ოფიციალური კლასიფიკაციისთვის).

მოცემული კლასიფიკაციები გამოყენებულია მიმოხილვის მომდევნო სექციებში რეკომენდაციების სიძლიერისა და მტკიცებულებების ხარისხის განსაზღვრად.

ტმს-ის მოქმედების მექანიზმები ტკივილის მართვაში

ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაცია (ტმს) ტკივილის მართვაში ანალგეზიურ ეფექტს ახორციელებს როგორც კორტიკული, ასევე სუბკორტიკული მექანიზმების საშუალებით. დროში ცვალებადი მაგნიტურ ველის გამოყენებით წარმოქმნება ინდუცირებული ელექტრული დენები თავის ტვინის მიზნობრივ უბნებში, რაც იწვევს ნეირონული აგზნებადობისა და სინაფსური პლასტიურობის მოდულაციას (Lefaucheur et al., 2014). ტმს-ს

შეუძლია შეცვალოს ტკივილის ნეირომატრიქსის ფუნქციური აქტივობა, რაც გავლენას ახდენს ტკივილის როგორც სენსორულ, ასევე ემოციურ კომპონენტებზე. ტმს განაპირობებს ტკივილის შემცირების რამდენიმე მექანიზმის ჩართვას: კორტიკული აგზნებადობის მოდულაცია; ტკივილის ნეიროქსელების მოდულაცია; ენდოგენური ოპიოიდური და ნეირომედიატორული ეფექტები.

ტმს-ის პროტოკოლები, მტკიცებულებათა შეჯამება ტკივილის ტიპების მიხედვით

ამ თავში წარმოდგენილია კლინიკური კვლევებისა და სისტემატური მიმოხილვების სინთეზური ანალიზი, სადაც აღწერილია სტიმულაციის სამიზნე უბნები, გამოყენებული გტმს პროტოკოლების ძირითადი ტექნიკური პარამეტრები (სიხშირე, მოსვენების მოტორული ზურბლი, იმპულსების რაოდენობა თითო სესიაზე), ასევე, მკურნალობის ხანგრძლივობა და ეფექტურობის ხარისხი. აქცენტი გაკეთებულია ტკივილის მკურნალობაში გტმს ტიპის სტიმულაციის გამოყენებაზე, რომელიც არსებული მტკიცებულებების საფუძველზე აღიარებულია ქრონიკული ტკივილის მკურნალობის პრიორიტეტულ მეთოდად. (Lefaucheur et al., 2020; O'Connell et al., 2018). თეტა-ტალღოვანი მაგნიტური სტიმულაცია (TBS) ამ ეტაპზე არ განხილულა მონაცემების სიმწირისა და წინააღმდეგობრივი მტკიცებულებების გამო (Thibaut et al., 2025).

1. სამიზნე უბნების და პროტოკოლების ზოგადი დახასიათება

- **ქერქის პირველადი მოტორულ უბანი (M1):** ოპტიმალურია სენსორული და ნოციციპტიური მოდულაციისთვის
- **დორსოლატერალური პრეფრონტალური ქერქი (DLPFC):** მიზნად ისახავს ტკივილის ემოციურ-კოგნიტური კომპონენტების რეგულირებას და განწყობის გაუმჯობესებას.
- **ოქციპიტალური ქერქი:** უბნის სტიმულაცია; რეკომენდებულია მწვავე შაკიკის დროს კორტიკული გავრცელებადი დეპრესიის (CSD) დასათრგუნად.

სტიმულაციის სიხშირე:

- **მაღალი სიხშირე (10-20 ჰც):** ასტიმულირებს ჰიპოფუნქციურ უბნებს (მაგ., M1).
- **დაბალი სიხშირე (1 ჰც):** ახდენს ჰიპერაგზნებული უბნების ინჰიბიციას, თუმცა ტკივილის მკურნალობაში იშვიათად გამოიყენება.

იმპულსების რაოდენობა:

- გტმს ეფექტურია 1000-ზე მეტი იმპულსის სესიებისას.

მკურნალობის ხანგრძლივობა:

- ეფექტი, როგორც წესი, ვითარდება 10-20 სესიის შემდეგ.

- ზოგიერთ შემთხვევაში (მაგ., CRPS, წელის ქრონიკული ტკივილი) დამატებითი და შემანარჩუნებელი სესიები აუმჯობესებს გრძელვადიან შედეგებს.

2. ქრონიკული ტკივილით მიმდინარე ნოზოლოგიები და მათი მკურნალობა

➤ ნეიროპათიული ტკივილი

წარმოიშობა სომატოსენსორული სისტემის დაზიანების ან დისფუნქციის შედეგად და ხშირად ხასიათდება სპონტანური ტკივილით, ჰიპერალგეზიით, წვის, ჩხვლეტის ან დენის დარტყმის შეგრძნებით. ძირითადი მექანიზმებია ცენტრალური სენსიტიზაცია და ქერქული ჰიპერაგზნებადობა (Finnerup et al., 2021). ტრადიციული ფარმაცოთერაპია მხოლოდ ნაწილობრივ ეფექტურია, რაც ზრდის ტმს-ისადმი, როგორც არაინვაზიური თერაპიული ალტერნატივის მიმართ ინტერესს.

სტიმულაციის სამიზნე უბნები და პროტოკოლები

- **სამიზნე:** ქერქის პირველადი მოტორული უბანი (M1), მტკივნეული ადგილის კონტრალატერალურ მხარეს.
- **პროტოკოლი:** მაღალი სიხშირის გტმს (10-20 ჰც), 80-100% RMT, თითო სესიაზე 1000-2000 იმპულსი.
- **სესიების რაოდენობა:** 10-15 ყოველდღიური სესია; შემანარჩუნებელი სესიები აუმჯობესებს ხანგრძლივ ეფექტს.

მტკიცებულებები: სამიზნე ქერქის პირველადი მოტორული უბანი (M1) მტკივნეული ადგილის კონტრალატერალურ მხარეს. მაღალი სიხშირის გტმს (10-20 ჰც), 80-100% მოსვენების მოტორული ზღურბლი (RMT) M1-ზე აჩვენებს მკვეთრ ანალგეზიურ ეფექტს, რომელიც დასტურდება რანდომიზებული კონტროლირებადი კვლევით და მეტა-ანალიზით (Lefaucheur et al., 2020; Liu et al., 2024; O'Connell et al., 2018).

კლინიკური პასუხი, როგორც წესი, მიიღწევა 10-15 სესიის შემდეგ, ხოლო კუმულაციური ეფექტი ხანგრძლივია შემანარჩუნებელი სესიების დამატების შემთხვევაში (Galhardoni et al., 2015).

ფუნქციური რადიოლოგიური კვლევების (fMRI, PET) მონაცემები მიუთითებენ ტმს-ის ნეირომოდულაციურ ეფექტზე (Chen et al., 2019; Aceves-Serrano et al., 2022).

კლინიკური რეკომენდაციები: სხვადასხვა ეტიოლოგიის ნეიროპათიული ტკივილის დროს კონტრალატერალური ქერქის პირველად მოტორულ უბანზე (M1) 10-20 ჰც გტმს 10-15 სესიის კურსით გამოყენება არის ეფექტური, განსაკუთრებით, ფარმაცოთერაპიის ტენტილი ნეიროპათიური ტკივილისას. მკურნალობის პროცესში გტმს-ის ეფექტურობა შეფასებულია A დონით (AAN კლასიფიკაცია), რაც მიუთითებს მის მაღალ ეფექტურობაზე (Lefaucheur et al., 2020).

➤ ფიბრომიალგია

ფიბრომიალგია ხასიათდება დიფუზური მუსკულოსკელეტური ტკივილით, ქრონიკული დაღლილობით, კოგნიტური დისფუნქციით და ემოციური დარღვევებით. მისი

პათოფიზიოლოგია მჭიდროდაა დაკავშირებული ცენტრალურ სენსიტიზაციასთან, ტკივილის მოდულაციის ქსელების დისბალანსთან და ფსიქომოციური დარღვევებთან (Clauw, 2014).

სტიმულაციის სამიზნე უბნები და პროტოკოლები

- **სამიზნე:** M1– ტკივილის კორექცია; DLPFC – ემოციური და კოგნიტური სიმპტომების შემცირება.
- **პროტოკოლი:** M1 - 10 ჰც, 1000-2000 იმპულსი, 80-100% RMT; DLPFC – 10 ჰც, 1000-3000 იმპულსი, 90-110% RMT.
- **სესიების რაოდენობა:** 10-20 სესია, რეკომენდებულია შემანარჩუნებელი სესიები.

მტკიცებულებები: სამიზნე უბნებად ძირითადად განიხილება პირველადი მოტორული ქერქი (M1) და მარცხენა დორსოლატერალური პრეფრონტალური ქერქი (DLPFC). 10 ჰც სიხშირის გტმს M1 უბანზე მნიშვნელოვნად ამცირებს ტკივილის ინტენსივობას და აუმჯობესებს ფუნქციურ მდგომარეობას, რაც ფიბრომიალგიის ზეგავლენის კითხვარის (Fibromyalgia Impact Questionnaire) მაჩვენებლებით დადასტურდა (Short et al., 2011; Su et al., 2021).

2020 წლის ნარატიულ მიმოხილვაში (Lefaucheur et al., 2020) შედარებითა კვლევებმა აჩვენა, რომ ფიბრომიალგიის დროს M1 სტიმულაცია უფრო ძლიერ ანალგეზიურ ეფექტს ახდენს, ვიდრე DLPFC, თუმცა DLPFC სტიმულაცია შეიძლება ხელშემწყობ ფაქტორად მოგვევლინოს და ხელი შეუწყოს თანმხლები ფსიქომოციური დარღვევების ნიშნების შემცირებას.

კლინიკური რეკომენდაციები: ქერქის პირველად მოტორულ უბანზე (M1) გტმს ეფექტურია ტკივილის კონტროლისთვის, ხოლო DLPFC უბნის სამიზნედ გამოყენება მიზანშეწონილია ფსიქომოციური დარღვევების არსებობისას. ფიბრომიალგიის მკურნალობის პროცესში M1 უბანზე მაღალი სიხშირის გტმს-ის ეფექტურობა შეფასებულია B დონით (AAN კლასიფიკაცია), რაც მიუთითებს მის სავარაუდო ეფექტურობაზე (Lefaucheur et al., 2020).

➤ შაკივი

შაკივი წარმოადგენს ნეიროვასკულურ აშლილობას, რომელიც მოიცავს კორტიკულ ჰიპერაგზნებადობას და ტრიგემინოვასკულური სისტემის ჰიპერაქტივაციას. ტმს გამოიყენება როგორც მწვავე, ასევე პროფილაქტიკური მკურნალობის მიზნებისთვის.

სტიმულაციის სამიზნე უბნები და პროტოკოლები

- **სამიზნე:** მწვავე შაკივის შეტევების მოსახსნელად sTMS-ის 1-2 ერთჯერადი იმპულსი თითო შეტევაზე – ოქციპიტალური არე, კეფის მიდამო. ქრონიკული შეტევის პროფილაქტიკისთვის DLPFC უბნის გტმს.
- **პროტოკოლი:** გტმს DLPFC (10 ჰც 1000-2000 იმპულსი, 80-110% RMT); sTMS ოქციპიტალური არე.
- **სესიები:** მწვავე შაკივის შეტევის დროს: ორი პულსი ზედიზედ, საჭიროების შემთხვევაში 15-20 წუთში მეორდება. მაქსიმალური სესიის ხანგრძლივობა – 4-6

პულსის წყვილი ერთ შეტევაზე. ქრონიკული შაკიკის პროფილაქტიკისათვის 10-15 სესია.

მტკიცებულებები: აშშ-ის სურსათისა და წამლის ადმინისტრაციამ (FDA) მწვავე შაკიკის შეტევის სამკურნალო მეთოდად დაამტკიცა sTMS სტიმულაცია.

ქრონიკული შაკიკის პროფილაქტიკის მიზნით მაღალი სიხშირის გტმს-ის გამოყენება DLPFC უბანზე ამცირებს შეტევების სიხშირესა და ხანგრძლივობას (Leung et al., 2021). რანდომიზებულ, პლაცებო კონტროლირებად კვლევაში, მაღალი სიხშირის გტმს DLPFC უბანზე იწვევდა თავის ტკივილის სიხშირისა და სიმძიმის შემცირებას 50%-ზე მეტით, რაც შეფასდა ვიზუალური ანალოგური სკალის (VAS) საშუალებით (Misra et al. 2013; Leung et al. (2021).

კლინიკური რეკომენდაციები: მწვავე შაკიკის შეტევის მკურნალობა sTMS პროტოკოლით, და ქრონიკული შაკიკის პროფილაქტიკის მიზნით მაღალი სიხშირის გტმს გამოყენება DLPFC უბანზე შეფასებულია B დონით (AAN კლასიფიკაცია), რაც მიუთითებს მის სავარაუდო ეფექტურობაზე (Lefaucheur et al., 2020).

➤ წელის ქრონიკული ტკივილი

მოიცავს ნოციცეპტიურ, ნეიროპათიულ და ფსიქოემოციურ კომპონენტებს. ტმს განიხილება ცენტრალური სენსიტიზაციისა და ტკივილის ემოციურ-კოგნიტური რეგულირების საშუალებად.

სტიმულაციის სამიზნე უბნები და პროტოკოლები

სამიზნე უბნები: პირველადი მოტორული ქერქი (M1) ყველაზე ხშირად გამოყენებული სამიზნეა ტკივილის მოდულაციისთვის, DLPFC გამოყენება ტკივილის ემოციური და კოგნიტური კომპონენტების რეგულირებას უკავშირდება და ხშირად გამოიყენება M1-თან კომბინაციაში.

პროტოკოლები: M1 (10 ჰც, 1000-2000 იმპულსი, 80-110% RMT); DLPFC (10 ჰც, 1000-1200 იმპულსი, 90-10% RMT).

სესიები: 10-20 სესია, M1 ინტენსიური კურსის სახით. DLPFC-ის დამატებითი სტიმულაცია მიზანშეწონილია ტკივილის ემოციურ-კოგნიტური დარღვევების არსებობის შემთხვევაში. წელის ქრონიკული ტკივილის მკურნალობის პროცესში ტმს-ის ეფექტურობა შეფასებულია C დონით (AAN კლასიფიკაცია), რაც მიუთითებს მის შესაძლო ეფექტურობაზე (Lefaucheur et al., 2020).

მტკიცებულებები: Ambriz-Tututi et al. (2016) მიუთითებს ტკივილის საშუალოდ 40%-იან კლებაზე. Gour et al. (2024) თავის კვლევაში აფიქსირებს, რომ DLPFC სტიმულაცია აუმჯობესებს ფსიქოემოციურ მდგომარეობას. ნარატიულ მიმოხილვაში (Olechowski et al., 2023) მითითებულია, რომ შესწავლილ კვლევებს აქვთ გარკვეული შეზღუდვები – შემთხვევითი შერჩევის არქონა, ბრმა კონტროლის არარსებობა, კვლევათა დიდი ნაწილი მცირე ზომის, პილოტური ან მონოცენტრულია, რის გამოც მათი მტკიცებულების ხარისხი დაბალია.

კლინიკური რეკომენდაციები: წელის ქრონიკული ტკივილის შემთხვევაში M1 10 ჰც გტმს რჩება ზომიერი ეფექტის მქონე სტიმულაციის პროტოკოლად; DLPFC-ის დამატებითი სტიმულაცია მიზანშეწონილია ტკივილის ემოციურ-კოგნიტური დარღვევების არსებობის შემთხვევაში. წელის ქრონიკული ტკივილის მკურნალობის პროცესში ტმს-ის ეფექტურობა შეფასებულია C დონით (AAN კლასიფიკაცია), რაც მიუთითებს მის შესაძლო ეფექტურობაზე (Lefaucheur et al., 2020).

➤ **კომპლექსური რეგიონული ტკივილის სინდრომი (CRPS)**

CRPS ხასიათდება ინტენსიური ტკივილით, ავტონომიური დისფუნქციითა და მოტორული დეფიციტით, რომელიც ხშირად არაპროპორციულია თავდაპირველ დაზიანებასთან. ცენტრალური მექანიზმები, მათ შორის, კორტიკული რუკების რეორგანიზაცია, მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ დაავადების მიმდინარეობაში.

სტიმულაციის სამიზნე უბნები და პროტოკოლები

სამიზნე: ქერქის პირველადი მოტორული უბანი M1 ყველაზე ხშირად გამოყენებული სამიზნეა, რადგან ამცირებს ტკივილის ინტენსივობას და აუმჯობესებს მოტორულ ფუნქციას. ტკივილის ემოციური და კოგნიტური კომპონენტების რეგულირებისთვის დამატებით ხდება ქერქის დორსოლატერალურ პრეფრონტალურ უბნის DLPFC სტიმულაცია.

პროტოკოლი: მაღალი სიხშირის გტმს (ხშირად 10 ჰც, ზოგჯერ 5 ჰც), 80-100% RMT, თითო სესიაზე 1000-2000 იმპულსი; DLPFC 10 ჰც, 1500-2000 იმპულსი, 80-100% RMT.

სესიების რაოდენობა: 10-20 ყოველდღიური სესია; შემანარჩუნებელი (განმეორებითი) სესიები აუმჯობესებენ ეფექტს.

მტკიცებულებები: გტმს M1-ზე (კონტრალატერალურად) 10 ჰც-ზე ამცირებს ტკივილის ინტენსივობას, განსაკუთრებით, ზედა კიდურის CRPS-ის დროს (Picarelli et al., 2010). ეფექტი უფრო გამოკვეთილია, როდესაც მკურნალობა იწყება დაავადების ადრეულ სტადიაზე. რეკომენდებულია ფიზიოთერაპიასთან, მედიკამენტურ მკურნალობასთან და ფსიქოთერაპიასთან ინტეგრაცია, რადგან ტმს მონოთერაპიად იშვიათად არის საკმარისი.

კლინიკური რეკომენდაციები: საწყისი კურსი: 10-15 ყოველდღიური სესია M1 და DLPFC უბნებზე. ყოველი კვირის ბოლოს ჩატარდეს ტკივილის, ფუნქციური სტატუსისა და ემოციური სიმპტომების შეფასება (VAS, BPI, HADS სკალები). საჭიროების შემთხვევაში დამატებითი სესიები 1-2 კვირაში ერთხელ ან თვეში ერთხელ. ტმს-ის ეფექტურობა CRPS-ით დაავადებულ პაციენტებში შეფასებულია B დონით (AAN კლასიფიკაცია), რაც მიუთითებს მის შესაძლო ეფექტურობაზე (Lefaucheur et al., 2020).

ადვილად აღქმის მიზნით, ზემოთ აღნიშნულ მონაცემები მოყვანილია ცხრილის სახით.

ცხრილი 1. ტმს-ის რეკომენდებული პროტოკოლები ტკივილის სახეობების მიხედვით

პათოლოგია	სამიზნე უბანი	პროტოკოლის ტიპი	სიხშირე	ინტენსივობა (%RMT)	იმპულსები/სესია	სესიის რაოდენობა
ნეიროპათიული ტკივილი	M1	rTMS	10-20 Hz	80-110	1000-2000	10-15
ფიბრომიალგია	M1/DLPFC	rTMS	10 Hz	80-110	1500-2000	10-20
შაკივი (პროფილაქტიკა)	DLPFC /M1	rTMS	10 Hz	80-110	1500-2000	10-15
შაკივი (მწვავე) აურით	ოქციპიტალური ქერქი	sTMS	ერთჯერადი იმპულსი	N/A	1-2 იმპულსი თითო შეტევაზე	საჭიროები სამებრ
წელის ქრონიკული ტკივილი	M1/DLPFC	rTMS	10 Hz	80-100	1500-1800	10-20
CRPS	M1/DLPFC	rTMS	10 Hz	80-110	1000-2000	10-20

აქვე წარმოდგენილია ცხრილი სადაც ასახულია ტმს-ის ტკივილზე ზემოქმედების რეკომენდაციის/მტკიცებულების დონეები ტკივილის სახეობების მიხედვით.

ცხრილი 2. ტმს-ის ტკივილზე ზემოქმედების რეკომენდაციის/მტკიცებულების დონეები (AAN და GRADE კლასიფიკაციით¹)

ტკივილის სინდრომი	AAN კლასიფიკაცია ეფექტურობის დონე	GRADE მტკიცებულება
ნეიროპათიული ტკივილი	A (დადასტურებული)	მაღალი
ფიბრომიალგია	B (სავარაუდოდ ეფექტურია)	საშუალო
შაკივის მწვავე ფორმა	B (სავარაუდოდ ეფექტურია)	საშუალო
შაკივის პრევენცია	B (სავარაუდოდ ეფექტურია)	საშუალო
წელის ქრონიკული ტკივილი	C (შესაძლოა იყოს ეფექტური)	დაბალი
კომპლექსური რეგიონული ტკივილი (CRPS)	B (სავარაუდოდ ეფექტურია)	საშუალო

¹ AAN კლასიფიკაცია შედგენილია Lefaucheur et al. (2020) და შესაბამისი სისტემატური მიმოხილვების საფუძველზე, ხოლო GRADE შეფასებები ინტერპრეტირებულია Cochrane-ის მიმოხილვებისა და მეტა-ანალიზის მიხედვით (O'Connell et al., 2018). ცხრილი განახლებულია უახლესი კვლევების გათვალისწინებით, მთავარი განახლებები მოიცავს ფიბრომიალგიისთვის ჩატარებული მასშტაბური რანდომიზებული კონტროლირებადი კვლევების შედეგებს (Silva et al., 2025). ეს და სხვა განახლებები (Fernandes et al., 2022) უზრუნველყოფენ, რომ AAN და GRADE კლასიფიკაციები ასახავდნენ ტკივილის პირობებში არსებულ უახლეს მტკიცებულებათა ბაზას.

ტმს-ის უსაფრთხოება და ტოლერანტობა

ტრადიციულ ფარმაკოთერაპიასთან შედარებით, რომელიც ხშირად იწვევს სისტემურ გვერდით მოვლენებს, ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაცია (ტმს), რეკომენდებულ გაიდლაინების დაცვის შემთხვევაში, ითვლება უსაფრთხო არაინვაზიურ მეთოდად (Rossi et al., 2009; Lefaucheur et al., 2020). ტმს-ს აქვს უსაფრთხოების მაღალი დონე და იშვიათად ახასიათებს სერიოზული გვერდითი მოვლენები.

1. მსუბუქი ხასიათის გვერდითი მოვლენები

ტმს-ის გვერდითი მოვლენები უმეტეს შემთხვევაში მსუბუქი და დროებითია, და, როგორც წესი, სწრაფად ქრება სესიის დასრულების შემდეგ.

გვერდითი მოვლენა	შემთხვევების სიხშირე	აღწერა
დისკომფორტი სტიმულაციის ჩატარების ადგილზე	15-40%	დაკავშირებულია თავის კუნთებისა და ნერვების სტიმულაციასთან
თავის ტკივილი	5-15%	უმეტესად მსუბუქი, ხშირად მარტივად კონტროლდება ანალგეტიკებით (მაგ., პარაცეტამოლი)
სახის კუნთების სპაზმი	5-10%	გამოწვეულია ნერვების არაპირდაპირი აგზნებით
თავბრუსხვევა ან დაღლილობა	<5%	იშვიათად ფიქსირდება, ძირითადად, პირველ სესიებზე
ტინიტუსის გაძლიერება, ხმაური ყურში	<1%	პრევენცია შესაბამისი ყურის დამცავი საშუალებებით

შენიშვნა: კოჭის (coil) პოზიციის სწორად შერჩევა, ყურის დამცავი საშუალებების გამოყენება და RMT-ის სწორი მაჩვენებლების შერჩევა მნიშვნელოვნად ამცირებს გვერდით მოვლენებს.

2. იშვიათი, მაგრამ სერიოზული გვერდითი მოვლენები

მოვლენა	შეფასებითი რისკი	შენიშვნა
კრუნჩხვები	<0.01%	უმეტესად, მაღალი რისკის მქონე პაციენტებში (ანამნეზში ეპილეფსია, ტვინის სხვადასხვა დაზიანებები)
ემოციური დისბალანსი	ძალზე იშვიათი	ძირითადად, ფსიქიკური პრობლემების მქონე პაციენტებში
გულის წასვლა (სინკოპე)	იშვიათი	ვაგუსური რეაქციით გამოწვეული, პრევენცია შესაძლებელია ჰიდრაციითა და დასვენების ინტერვალების გაზრდით.

Rossi et al. (2009)-ის სისტემატური მიმოხილვის მიხედვით, რეკომენდებული პარამეტრების დაცვით ჩატარებული ტმს-ის დროს კრუნჩხვების წარმოქმნის რისკი <1 შემთხვევაა 10,000 სესიაზე.

3. უკუჩვენებები და გაფრთხილებები

ტმს-ის გამოყენება უნდა იქნას თავიდან აცილებული ან ფრთხილად შეფასებული შემდეგ შემთხვევებში:

- ეპილეფსიის, ფებრილური კრუნჩხვების ან აუხსნელი სინკოპეს ანამნეზი, EEG დარღვევები (Rossi et al., 2009).
- არამაგნიტური თავსებადობის მქონე იმპლანტირებული მოწყობილობები (კოხლეარული იმპლანტი, ტვინის სტიმულატორები, კარდიოსტიმულატორები).
- არასტაბილური კარდიოლოგიური ან ნევროლოგიური მდგომარეობა.
- მედიკამენტები, რომლებიც ზრდიან კრუნჩხვის წარმოქმნის რისკს (მაგ., ტრამადოლი, ბუპროპიონი).
- აქტიური დამოკიდებულება ალკოჰოლზე ან ნარკოტიკებზე.
- არაკონტროლირებადი ფსიქიკური აშლილობები (მაგ., მწვავე ფსიქოზი ან სუიციდური იდეები).
- გამოხატული შფოთვა ან ფსიქოლოგიური დისკომფორტი პროცედურის მიმართ. სესიის განმავლობაში უძრავად ყოფნის უუნარობა ან მძიმე კოგნიტური დისფუნქციები (მაგ., დემენცია), რაც ხელს უშლის პაციენტის უსაფრთხო პოზიციონირებას.

4. ტოლერანტობა და მკურნალობის შეწყვეტის კრიტერიუმები კვლევებში

კლინიკურ კვლევებში, რომლებიც მოიცავს ქრონიკული ტკივილის მკურნალობას ტმს-ით, შეწყვეტის მაჩვენებელი დაბალია (<10%) და უმეტესად უკავშირდება არასამედიცინო მიზეზებს (Galhardoni et al., 2015). განმეორებითი სესიების შემდეგ პაციენტთა ნაწილი აღწერს შფოთვის შემცირებას და უკეთესად იტანს სტიმულაციას.

5. უსაფრთხოების რეკომენდაციები კლინიკურ პრაქტიკაში

- ინდივიდუალურად განსაზღვრეთ RMT, რათა თავიდან აიცილოთ ზედმეტი სტიმულაცია.
- დაიწყეთ შედარებით დაბალი ინტენსივობით (80-90% RMT) და ეტაპობრივად გაზარდეთ.
- გააცანით პაციენტს მოსალოდნელი შეგრძნებები (ტკაცუნის ხმა, მსუბუქი სითბო ან კუნთების დროებითი სპაზმი).
- გამოიყენეთ ყურის საცობები ან ხმაურის დამხშობი ყურსასმენები.
- ყველა არასასურველი მოვლენა დაუყოვნებლივ უნდა იქნას დოკუმენტირებული.

პაციენტის შერჩევის კრიტერიუმები

ქრონიკული ტკივილის მართვაში ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაციის (ტმს) თერაპიული ეფექტურობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული პაციენტების სწორ

შერჩევასა და ინდივიდუალურ შეფასებაზე. მიუხედავად იმისა, რომ ტმს შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ტიპის ქრონიკული ტკივილის სინდრომის მკურნალობისთვის, მისი შედეგები ხშირად იცვლება კლინიკური, ფსიქოლოგიური და ნეიროფიზიოლოგიური მახასიათებლების მიხედვით (Lefaucheur et al., 2020). შესაფერისი კანდიდატების იდენტიფიცირება ამცირებს არაეფექტური მკურნალობის რისკს, ზრდის უსაფრთხოებას და აუმჯობესებს ნეირომოდულაციური რესურსების ოპტიმალურ გამოყენებას.

1. მკურნალობაში ჩართვის კრიტერიუმები

ტმს თერაპიისთვის შერჩეული პაციენტები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ ძირითად კრიტერიუმებს:

- ქრონიკული ტკივილი პაციენტს აღინიშნება სამ თვეზე მეტი ხნის განმავლობაში და რეზისტენტულია სტანდარტული ფარმაცოთერაპიისა და რეაბილიტაციის პროცედურების მიმართ (Scholz et al., 2019).
- პირველი რიგის მინიმუმ ორი პრეპარატის (მაგ., ამიტრიპტილინი, დულოქსეტინი, პრეგაბალინი ან არასტეროიდული ანთების საწინააღმდეგო პრეპარატები) არაეფექტურობა, არასრული პასუხი ან აუტანლობა (Finnerup et al., 2021).
- ტმს-ის დაწყებამდე 2-4 კვირით ადრე სტაბილური მედიკამენტური რეჟიმი, სტიმულაციის ეფექტის ობიექტურად შეფასებისთვის.
- კოგნიტური, ფსიქიკური შესაძლებლობა, რომელიც პაციენტის მხრიდან უზრუნველყოფს ინფორმირებულ თანხმობას, ინსტრუქციების სწორად გაგებას და სესიებზე რეგულარულად დასწრებას.
- უკუჩვენებების არარსებობა (იხ. *უკუჩვენებები და გაფრთხილებები* წინა თავში).

ტიპური ტმს კურსი მოიცავს 10-20 სესიას, რომლებიც, როგორც წესი, ტარდება ზედიზედ, სამუშაო დღეებში. შესაბამისად, პაციენტს უნდა ჰქონდეს მკურნალობის რეგულარულად დასწრების შესაძლებლობა. სკრინინგისთვის რეკომენდებულია **TMS Adult Safety Screening (TASS)** კითხვარის გამოყენება (Keel et al., 2001).

2. ფსიქიკური და კოგნიტური შეფასება

ქრონიკული ტკივილის მქონე პაციენტებში ხშირად აღინიშნება დეპრესია და შფოთვა, განსაკუთრებით ფიბრომიალგიის, შაკიკისა და CRPS-ის შემთხვევაში (Gureje et al., 2018). ტმს-ის დაწყებამდე აუცილებელია ფსიქიკური სტატუსის შეფასება.

დეპრესიის ზომიერი სიმპტომები ტმს-ის უკუჩვენებას არ წარმოადგენს. პირიქით, მარცხენა DLPFC-ის სტიმულაცია ხშირად აუმჯობესებს განწყობას და, ასევე, ამცირებს ტკივილის ზღვარს (Borckardt et al., 2007).

3. პოზიტიური პასუხის პროგნოზირებადი ფაქტორები

ტრანსკრანიულ მაგნიტურ სტიმულაციაზე (ტმს) დადებითი პასუხი არაერთ კლინიკურ და ნეიროფიზიოლოგიურ ფაქტორზეა დამოკიდებული. უფრო მაღალი თერაპიული

ეფექტურობა ხშირად აღინიშნება იმ პაციენტებში, რომელთა ტკივილის ხანგრძლივობა ორ წელზე ნაკლებია. ეს შეიძლება აიხსნას ნაკლები ნეირონული ჰიპერმგრძობელობით და ნეიროპლასტიკური ცვლილებების აღდგენის უფრო მაღალი შესაძლებლობით.

ტკივილის მაღალი საწყისი ინტენსივობა დაკავშირებულია კლინიკური გაუმჯობესების უფრო დიდ პოტენციალთან, რადგან ინტერვენციის შედეგად ცვლილებები უფრო თვალსაჩინოდ აღიქმება. ოპოიდური დამოკიდებულების არარსებობა ასევე ითვლება პროგნოზულად ხელსაყრელ ფაქტორად, რადგანაც ოპოიდური მედიკამენტების ხანგრძლივი გამოყენება ამცირებს ქერქული სტიმულაციის ეფექტურობას (Ramírez-Maestre et al., 2020). ასევე, ტკივილის გადაჭარბებული აღქმის სკალის (Pain Catastrophizing Scale, PCS) მაღალი მაჩვენებლების (>25) მქონე პაციენტებში DLPFC უბნის სტიმულაცია განსაკუთრებით ეფექტურია ტკივილის კოგნიტური კომპონენტების მოდულირებისთვის.

კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვა

ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაციის (ტმს) ტკივილის მართვის კლინიკურ პრაქტიკაში ინტეგრაცია მოითხოვს კარგად ორგანიზებულ, მულტიდისციპლინურ მიდგომას, რაც უზრუნველყოფს კლინიკური ეფექტურობის მიღწევას, უსაფრთხოებისა და ხარისხის სტანდარტების დაცვას, პროცესების ოპტიმიზაციასა და პაციენტის კმაყოფილების ზრდას. ტმს-ის დანერგვა არ შემოიფარგლება მხოლოდ სტიმულაციის ტექნიკური შესრულებით; იგი მოიცავს პაციენტების სწორ შერჩევას, რესურსების მართვას, სამუშაო პროცესის სწორ დაგეგმარებას, პერსონალის კვალიფიკაციის ამაღლებას და შედეგების სისტემურ მონიტორინგს (Lefaucheur et al., 2020).

1. კლინიკური სამუშაო პროცესის მიმოხილვა

ტკივილისთვის ტმს-ის სერვისის ორგანიზებული პროგრამა მოიცავს შემდეგ ფაზებს:

ფაზა	ძირითადი ამოცანები
1. რეფერალი და სკრინინგი	ჩვენების შეფასება, დიაგნოზის დადასტურება, უკუჩვენებების იდენტიფიცირება
2. პირველადი შეფასება	ტკივილის პროფილირება, მოსვენების მოტორული ზღურბლის (RMT) განსაზღვრა
3. პროტოკოლის შერჩევა	სტიმულაციის ტიპისა და პარამეტრების მორგება ინდივიდუალურ პროფილზე
4. მკურნალობის მიწოდება	ყოველდღიური სესიები (2-4 კვირა) კვალიფიციური პერსონალის მეთვალყურეობით
5. მონიტორინგი	ტკივილის ყოველდღიური შეფასება, გვერდითი მოვლენების აღრიცხვა, დასწრების კონტროლი
6. შემდგომი შეფასება	შედეგების ანალიზი, დამატებით საჭიროების შემთხვევაში შემანარჩუნებელი სესიების დაგეგმვა

2. აუცილებელი ინფრასტრუქტურა და აღჭურვილობა

კლინიკური სერვისის ძირითადი კომპონენტებია:

- **ტმს აპარატი:** CE/FDA სერტიფიცირებული.
- **რვიანის ფორმის ('ფიგურა-რვიანი') კოჭა:** ფოკალური სტიმულაციისთვის M1 და DLPFC უბნებზე.
- **RMT-ის განსაზღვრის მოწყობილობა:** ზედაპირული EMG ან ვიზუალური მოტორული პასუხის დაფიქსირება.
- **სტიმულაციის სავარძელი და თავის ფიქსაციის სისტემა.**
- **უსაფრთხოების აღჭურვილობა:** გადაუდებელი დახმარების ნაკრები, სმენის დამცავი საშუალებები, გვერდითი მოვლენების აღრიცხვის ფორმა.
- **პროგრამული უზრუნველყოფა:** პროტოკოლების მართვის და დოკუმენტაციის წარმოებისთვის.
- **არასავალდებულო:** ნეირონავიგაცია (fMRI ან EEG სამიზნე უბნის დასაზუსტებლად).

3. პერსონალის ფუნქციები და მომზადება

როლი	პასუხისმგებლობა
ექიმი	პაციენტების სკრინინგი, პროტოკოლის შერჩევა, მკურნალობის ზედამხედველობა
ტმს ტექნიკოსი	კოჭის პოზიციონირება, სესიის მართვა, გვერდითი მოვლენების მონიტორინგი
ფსიქოლოგი	ფსიქოლოგიური შეფასება, ქცევითი და ემოციური ფაქტორების ანალიზი
მედა	პაციენტის განათლება, მხარდაჭერა, მედიკამენტების გადამოწმება
ადმინისტრატორი	განრიგის მართვა, დოკუმენტაცია, მარეგულირებელ სტანდარტებთან შესაბამისობა

მომზადების პროგრამა უნდა მოიცავდეს როგორც თეორიულ ნაწილს (მექანიზმები, უსაფრთხოების პროტოკოლები), ასევე პრაქტიკულ უნარებს (RMT-ის განსაზღვრა, კოჭის სწორად პოზიციონირება, აპარატის ფუნქციონირება).

4. ყოველდღიური სესიების მართვა

- **განრიგი:** სესიები ტარდება ყოველდღიურად, ორშაბათიდან პარასკევის ჩათვლით, 2-4 კვირის განმავლობაში.
- **ხანგრძლივობა:**
 - გტმს: 20-30 წუთი (იმპულსების რაოდენობის მიხედვით).

- **ტკივილის შეფასება:** სესიის წინ და შემდეგ VAS ან NRS სკალების შევსება პროგრესის დასაფიქსირებლად.
- **ტოლერანტობის კონტროლი:** ნებისმიერი გვერდითი მოვლენის აღრიცხვა (თავის ტკივილი, დისკომფორტი, თავბრუსხვევა და ა.შ).
- **დასწრების უზრუნველყოფა:** საჭიროების შემთხვევაში, უზრუნველყოფილი უნდა იყოს შეხსენება, ტრანსპორტით დახმარება ან ოჯახის ჩართულობა.

5. დოკუმენტაცია და ხარისხის კონტროლი

დოკუმენტაციის სწორი წარმოება აუცილებელია. მკურნალობის ხარისხისა და უსაფრთხოების გასაზრდელად ის უნდა მოიცავდეს:

- პაციენტის ანკეტურ და კლინიკურ მონაცემებს
- პროტოკოლის ტექნიკურ დეტალებს (სიხშირე, ინტენსივობა, იმპულსების რაოდენობა, კოჭის პოზიცია)
- მოსვენების მოტორული ზღურბლის (RMT) განსაზღვრის ჩანაწერს
- გვერდითი მოვლენების რეგისტრაციას
- ტკივილისა და განწყობის შეფასების სკალების მონაცემებს (საწყისი, შუალედური, საბოლოო).

მკურნალობის ხარისხის შესაფასებლად აუცილებელია შემდეგი ინდიკატორების მონიტორინგი:

- მკურნალობის დასრულების მაჩვენებლები
- რეაგირების მაჩვენებელი ($\geq 30\%$ -იანი ტკივილის შემცირება)
- პაციენტის კმაყოფილება
- გვერდითი მოვლენების ინციდენტობა.

6. ინტეგრაცია ტკივილის მრავალმოდალურ მართვაში

ტმს საუკეთესო შედეგებს იძლევა, როდესაც იგი ინტეგრირებულია ერთიან თერაპიულ მოდელში, რომელიც მოიცავს:

- სტაბილურ ფარმაკოთერაპიას
- კოგნიტურ-ბიჰევიორულ თერაპიას (CBT) ტკივილის შიშისა და ტკივილის გადაჭარბებული აღქმის სკალის (PCS) შესამცირებლად.
- ფიზიოთერაპიას
- კვების და ცხოვრების სტილის კორექციას.

ამ ტიპის ინტეგრირებული მკურნალობა ხელს უწყობს ეფექტური და გრძელვადიანი და შედეგების მიღებას.

7. ეფექტის შემანარჩუნებელი სესიები

არსებობს მტკიცებულებები, რომ შემანარჩუნებელი სესიები ეფექტურია იმ პაციენტებში, რომელთაც ტკივილი კვლავ გამოუვლინდათ საწყისი გაუმჯობესების შემდეგ.

- სტანდარტული სქემა: 1 სესია კვირაში, 4 კვირის განმავლობაში; შემდეგ – 2 კვირაში ერთხელ ან თვეში ერთხელ.
- სრული კურსის გამეორება შესაძლებელია ≥ 6 თვის შემდეგ სრული რეციდივის შემთხვევაში.

ტმს-ის კომბინაცია მკურნალობის სხვა მეთოდებთან

ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაცია (ტმს) განსაკუთრებით ეფექტურია, როდესაც იგი ინტეგრირებულია მრავალმოდულურ მკურნალობის გეგმაში და არ გამოიყენება როგორც იზოლირებული ჩარევა. ქრონიკული ტკივილი არის კომპლექსური ბიოფსიქოსოციალური მდგომარეობა, რომელზეც გავლენას ახდენს პერიფერიული, ცენტრალური, ემოციური, კოგნიტური და ქცევითი ფაქტორები (Turk et al., 2011). ტმს-ის ინტეგრაცია ფარმაკოთერაპიასთან, ფსიქოთერაპიასთან და ფიზიკურ რეაბილიტაციასთან იძლევა სინერგიულ ეფექტს, რომელიც აუმჯობესებს ტკივილის მართვას.

ტმს-ის მოქმედების მექანიზმი ეფუძნება კორტიკული აგზნებადობის მოდულაციას, რაც ავსებს (მაგრამ არ ცვლის) ფარმაკოლოგიურ, ფსიქოლოგიურ და ქცევით ინტერვენციებს. კომბინირებული მიდგომის უპირატესობები მოიცავს:

- ნეიროპლასტიკურობის გაძლიერებას ცენტრალური და პერიფერიული სტიმულაციის ერთდროული გავლენით (Schabrun & Chipchase, 2012)
- განწყობისა და კოგნიტური შედეგების გაუმჯობესებას, განსაკუთრებით CBT-სთან ერთად გამოყენებისას
- ფუნქციური პროგრესის სტიმულირებას, რადგან მოტორული ქერქის სტიმულაციას შეუძლია ხელი შეუწყოს ნერვული სისტემის „მომზადებას“ ფიზიოთერაპიული რეაბილიტაციისთვის.

ტმს ფონზე ასევე შესაძლებელია შემცირდეს მედიკამენტების საჭიროება, განსაკუთრებით, იმ პაციენტებში, რომელთაც აქვთ პოლიფარმაციის რისკი ან მედიკამენტების აუტანლობა (Galhardoni et al., 2015).

სპეციფიკური პოპულაციები

ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაციის (ტმს) კვლევა და კლინიკური გამოყენება ძირითადად ფოკუსირებულია საშუალო ასაკის ქრონიკული ტკივილის მქონე პაციენტებზე. თუმცა, იზრდება ინტერესის ტალღა მისი ადაპტაციის მიმართ ისეთ სპეციალურ პოპულაციებში, როგორცაა ბავშვები და მოზარდები, ხანდაზმული ადამიანები, კოგნიტური

დარღვევების მქონე პირები, ფსიქიატრიული კომორბიდობის მქონე პაციენტები და სხვა განსაკუთრებული კლინიკური ჯგუფები. ამ პოპულაციებში ტმს-ის დანერგვა მოითხოვს სარგებლისა და რისკების ფრთხილ შეფასებას, პროტოკოლის ინდივიდუალურ მოდიფიკაციას და მულტიდისციპლინურ თანამშრომლობას (George et al., 2013; Lefaucheur et al., 2020).

1. ხანდაზმული ადამიანები

კლინიკური ასპექტები

ხანდაზმულ პაციენტებში (≥ 65 წელი) ქრონიკული ტკივილი განსაკუთრებით ხშირია და მას ხშირად თან ახლავს პოლიფარმაცია, ფიზიოლოგიური სისუსტე, კოგნიტური დეგრადაცია და დეპრესიული სიმპტომები (Domenichiello et al., 2019). ტმს, როგორც არაინვაზიური და მედიკამენტებისგან დამოუკიდებელი მეთოდი, მიზიდავს ალტერნატივად მიიჩნევა ამ ასაკობრივ ჯგუფში. მაღალსიხშირული გტმს უსაფრთხო და ეფექტურია ხანდაზმულებში, მათ შორის ნეიროპათიული ტკივილისა და ფიბრომიალგიის დროს (Khedr et al., 2016). მოსვენების მოტორული ზღურბლი (RMT) ხანდაზმულებში შესაძლოა ოდნავ მაღალი იყოს, რაც საჭიროებს ინდივიდუალურ კორექციას დისკომფორტის თავიდან ასაცილებლად.

საუკეთესო პრაქტიკა

- წინასწარი კოგნიტური სკრინინგი (MMSE, MoCA).
- ტმს-ის უფრო დაბალი საწყისი ინტენსივობა (დაახლოებით 80% RMT) თანდათანობითი ზრდით.
- კომფორტული პოზიციონირება და დასვენების ინტერვალების უზრუნველყოფა.

2. ბავშვები და მოზარდი პაციენტები

18 წლამდე ასაკის პირებში ტმს არ არის ოფიციალურად რეკომენდებული, თუმცა, იზრდება მტკიცებულებები მისი პოტენციური ეფექტურობის შესახებ. მოზარდებში ქრონიკული ტკივილი (განსაკუთრებით, ფუნქციური ტკივილის სინდრომები და შაკიკი) თავისი მექანიზმებით მსგავსია ზრდასრულთა ქრონიკული ტკივილისა. Irwin et al. (2021) მიუთითებენ, რომ ერთჯერადი იმპულსური ტმს შაკიკის მქონე მოზარდებში ამცირებს აურის სიმპტომებს და ტკივილის ინტენსივობას.

კლინიკური რეკომენდაციები

- ახალგაზრდებში ტმს უნდა ტარდებოდეს მხოლოდ კვლევითი პროგრამის ფარგლებში ან სპეციალისტის მკაცრი მეთვალყურეობით.
- უპირატესობა ეძლევა დაბალი სიხშირის პროტოკოლებს.
- აუცილებელია მშობლის თანხმობა და აქტიური ჩართულობა.

3. ფსიქიკური აშლილობის მქონე პაციენტები

ქრონიკული ტკივილი ხშირია ისეთი ფსიქიკური მდგომარეობების ფონზე, როგორცაა მძიმე დეპრესია, გენერალიზებული შფოთვითი აშლილობა და სომატოფორმული დარღვევები.

თერაპიული ასპექტები

- მარცხენა DLPFC-ის გტმს სტიმულაცია აუმჯობესებს როგორც ტკივილის, ასევე განწყობის მაჩვენებლებს (Lefaucheur et al., 2017).
- ბიპოლარული სპექტრის მქონე პაციენტებში საჭიროა სიფრთხილე, რადგან მაღალი სიხშირის სტიმულაციამ შესაძლოა მანიაკალური ეპიზოდები გამოიწვიოს (George et al., 2000).
- ფსიქოაქტიური მედიკამენტები, რომლებიც ზრდიან კრუნჩხვის წარმოქმნის რისკს, საჭიროებენ დამატებით განხილვას.

საუკეთესო პრაქტიკა

- ტმს-ის დაწყებამდე აუცილებელია ფსიქიკური ჯანმრთელობის სპეციალისტებთან კონსულტაციის გავლა.
- საწყისი პროფილირებისთვის რეკომენდებულია სტრუქტურირებული ინსტრუმენტების (PHQ-9, GAD-7, MINI) გამოყენება.
- შერეულ, ტკივილთან თანდართული დეპრესიის შემთხვევებში, აუცილებელია განწყობის დინამიკის კონტროლი.

4. კოგნიტური დარღვევების მქონე პაციენტები

მსუბუქი კოგნიტური დარღვევები და დემენციის ადრეული სტადიები ხშირად თან ახლავს ქრონიკულ ტკივილს, რაც ართულებს როგორც მკურნალობის მონიტორინგს, ასევე ინფორმირებული თანხმობის პროცესს. ტმს შესაძლოა ერთდროულად სასარგებლო იყოს როგორც ტკივილის შემცირების, ასევე კოგნიტური ფუნქციის შესანარჩუნებლად (Nardone et al., 2014).

რეკომენდაციები

- ობიექტური ფუნქციური ტესტების გამოყენება სუბიექტური მდგომარეობის შეფასებისას.
- მომვლელთა აქტიური ჩართვა უსაფრთხოების კონტროლსა და სესიების დაგეგმვაში.
- მოკლე და კარგად ტოლერირებადი პროტოკოლების არჩევა პაციენტის დადლილობის შესამცირებლად.

5. ორსულობა და ტმს

ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაცია (ტმს) ორსულობის პერიოდში შეიძლება ჩაითვალოს უსაფრთხო და პოტენციურად ეფექტიან მეთოდად. კლინიკურად მნიშვნელოვანი არასასურველი მოვლენები ან ნაყოფის განვითარების დარღვევები არ აღინიშნება (Miuli et al., 2023; Angeline et al., 2025).

რეკომენდაციები:

- საჭიროა დადლილობის, ორთოსტატული ჰიპოტენზიისა და ზურგის ტკივილის მონიტორინგი სესიების დროს.
- ძუძუთი კვება უკუჩვენებას არ წარმოადგენს.

6. ფიზიკური შეზღუდვების ან მოტორული დარღვევების მქონე პაციენტები

- ტმს შეიძლება ჩატარდეს ფიზიკური შეზღუდვების ან მოტორული დარღვევების მქონე პაციენტებში.
- M1 სამიზნის შერჩევა უნდა მოხდეს დომინანტური ჰემისფეროსა და დარჩენილი მოტორული რუკების გათვალისწინებით.
- CRPS-ის, ფანტომური კიდურის ტკივილის ან ზურგის ტვინის დაზიანების შემთხვევებში ნავიგაციური სტიმულაცია აუმჯობესებს სამიზნე უბნის არჩევის სიზუსტეს (Hussein et al., 2018).
- მოსვენების მოტორული ზღურბლის დასადგენად ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლოა საჭირო გახდეს კოჭის ინდივიდუალური პოზიციონირება ან, ალტერნატიულად, კუნთების მონიტორინგი.

შეზღუდვები და მომავალი პერსპექტივები

არსებული მტკიცებულებითი ბაზის ხარვეზები, კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვის სირთულეები და პაციენტთა ინდივიდუალური რეაგირების ცვალებადობა, კვლავაც ზღუდავს ტმს-ის სრული თერაპიული პოტენციალის რეალიზაციას. მომავალი კვლევები უნდა იყოს ორიენტირებული სტიმულაციის პარამეტრების დახვეწაზე, მკურნალობის პერსონალიზაციის გაუმჯობესებაზე და ტმს-ის ინტეგრაციაზე ტკივილის მართვის მულტიმოდალურ სქემებში.

1. მეთოდოლოგიური შეზღუდვები არსებულ მტკიცებულებებში

1.1. კვლევაში მონაწილე პაციენტთა მცირე რაოდენობა და შეზღუდული სტატისტიკური სარწმუნოება

არსებული რანდომიზებული კონტროლირებადი კვლევების (RCT) უმრავლესობა მოიცავს მცირე რაოდენობის მონაწილეს (ხშირად <50 თითოეულ ჯგუფში), რაც ზღუდავს სტატისტიკურ სარწმუნოებას და ზოგადი დასკვნების გამოტანის შესაძლებლობას (O'Connell et al., 2018).

1.2. არაერთგვაროვანი პროტოკოლები

ხშირად ჩატარებულ კვლევებში განსხვავდება სტიმულაციის პარამეტრები (სიხშირე, სამიზნე უბანი, ინტენსივობა, იმპულსების რაოდენობა), სესიების ხანგრძლივობა და

შედეგების შეფასების მეთოდოლოგია. ასეთმა ჰეტეროგენობამ მნიშვნელოვნად გაართულა მეტა-ანალიზისა და პრაქტიკული გაიდლაინების შემუშავება (Hamid et al., 2019; Mehta et al., 2024).

1.3. მოკლევადიანი მონიტორინგი

კვლევების უმრავლესობა ამახვილებს ყურადღებას მოკლევადიან შედეგებზე (1-4 კვირის ინტერვალი), მაშინ როდესაც გრძელვადიანი შედეგებისა და რეციდივების მონაცემები მწირია. (Lefaucheur et al., 2017).

1.4. პლაცებო-კონტროლის სირთულეები

ხშირ შემთხვევაში მეთოდოლოგია არ არის დახვეწილი, რაც შეიძლება ორმაგად ბრმა კონტროლის და პლაცებო კონტროლის არასრულფასოვანი ჩატარების მიზეზი გახდეს და გავლენა იქონიოს მეთოდის ეფექტურობის რეალურ შეფასებაზე (Davis et al., 2013).

2. კლინიკური დანერგვის ხარვეზები

2.1. ხელმისაწვდომობა და ინფრასტრუქტურა

ტკივილის მკურნალობისთვის ტმს ფართოდ ხელმისაწვდომი არ არის, რაც დაკავშირებულია აპარატურის სიმძირესთან, ანაზღაურების სისტემის შეზღუდვებთან, სპეციალისტთა ნაკლებობასთან და მოწყობილობების ძირითადად ფსიქიატრიულ სერვისებში კონცენტრაციასთან.

2.2. პროტოკოლების სტანდარტიზაცია და ინტეგრაციის ნაკლებობა ტკივილის მართვის ალგორითმებში

კვლევების ფარგლებს გარეთ ჯერ არ არსებობს უნივერსალური კლინიკური პროტოკოლები ტკივილის სხვადასხვა მდგომარეობების სამკურნალოდ. ტმს იშვიათად არის ინტეგრირებული ტკივილის მკურნალობის მულტიმოდალურ სქემებში (Lefaucheur et al., 2020; Hamid et al., 2019; Mehta et al., 2024).

2.3. ბიომარკერების ნაკლებობა

დღემდე არ არსებობს დამტკიცებული ბიომარკერები, რომლებიც წინასწარ განსაზღვრავენ ტმს-ის გავლენას ქრონიკულ ტკივილზე. პერსპექტიულად ითვლება fMRI-ს და EEG მაჩვენებლების ინტერპრეტაცია (Mackey et al., 2021; Parmigiani et al., 2023), გენეტიკური ფაქტორების გათვალისწინება (Raginis-Zborowska et al., 2019).

2.4. ფსიქოლოგიურ პრობლემებთან ზედდება

პაციენტებში, რომლებსაც აწუხებთ დეპრესია ან შფოთვა, ხშირად (განსაკუთრებით DLPFC სამიზნე უზნად გამოყენებისას) რთულია განისაზღვროს, რამდენად მოქმედებს ტმს უშუალოდ ტკივილზე და რამდენად ემოციურ მოდულაციაზე.

3. კვლევის და ინოვაციის პრიორიტეტები

3.1. პერსონალიზებული პროტოკოლების შემუშავება და გრძელვადიანი შედეგების კვლევები

ტმს-ის მომავალი განვითარება უნდა ეფუძნებოდეს:

- მტკიცებულებებზე დაფუძნებულ და ინდივიდუალურად მორგებულ პროტოკოლებს, რომლებიც ითვალისწინებს პაციენტის კლინიკურ პროფილსა და ნეირობიოლოგიურ მახასიათებლებს.
- ინტეგრაციას მრავალმოდულურ ტკივილის მართვის ალგორითმებში.
- ხელმისაწვდომობისა და მასშტაბირების ზრდას, განსაკუთრებით იმ რეგიონებში, სადაც რესურსები შეზღუდულია.
- საჭიროა მსხვილმასშტაბიანი, მრავალცენტრული რანდომიზებული კვლევების ჩატარება 6-12 თვიანი მონიტორინგით, რათა შეფასდეს შედეგების მდგრადობა და ღირებულება.

3.2. თანამედროვე ტექნოლოგიების დამკვიდრება

- გამოკვლეული უნდა იქნას ტკივილის მართვის პროცესში ადაპტური ტმს-ის გამოყენების შესაძლებლობა, რომელიც რეალურ დროში ახდენს სტიმულაციის სიხშირის, სამიზნე უბნის ან იმპულსების რაოდენობის მოდიფიკაციას EEG-სთან ან რაოდენობრივ სენსორულ ტესტირებასთან (QST) უკუკავშირის საფუძველზე.
- დაჩქარდეს ავტომატური მოდელების დანერგვა კლინიკური და ნეიროფიზიოლოგიური მონაცემების ანალიზისთვის, რათა წინასწარ განისაზღვროს პაციენტის სავარაუდო პასუხი.

შეჯამება და პრაქტიკული რეკომენდაციები

ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაცია (ტმს), წარმოადგენს უსაფრთხო, არაინვაზიურ და მზარდი მტკიცებულებებით გამყარებულ მეთოდს ქრონიკული ტკივილის სხვადასხვა მდგომარეობის მართვისთვის. მიუხედავად იმისა, რომ ტმს მოქმედება არ არის უნივერსალური, ის უზრუნველყოფს კლინიკურად გამოხატულ ეფექტს ტკივილის გამომწვევი სხვადასხვა ნოზოლოგიების მკურნალობის დროს.

1. ძირითადი აღმოჩენების შეჯამება

მოკლე დასკვნები:

- მექანიზმი** ტმს არეგულირებს კორტიკულ აგზნებადობას, აღადგენს დაღმავალ ინჰიბიტორულ კონტროლს და ცვლის ტკივილის ნეიროქსელებს

ეფექტურობა	უმაღლესი მტკიცებულება ნეიროპათიული ტკივილისთვის; ზომიერი – ფიბრომიალგიის, შაკიკის და CRPS მკურნალობაში; ნაკლებად ეფექტურია ზურგის ქრონიკული ტკივილის მკურნალობაში.
პროტოკოლები	ყველაზე მეტად დადასტურებულად მიიჩნევა 10 ჰც მაღალი სიხშირის გტმს, რომელიც მიმართულია ქერქის პირველად მოტორულ (M1) ან ქერქის დორსოლატერალურ პრეფრონტალურ (DLPFC) უბნებზე
უსაფრთხოება	მაღალი ტოლერანტობა; სერიოზული გვერდითი მოვლენები იშვიათია
პაციენტის შერჩევა	სწორი შერჩევა მნიშვნელოვანი ფაქტორია მკურნალობის პროგნოზისთვის; ფსიქიატრიული კომორბიდობა არ წარმოადგენს აბსოლუტურ უკუჩვენებას
დანერგვა	საჭიროებს კვალიფიციურ პერსონალს, ძვირადღირებულ აპარატურას, სტანდარტიზებულ პროტოკოლებს.

2. კლინიკური ალგორითმები ქრონიკული ტკივილის ტიპების მიხედვით

ნეიროპათიული ტკივილი

- სამიზნე უბანი: M1 (კონტრალატერალური მხარე).
- გტმს 10-20 ჰც, 1000-2000 იმპულსი ერთ სესიაზე
- კურსი შეადგენს 10-15 სესიას
- მტკიცებულების ხარისხი: AAN – დონე A, GRADE – მაღალი.

ფიბრომიალგია

- სამიზნე უბნები: გამოიყენება მარცხენა M1 ან DLPFC
- გტმს 10 ჰც, 1500-2000 იმპულსი ერთ სესიაზე
- კურსი შეადგენს 10-20 სესიას
- მტკიცებულების ხარისხი: AAN – დონე B, GRADE – საშუალო.
- DLPFC უბნის სამიზნედ გამოყენება რეკომენდებულია ტკივილის ემოციური და კოგნიტიური კომპონენტების რეგულირებისთვის.

შაკიკი

- მწვავე შაკიკის შემთხვევებში ოქციპიტალურ ზონაზე sTMS ერთჯერადი იმპულსი (1-2 იმპულსი ყოველ შეტევაზე).
- ქრონიკული შაკიკის პროფილაქტიკისთვის გამოიყენება გტმს მარცხენა DLPFC ან/და M1 უბანზე, ტკივილის სიძლიერის გათვალისწინებით. გტმს 10 ჰც, 1500-2000 იმპულსი ერთ სესიაზე

- კურსი შეადგენს 10-15 სესიას
- მტკიცებულების ხარისხი: AAN – დონე B, GRADE – საშუალო.
- DLPFC უბანი ითვლება უკეთეს სამიზნედ შაკიკის პრევენციაში

წელის ქრონიკული ტკივილი

- სამიზნე უბნები: კონტრალატერალური M1 უბნები, კოგნიტურ-ემოციური კომპონენტის გათვალისწინებით.
- გტმს 10 ჰც, 1500-1800 იმპულსი ერთ სესიაზე
- კურსი შეადგენს 10-20 სესიას
- მტკიცებულების ხარისხი: AAN – დონე C, GRADE – დაბალი.
- DLPFC უბნის სამიზნედ გამოყენება რეკომენდებულია ტკივილის ემოციური და კოგნიტური კომპონენტების რეგულირებისთვის.

კომპლექსური რეგიონული ტკივილის სინდრომი (CRPS)

- სამიზნე უბნები: რეკომენდებულია M1. ეფექტი უფრო მაღალია, როდესაც მკურნალობა იწყება ადრეულ სტადიაზე.
- გტმს 10 ჰც, 1000-2000 იმპულსი ერთ სესიაზე
- კურსი შეადგენს 10-20 სესიას
- მტკიცებულების ხარისხი: AAN – დონე B, GRADE – საშუალო.
- DLPFC უბნის სამიზნედ გამოყენება რეკომენდებულია ტკივილის ემოციური და კოგნიტური კომპონენტების რეგულირებისთვის.

3. პრაქტიკული რეკომენდაციები კლინიცისტებისთვის

კლინიკური პრაქტიკაში ტმს-ის ეფექტურობის გასაზრდელად მნიშვნელოვანია პაციენტის სწორად შერჩევა, ოპტიმალური პროტოკოლის განსაზღვრა და მკურნალობის პროცესის სისტემური მონიტორინგი.

ძირითადი რეკომენდაციები

- პაციენტის შეფასება: დეტალურად შეაფასეთ ტკივილის ხანგრძლივობა, ინტენსივობა, მოსვენების მოტორული ზღურბლი (RMT).
- პროტოკოლის არჩევანი: სამიზნე უბნის (M1 ან DLPFC) და სიხშირის შერჩევა უნდა ეფუძნებოდეს ტკივილის ტიპს და პაციენტის პროფილს.
- სესიების ორგანიზება: კლინიკური ეფექტი უმეტესად მიიღწევა 10-20 ყოველდღიური სესიის ფარგლებში (2-4 კვირა).

- მულტიმოდალური ინტეგრაცია: ტმს-ის პარალელურად კოგნიტურ-ბიჰევიორულ თერაპიის (CBT), ფიზიოთერაპიის და ფარმაკოთერაპიის გამოყენება აძლიერებს მკურნალობის ეფექტს.
- მონიტორინგი: მკურნალობის დაწყებამდე და შემდეგ გამოიყენეთ ვალიდირებული სკალები (VAS, NRS, SF-MPQ) ტკივილის, ფუნქციისა და განწყობის შესაფასებლად.
- პაციენტის განათლება: აუხსენით პროცედურის მიმდინარეობა, მოსალოდნელი შეგრძნებები (მაგ., ხმაური, შეხების შეგრძნება) და მოსალოდნელი ეფექტის ეტაპობრივი განვითარება.
- შენარჩუნებითი სესიები: რეკომენდებულია ფიზრომიალგიის, CRPS-ისა და ქრონიკული შაკიკის შემთხვევებში, რეციდივის თავიდან ასაცილებლად.
- ცოდნის განახლება: მუდმივად დაინტერესდით ახალი მტკიცებულებებით, პერსონალიზებული პროტოკოლებითა და ტმს-ის სფეროში მიმდინარე ტექნოლოგიური პროგრესით.

4. მოკლე შეჯამება

ტრანსკრანიული მაგნიტური სტიმულაცია (ტმს) მკვიდრდება, როგორც პერსპექტიული არაინვაზიური ნეირომოდულაციური მეთოდი ქრონიკული ტკივილის მართვაში. ტმს შესაძლოა გახდეს ინტერდისციპლინური ტკივილის მართვის მნიშვნელოვანი კომპონენტი. მისი უსაფრთხოების მაღალი დონე, ეფექტურობის მზარდი მტკიცებულებები და გამოყენების მრავალფეროვნება მნიშვნელოვან პერსპექტივას ქმნის იმ პაციენტებისთვის, რომლებმაც ამოწურეს ტრადიციული მკურნალობის შესაძლებლობები.

მეთოდის ფართო კლინიკური დანერგვა დამოკიდებულია პროტოკოლების სტანდარტიზაციაზე, კვალიფიციური პერსონალის მომზადებაზე, ანაზღაურების სისტემის გაუმჯობესებასა და კვლევის შედეგების ინტეგრაციაზე ყოველდღიურ პრაქტიკაში. მეთოდის სიდრმისეული შესწავლის და პროტოკოლების დახვეწის ფონზე ტმს შეიძლება ჩაითვალოს პერსპექტიულ, მიზანმიმართულ და უსაფრთხო მეთოდად, რომელსაც შეუძლია მნიშვნელოვნად შეამციროს ქრონიკული ტკივილის ტვირთი და გააუმჯობესოს პაციენტის ცხოვრების ხარისხი, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ის ინტეგრირებულია ტკივილის მართვის თანამედროვე, მულტიდისციპლინურ მოდელებში.

ლიტერატურის სია

1. Aceves-Serrano, L., Neva, J. L., & Doudet, D. J. (2022). Insight Into the Effects of Clinical Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on the Brain From Positron Emission Tomography and Magnetic Resonance Imaging Studies: A Narrative Review. *Frontiers in neuroscience*, *16*, 787403. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.787403>
2. Angeline, S., Tiyatiye, B., & Akosile, W. (2025). Transcranial Magnetic Stimulation in Pregnancy: Efficacy, Safety, and Future Implications for Perinatal Mental Health Care. *Brain and behavior*, *15*(2), e70304. <https://doi.org/10.1002/brb3.70304>
3. Borckardt, J. J., Smith, A. R., Reeves, S. T., Weinstein, M., Kozel, F. A., Nahas, Z., Shelley, N., Branham, R. K., Thomas, K. J., & George, M. S. (2007). Fifteen minutes of left prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation acutely increases thermal pain thresholds in healthy adults. *Pain research & management*, *12*(4), 287–290. <https://doi.org/10.1155/2007/741897>
4. Chen, Y., Cha, Y. H., Li, C., Shou, G., Gleghorn, D., Ding, L., & Yuan, H. (2019). Multimodal Imaging of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Effect on Brain Network: A Combined Electroencephalogram and Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Brain connectivity*, *9*(4), 311–321. <https://doi.org/10.1089/brain.2018.0647>
5. Chung, C. L., Mak, M. K., & Wong-Yu, I. S. (2015). Effects of transcranial direct current stimulation on dual-task walking and turning performance in people with Parkinson's disease: A randomized controlled study. *Clinical Rehabilitation*, *29*(9), 865–873. <https://doi.org/10.1177/0269215514564087>
6. Croarkin, P. E., Nakonezny, P. A., Deng, Z. D., et al. (2020). Evidence-based guidelines for the therapeutic use of transcranial magnetic stimulation in pediatric patients with major depressive disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *59*(6), 610–622. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2019.08.480>
7. Dahlhamer, J., Lucas, J., Zelaya, C., et al. (2018). Prevalence of chronic pain and high-impact chronic pain among adults—United States, 2016. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, *67*(36), 1001–1006. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6736a2>
8. Davis, N. J., Gold, E., Pascual-Leone, A., et al. (2013). Challenges of proper placebo control for non-invasive brain stimulation in clinical and experimental applications. *European Journal of Neuroscience*, *38*(7), 2973–2977. <https://doi.org/10.1111/ejn.12307>
9. Domenichiello, A. F., & Ramsden, C. E. (2019). The silent epidemic of chronic pain in older adults. *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry*, *93*, 284–290. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2019.04.006>
10. FDA. (2013). De Novo classification request for Cerena transcranial magnetic stimulator (K130556). U.S. Food and Drug Administration. https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/reviews/k130556.pdf

11. Finnerup, N. B., Kuner, R., & Jensen, T. S. (2021). Neuropathic pain: From mechanisms to treatment. *Physiological Reviews*, 101(1), 259–301.
<https://doi.org/10.1152/physrev.00045.2019>
12. Finan, P. H., Goodin, B. R., & Smith, M. T. (2013). The association of sleep and pain: An update and a path forward. *The Journal of Pain*, 14(12), 1539–1552.
<https://doi.org/10.1016/j.jpain.2013.08.007>
13. Finnerup, N. B., Kuner, R., & Jensen, T. S. (2021). Neuropathic Pain: From Mechanisms to Treatment. *Physiological reviews*, 101(1), 259–301.
<https://doi.org/10.1152/physrev.00045.2019>
14. Fitzgerald, P. B., Fountain, S., & Daskalakis, Z. J. (2006). A comprehensive review of the effects of rTMS on motor cortical excitability and inhibition. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 117(12), 2584–2596. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.06.712>
15. Galhardoni, R., Correia, G. S., Araujo, H., et al. (2015). Repetitive transcranial magnetic stimulation in chronic pain: A review of the literature. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(4), S156–S172. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.11.010>
16. George, M. S., Nahas, Z., Molloy, M., Speer, A. M., Oliver, N. C., Li, X. B., Arana, G. W., Risch, S. C., & Ballenger, J. C. (2000). A controlled trial of daily left prefrontal cortex TMS for treating depression. *Biological psychiatry*, 48(10), 962–970.
[https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(00\)01048-9](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(00)01048-9)
17. George, M. S., Taylor, J. J., & Short, E. B. (2013). The expanding evidence base for rTMS treatment of depression. *Current opinion in psychiatry*, 26(1), 13–18.
<https://doi.org/10.1097/YCO.0b013e32835ab46d>
18. Goldberg, D. S., & McGee, S. J. (2011). Pain as a global public health priority. *BMC Public Health*, 11, 770. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-770>
19. Gour, R., Malhotra, V., Wakode, S., Mudda, S., & Cidral-Filho, F. (2025). Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) as a primary tool for radicular back pain: A case report on improved pain perception, autonomic function, and cognitive potential. *Future Health Journal*, 14, Article FH_14_2025. https://doi.org/10.25259/FH_14_2025
20. Gureje, O., Von Korff, M., Simon, G. E., & Gater, R. (2018). Persistent pain and well-being: A World Health Organization Study in Primary Care. *JAMA*, 280(2), 147–151.
<https://doi.org/10.1001/jama.280.2.147>
21. Hamid, P., Malik, B. H., & Hussain, M. L. (2019). Noninvasive Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) in Chronic Refractory Pain: A Systematic Review. *Cureus*, 11(10), e6019. <https://doi.org/10.7759/cureus.6019>

22. Huang, Y. Z., Edwards, M. J., Rounis, E., et al. (2005). Theta burst stimulation of the human motor cortex. *Neuron*, 45(2), 201–206.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.12.033>
23. Hussein, A. E., Esfahani, D. R., Moissak, G. I., Rzaev, J. A., & Slavin, K. V. (2018). Motor Cortex Stimulation for Deafferentation Pain. *Current pain and headache reports*, 22(6), 45. <https://doi.org/10.1007/s11916-018-0697-1>
24. Irwin, S. L., Qubty, W., Allen, I. E., Patniyot, I., Goadsby, P. J., & Gelfand, A. A. (2018). Transcranial Magnetic Stimulation for Migraine Prevention in Adolescents: A Pilot Open-Label Study. *Headache*, 58(5), 724–731. <https://doi.org/10.1111/head.13284>
25. Keel, J. C., Smith, M. J., & Wassermann, E. M. (2001). A safety screening questionnaire for transcranial magnetic stimulation. *Clinical Neurophysiology*, 112(4), 720.
[https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(00\)00518-6](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(00)00518-6)
26. Khedr, E. M., Etraby, A. E., Hemeda, M., Nasef, A. M., & Razek, A. A. (2010). Long-term effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function recovery after acute ischemic stroke. *Acta neurologica Scandinavica*, 121(1), 30–37.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.2009.01195.x>
27. Kim, D., Chae, Y., Park, H. J., & Lee, I. S. (2021). Effects of chronic pain treatment on altered functional and metabolic activities in the brain: A systematic review and meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Frontiers in Neuroscience*, 15, Article 684926. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.684926>
28. Lefaucheur, J. P., André-Obadia, N., Antal, A., Ayache, S. S., Baeken, C., Benninger, D. H., ... & Garcia-Larrea, L. (2014). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clinical Neurophysiology*, 125(11), 2150–2206. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.05.021>
29. Lefaucheur, J. P., Antal, A., Ayache, S. S., Benninger, D. H., Brunelin, J., Cogiamanian, F., Cotelli, M., De Ridder, D., Ferrucci, R., Langguth, B., Marangolo, P., Mylius, V., Nitsche, M. A., Padberg, F., Palm, U., Poulet, E., Priori, A., Rossi, S., Schecklmann, M., Vanneste, S., ... Paulus, W. (2017). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 128(1), 56–92.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.10.087>
30. Lefaucheur, J. P., Aleman, A., Baeken, C., et al. (2020). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018). *Clinical Neurophysiology*, 131(2), 474–528.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.002>
31. Leung, A., Shirvalkar, P., Chen, R., Kuluva, J., Vaninetti, M., Bermudes, R., Poree, L., Wassermann, E. M., Kopell, B., Levy, R., & and the Expert Consensus Panel (2020).

Transcranial Magnetic Stimulation for Pain, Headache, and Comorbid Depression: INS-NANS Expert Consensus Panel Review and Recommendation. *Neuromodulation : journal of the International Neuromodulation Society*, 23(3), 267–290.

<https://doi.org/10.1111/ner.13094>

32. Liu, Y., Miao, R., Zou, H., Hu, Q., Yin, S., & Zhu, F. (2024). Repetitive transcranial magnetic stimulation in central post-stroke pain: A meta-analysis and systematic review of randomized controlled trials. *Frontiers in Neuroscience*, 18, Article 13 676 49. <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1367649>
33. Ma, Z., Pan, H., Bi, R. *et al.* Systematic review of repetitive transcranial magnetic stimulation for post-stroke hemiplegic shoulder pain. *Neurol Sci* 46, 2007–2017 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10072-024-07961-3>
34. Mackey, S., Greely, H. T., & Martucci, K. T. (2021). Neuroimaging-based pain biomarkers: Definitions, clinical and research applications, and evaluation frameworks to achieve personalized pain medicine. *Pain*, 162(Suppl 1), S48–S59. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002269>
35. Mehta, D. D., Praecht, A., Ward, H. B., Sanches, M., Sorkhou, M., Tang, V. M., Steele, V. R., Hanlon, C. A., & George, T. P. (2024). A systematic review and meta-analysis of neuromodulation therapies for substance use disorders. *Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 49(4), 649–680. <https://doi.org/10.1038/s41386-023-01776-0>
36. Misra, U. K., Kalita, J., & Bhoi, S. K. (2013). High-rate repetitive transcranial magnetic stimulation in migraine prophylaxis: a randomized, placebo-controlled study. *Journal of neurology*, 260(11), 2793–2801. <https://doi.org/10.1007/s00415-013-7072-2>
37. Miuli, A., Pettorruso, M., Stefanelli, G., Giovannetti, G., Cavallotto, C., Susini, O., Pasino, A., Bubbico, G., De Risio, L., Di Petta, G., Sensi, S. L., D'Antonio, F., & Martinotti, G. (2023). Beyond the efficacy of transcranial magnetic stimulation in peripartum depression: A systematic review exploring perinatal safety for newborns. *Psychiatry Research*, 326, 115251. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2023.115251>
38. Nardone, R., Tezzon, F., Höller, Y., Golaszewski, S., Trinkka, E., & Brigo, F. (2014). Transcranial magnetic stimulation (TMS)/repetitive TMS in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Acta neurologica Scandinavica*, 129(6), 351–366. <https://doi.org/10.1111/ane.12223>
39. O'Connell, N. E., Marston, L., Spencer, S., et al. (2018). Non-invasive brain stimulation techniques for chronic pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3), CD008208. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008208.pub3>
40. Parmigiani, S., Ross, J. M., Cline, C. C., Minasi, C. B., Gogulski, J., & Keller, C. J. (2023). Reliability and Validity of Transcranial Magnetic Stimulation-Electroencephalography

- Biomarkers. *Biological psychiatry. Cognitive neuroscience and neuroimaging*, 8(8), 805–814. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2022.12.005>
41. Raginis-Zborowska, A., Cheng, I., Pendleton, N., Payton, A., Ollier, W., Michou, E., & Hamdy, S. (2019). Genetic influences on the variability of response to repetitive transcranial magnetic stimulation in the human pharyngeal motor cortex. *Neurogastroenterology & Motility*, 31(7), e13612. <https://doi.org/10.1111/nmo.13612>
 42. Ramírez-Maestre, C., Reyes-Pérez, Á., Esteve, R., López-Martínez, A. E., Bernardes, S., & Jensen, M. P. (2020). Opioid Pain Medication Prescription for Chronic Pain in Primary Care Centers: The Roles of Pain Acceptance, Pain Intensity, Depressive Symptoms, Pain Catastrophizing, Sex, and Age. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6428. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176428>
 43. Rossi, S., Hallett, M., Rossini, P. M., & Pascual-Leone, A. (2009). Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research. *Clinical Neurophysiology*, 120(12), 2008–2039. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.08.016>
 44. Schabrun, S. M., & Chipchase, L. S. (2012). Priming the brain to learn: the future of therapy?. *Manual therapy*, 17(2), 184–186. <https://doi.org/10.1016/j.math.2011.12.001>
 45. Scholz, J., Finnerup, N. B., Attal, N., et al. (2019). The IASP classification of chronic pain for ICD-11: Chronic neuropathic pain. *Pain*, 160(1), 53–59. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001365>
 46. Short, B. E., Borckardt, J. J., Anderson, B. S., Frohman, H., Beam, W., Reeves, S. T., & George, M. S. (2011). Ten sessions of adjunctive left prefrontal rTMS significantly reduces fibromyalgia pain: a randomized, controlled pilot study. *Pain*, 152(11), 2477–2484. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2011.05.033>
 47. Su, Y.-C., Guo, Y.-H., Hsieh, P.-C., & Lin, Y.-C. (2021). Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation in fibromyalgia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Clinical Medicine*, 10(20), 4669. <https://doi.org/10.3390/jcm10204669>
 48. Thibaut, M., Mussigmann, B., Bardel, B., & Lefaucheur, J.-P. (2025). Expectations related to the use of theta burst stimulation protocols for pain relief: A systematic review. *Clinical Neurophysiology*, 176, 2110768. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2025.2110768>
 49. Turk, D. C., Wilson, H. D., & Cahana, A. (2011). Treatment of chronic non-cancer pain. *The Lancet*, 377(9784), 2226–2235. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60402-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60402-9)