

Unité d'évaluation des technologies et
des modes d'intervention en santé (UETMIS)

Centre hospitalier de l'Université de Montréal

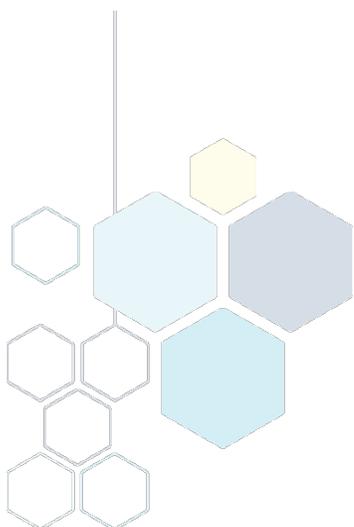
**LA STIMULATION MAGNÉTIQUE
TRANSCRÂNIENNE RÉPÉTITIVE
DANS LA GESTION DE LA DOULEUR CHRONIQUE**

Données actuelles

Préparé par

Raouf Hassen-Khodja

Alfons Pomp



Septembre 2021

Le contenu de cette publication a été rédigé et édité par l'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM). Ce document est également offert en format PDF sur le site Web du CHUM.

Auteurs : Raouf Hassen-Khodja, M.D., M. Sc.
Alfons Pomp, M.D., FRCSC, FACS

Pour se renseigner sur cette publication ou sur toute autre activité de l'UETMIS, s'adresser à :

Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS)
Centre hospitalier de l'Université de Montréal
Bureau B06.8057
1050, rue Saint-Denis
Montréal (Québec) H2X 3J3
Téléphone : 514 890-8000, poste 36132
Télécopieur : 514 412-7460
Courriel : detmis.chum@ssss.gouv.qc.ca

Comment citer ce document :

« Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS), Centre hospitalier de l'Université de Montréal. *La stimulation magnétique transcrânienne répétitive dans la gestion de la douleur chronique. Données actuelles.* Préparé par Raouf Hassen-Khodja et Alfons Pomp. Septembre 2021 ».

ISBN 978-2-89528-146-7

La reproduction totale ou partielle de ce document est autorisée à condition que la source soit mentionnée.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	3
MISSION.....	5
REMERCIEMENTS	6
RÉSUMÉ	7
SUMMARY	8
GLOSSAIRE.....	9
ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES	10
1 INTRODUCTION.....	11
2 RAPPEL	11
2.1 Traitements non médicamenteux.....	12
2.2 Stimulation magnétique transcrânienne	12
3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	13
3.1 Stratégie de recherche et critères de sélection.....	13
3.1.1 Stratégies de recherche	13
3.1.2 Limites et risque de biais dans les études incluses	14
4 RÉSULTATS	14
4.1 Études sélectionnées.....	14
4.2 Résultats de quelques études.....	14
4.2.1 Douleurs neuropathiques	14
4.2.2 Douleurs lors de crises migraineuses	16
4.2.3 Douleurs de la fibromyalgie.....	17
4.2.4 Autres études	17
4.3 Recommandations et lignes directrices.....	18
5 DISCUSSION ET CONCLUSION	20
6 BIBLIOGRAPHIE	20
ANNEXE A - STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE SELON LES BASES DE DONNÉES CONSIDÉRÉES.....	27
ANNEXE B - PROCESSUS DE SÉLECTION DES ÉTUDES	28
ANNEXE C - ÉTUDES EXCLUES	29
ANNEXE D - ÉTUDES INCLUSES.....	38

Liste des tableaux

Tableau 1 - Utilisation de la SMTr dans les douleurs neuropathiques.....	38
Tableau 2 - Études sur de l'utilisation de la SMTr dans les céphalées et les crises migraineuses.....	49
Tableau 3 - Études sur l'utilisation de la SMTr dans la fibromyalgie.....	53

Tableau 4 – Études sur l'utilisation de la SMTr dans les douleurs orofaciales.....	55
Tableau 5 – Études sur l'utilisation de la SMTr dans les douleurs du membre fantôme.....	56
Tableau 6 – Études sur deux autres conditions cliniques d'utilisation de SMTr.....	57
Tableau 7 – Études sur les lignes directrices et les guides de pratique de la SMTr en clinique.....	59

MISSION

L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) a pour mission de conseiller les décideurs du CHUM dans leurs choix de technologies et de modes d'intervention en santé, en basant sa méthodologie sur les données probantes, les pratiques les plus efficaces dans le domaine de la santé et l'état des connaissances actuelles. En outre, en conformité avec la mission universitaire du CHUM, elle travaille à diffuser les connaissances acquises au cours de ses évaluations, tant au sein de la communauté du CHUM qu'à l'extérieur, contribuant ainsi à l'implantation d'une culture d'évaluation et d'innovation.

En plus de s'associer aux médecins, aux pharmaciens, aux membres du personnel infirmier et aux autres professionnels du CHUM, l'UETMIS travaille de concert avec la communauté de pratique. Cette dernière est composée des unités d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé des autres centres hospitaliers universitaires, de l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS) ainsi que du Réseau universitaire intégré de santé de l'Université de Montréal (RUIS de l'UdeM).

L'UETMIS participe également au processus permanent d'amélioration continue de la performance clinique. Elle travaille de concert avec l'équipe de la gestion de l'information à élaborer des tableaux de bord permettant une évaluation critique et évolutive des secteurs d'activités cliniques. L'UETMIS propose des pistes de solution contribuant à accroître la performance clinique par une analyse des données probantes et des lignes directrices cliniques, de même que des pratiques exemplaires. Cette démarche est réalisée en collaboration avec les gestionnaires (administratifs et cliniques).

REMERCIEMENTS

L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) tient à remercier l'ensemble de collaborateurs dans la finalisation de ce rapport.

L'UETMIS exprime aussi sa reconnaissance envers M^{me} Duy-Ha Ta, agente administrative, qui a collaboré à l'élaboration finale de ce rapport.

Divulgence de conflit d'intérêts

Aucun conflit à signaler.

RÉSUMÉ

Les douleurs chroniques sont considérées comme une problématique importante de santé publique en raison de sa prévalence et de l'efficacité relative des traitements disponibles. Les conséquences de la douleur chronique sur l'individu et sur son entourage sont nombreuses et ont un impact important sur la qualité de vie, la santé mentale, l'activité domestique et professionnelle, et l'utilisation croissante des services de soins de santé. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a récemment reconnu la douleur chronique comme une maladie à part entière, ce qui a entraîné la révision de la plus récente version de la Classification internationale des maladies (CIM-11). La douleur chronique est parfois résistante aux traitements habituels et on considère que seulement un tiers des patients sont soulagés de plus de 50 % de leur douleur par une approche pharmacologique.

Les objectifs de cette note informative étaient d'évaluer l'efficacité de la stimulation magnétique transcrânienne répétitive dans le soulagement de la douleur chronique pharmacorésistante et la pertinence de son intégration dans l'offre de services de la Clinique de la douleur du Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM).

En conclusion de notre analyse et, à partir des données disponibles, on constate que la stimulation magnétique transcrânienne répétitive pourrait être considérée comme un traitement alternatif pour certaines douleurs neuropathiques chroniques pharmacorésistantes. Cependant, compte tenu des indications ciblées et des divers mécanismes physiopathologiques, de nouvelles études randomisées, contrôlées avec un plus grand nombre de patients, s'avèrent nécessaires. Pour la Clinique de la douleur du CHUM, proposer une stimulation magnétique transcrânienne répétitive aux patients souffrant de douleurs chroniques spécifiques réfractaires aux traitements traditionnels peut être considéré comme une option sécuritaire, car non invasive, nécessitant un cadre spécifique d'utilisation. Il serait essentiel de préciser le profil approprié des patients, les paramètres optimaux de la stimulation, la durée et la nécessité ou non de séances d'entretien. Une étude de recherche ad hoc sur le sujet pourrait aider la pertinence et évaluer les besoins du CHUM dans ce domaine.

SUMMARY

Chronic, non-malignant pain is an important public health concern because of its significant prevalence and mitigated response to conventional therapy. The consequences of chronic pain on quality of life, mental health and the financial burden to society related to work absence as well as health care utilization should make the management of this disease a priority for researchers, clinicians and governments. The World Health Organization has recognized chronic pain as a disease entity. Symptom management is paramount in this illness as there is often no recognizable cause that explains pain in spite of extensive investigation. Less than one third of patients are relieved of 50 % of their pain with current pharmacological treatments; and as the incidence of prescription opioid misuse increases it is important that alternative modalities of treatment be investigated.

The object of this report is to evaluate repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in the management of pharmaco-resistant chronic pain and its pertinence as an adjunct in the treatment of chronic pain at the Clinique de la douleur (Pain Management Clinic) at Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM).

When evidence-based data is analyzed we can conclude that the use of rTMS should be considered in the treatment of certain chronic neuropathies that are resistant to established medical therapy. There is a need for further randomized controlled trials with more sizeable groups of patients as our current understanding of pathophysiological mechanisms of this type of therapy needs further elucidation. The targeted brain areas, the duration and repeated frequency of therapy described in current studies is highly variable and needs standardization. It appears this non-invasive treatment is not associated with any published adverse effects. The creation of research projects to help evaluate the pertinence of this therapy may be considered at the CHUM.

GLOSSAIRE

Algoneurodystrophie ou algodystrophie ou « syndrome douloureux régional complexe » (SDRC) : Il regroupe une variété de présentations cliniques chez les patients souffrant d'une douleur chronique persistante qui est disproportionnée au traumatisme ou à la lésion précédant la douleur et qui ne se limite pas à un territoire nerveux ou à un dermatome spécifique¹. Il existe deux types de syndrome douloureux régional complexe. Le type 1, ou dystrophie sympathique réflexe, est dû à une lésion de tissus autres que le tissu nerveux (os et tissus mous comme des ligaments et des tendons), mais aussi suite à une amputation, une crise cardiaque, un accident vasculaire cérébral ou un cancer. Le type 2 est dû à une lésion nerveuse. Parfois, il n'y a pas de cause évidente.

Douleur du membre fantôme : Sensation douloureuse perçue dans un membre après son amputation.

Douleur neuropathique : Douleur due à une lésion du système nerveux central ou périphérique.

Douleur nociceptive : La douleur nociceptive est causée par une réponse des récepteurs à la douleur ou nocicepteurs (terminaisons nerveuses, extrémités d'axones dépourvues de myéline) à une lésion ou à une inflammation de tissus (p. ex., muscles, articulations).

Fibromyalgie : Affection caractérisée par des points musculaires douloureux chroniques (myalgie) qui s'associent à de la fatigue, à une altération de la qualité de vie et, dans certains cas, à un état dépressif.

Sclérose en plaques : La sclérose en plaques est une maladie auto-immune qui affecte le système nerveux central. Une dysfonction du système immunitaire y entraîne des lésions (au niveau des plaques de myéline) qui provoquent des perturbations (ou des blocages de la transmission du message dans les nerfs) motrices, sensibles, cognitives, visuelles ou encore sphinctériennes.

Spasticité : C'est un symptôme qui apparaît chez les personnes ayant une lésion cérébrale ou médullaire. Il entraîne une tension exagérée du muscle en l'absence de contraction volontaire, provoquant une crispation et une rigidité.

Syndrome de douleur myofasciale ou douleur myofasciale : Il fait référence à des points musculaires douloureux à la palpation. Généralement, ces points se retrouvent dans une même région du corps (p. ex., épaule) et peuvent s'associer à des spasmes musculaires aussi appelés des « points gâchettes ».

Zona : Maladie infectieuse causée par la réactivation du virus de la varicelle caractérisée par l'apparition de boutons sur une région de peau et par des douleurs aiguës.

¹ Ministère de la Santé et des Services sociaux. Algorithme de prise en charge interdisciplinaire du syndrome de douleur régional complexe (SDRC) <http://intranetreseau.rtss.qc.ca> ou www.msss.gouv.qc.ca section Documentation, rubrique Publications Bruehl HD : An update on the pathophysiology of complex regional pain syndrome. *Anesthesiology* 2010;113(3):713-725.

ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

AVC	Accident vasculaire cérébral
CES	Cranial electrotherapy stimulation
cTBS	Continuous theta-burst stimulation
DLPFC	Dorsolateral prefrontal cortex
DNC	Douleur neuropathique centrale
ESCNIR	Électrostimulation corticale non invasive d'impédance réduite (RINCE)
GRADE	Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation
HAS	Haute Autorité de la Santé
iTBS	Intermittent theta-burst stimulation
LF-rTMS	Low-frequency rTMS
LME	Lésion de la moelle épinière
M1	Aire motrice primaire
NICE	National Institute of Clinical Excellence
QALY	Quality adjusted life year
tDCS	Transcranial direct current stimulation
RINCE	Reduced impedance non-invasive cortical electrostimulation
rTMS	Repetitive transcranial magnetic stimulation
SDRC	Syndrome de douleur régionale complexe
SMA	Seuil moteur actif
SMR	Seuil moteur de repos
SMT	Stimulation magnétique transcrânienne
TBS	Theta-burst stimulation
tDCS	Transcranial direct current stimulation
TMS	Transcranial magnetic stimulation
tRNS	Random noise stimulation

1 INTRODUCTION

Les douleurs chroniques sont considérées comme une problématique importante de santé publique en raison de sa prévalence et de l'efficacité relative des traitements disponibles. En effet, on estime qu'un Canadien sur cinq souffre de douleur chronique [60] et que 50 % vivent avec une douleur chronique depuis plus de dix ans [5]. Les conséquences de la douleur chronique sur l'individu et sur son entourage sont nombreuses et ont un impact important sur la qualité de vie, la santé mentale, l'activité domestique et professionnelle, et l'utilisation croissante des services de soins de santé [9; 15; 52; 54]. La douleur chronique est parfois résistante aux traitements habituels et on considère que seulement un tiers des patients sont soulagés plus de 50 % de leur douleur par une approche pharmacologique [6]. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a récemment reconnu la douleur chronique comme une maladie à part entière, ce qui a entraîné la révision de la plus récente version de la Classification internationale des maladies (CIM-11).

Les études actuelles se limitent en général à des types de douleur spécifiques qui comparent rarement des interventions uniques entre elles ou des interventions combinées [9; 40] et portent généralement sur un suivi à court terme. Les preuves présentées sont le plus souvent de faible qualité et les résultats publiés sont parfois contradictoires.

Il existe de nombreuses lignes directrices fondées sur des données probantes ou des guides de pratiques cliniques sur la douleur chronique. Néanmoins, les stimulations transcrâniennes non invasives étaient rarement étudiées [12; 36; 62; 63].

Au Québec, plusieurs algorithmes de prise en charge de la douleur chronique ont été publiés ou sont en cours d'élaboration sur le site Web du ministère de la Santé et des Services sociaux [40]. Ces algorithmes concernent la gestion de la douleur lombaire, de la douleur neuropathique, de la fibromyalgie et du syndrome régional complexe de la douleur, etc.

Les progrès technologiques ont vu l'avènement de nouvelles approches dans le domaine de la gestion de la douleur chronique. Bien qu'il n'existe peu ou pas de lignes directrices publiées sur la stimulation magnétique transcrânienne (SMT), son utilisation pratique continue de progresser.

Les objectifs de cette analyse sont d'évaluer l'efficacité de la SMT répétitive dans le soulagement de la douleur chronique pharmacorésistante et de comparer les résultats obtenus aux traitements actuellement disponibles.

Requête

Dans le cadre de sa mission et de ses offres de traitement tertiaire de la douleur chronique, la Clinique de la douleur du Centre hospitalier universitaire de Montréal (CHUM) a demandé à l'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du CHUM d'évaluer l'efficacité et l'innocuité du dispositif de stimulation magnétique transcrânienne dans la gestion de la douleur chronique.

2 RAPPEL

La douleur serait à l'origine de près des deux tiers des consultations médicales, c'est pourquoi elle est l'objet de nombreuses études, aussi bien expérimentales que cliniques. Selon la définition officielle de l'Association internationale pour l'étude de la douleur (IASP), « la douleur est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire ». En fonction de leur durée, on distingue deux catégories de douleurs : aiguës ou chroniques. La douleur aiguë est intense et le plus souvent brève alors que la douleur chronique (ou pathologique) persiste plus de trois mois ou est récurrente et apparaît au moins trois fois en trois mois (p. ex., les migraines et les douleurs associées à des lésions nerveuses).

La douleur chronique peut parfois exister sans cause connue : elle est dite idiopathique. Près de 30 % de la population est victime de douleurs chroniques. Plus difficile à traiter que la douleur aiguë, la douleur chronique nécessite souvent une approche multimodale : pharmacologique, physique et psychologique. La douleur chronique peut être nociceptive (p. ex., l'arthrite), neuropathique (p. ex., la douleur du membre fantôme) ou mixte. Les mécanismes physiologiques de la douleur peuvent être d'origine inflammatoire, neuropathique (suite à des atteintes du système nerveux central et périphérique) ou mixte. Dans certains cas, comme dans la fibromyalgie, aucune lésion inflammatoire ou neurologique ne peut être identifiée. Les mécanismes de ces douleurs sont encore mal connus. Les douleurs chroniques sont souvent associées à une altération de la qualité de vie et à une augmentation de l'utilisation des services de soins en santé et un impact socio-économique élevé.

2.1 Traitements non médicamenteux

De nombreuses approches non médicamenteuses ont pris une place importante dans les centres antidouleur, soit pour diminuer les prises médicamenteuses ou pour traiter les douleurs chroniques pharmacorésistantes. Parmi celles-ci, la stimulation électrique centrale ou périphérique ou médullaire a été utilisée depuis de nombreuses années comme chez des patients atteints de radiculopathies². La compréhension des mécanismes de la neuromodulation et l'avènement des différents types de stimulation cérébrale non invasive figurent parmi les nouvelles options thérapeutiques pour certaines maladies neurologiques. La stimulation magnétique transcrânienne a été développée en alternative aux stimulations électriques centrales, parfois efficaces, mais nécessitant l'implantation d'électrodes dans le cerveau. La SMT est un traitement non invasif dont les effets indésirables sont théoriquement moindres et qui pourrait contribuer à la réduction de la douleur neuropathique chronique [31].

2.2 Stimulation magnétique transcrânienne

C'est une technique qui permet de stimuler le cerveau sans douleur en induisant un champ magnétique généré par un courant qui circule à travers une bobine de fil de cuivre placée sur la tête d'un patient ce qui permettrait de modifier les transmissions nerveuses dans les zones de contrôle de la douleur.

La SMT utilise des dispositifs contenant des bobines électromagnétiques qui créent des impulsions magnétiques à proximité immédiate du crâne d'un patient. La SMT transmise sous forme de trains répétitifs de stimulation (SMTr), peut activer, inhiber ou interférer d'une autre manière avec l'activité des réseaux corticaux neuronaux, en fonction de la fréquence et de l'intensité du stimulus et de la configuration du champ électrique induit par le cerveau. Ainsi, en modifiant les fonctions cérébrales, la SMTr pourrait avoir un intérêt thérapeutique, notamment dans les syndromes de douleur chronique.

Des dispositifs de stimulation magnétique sont offerts par plusieurs fabricants : Magstim, Nextim, BrainsWay Ltd, Rogue Resolutions, MAG & More GmbH, etc. Les caractéristiques des bobines comprennent la forme, la taille et le nombre de tours d'enroulement, lesquels déterminent la force du champ magnétique induit ainsi que sa largeur d'impulsion (par l'induction de la bobine)³.

Plusieurs types de protocoles thérapeutiques ont été développés et induisent différents effets selon le nombre, la fréquence, les trains d'impulsions et l'intervalle entre les stimulations. Parmi ces protocoles on retrouve : la stimulation magnétique transcrânienne standard avec une impulsion unique est appliquée à des intervalles définis et la stimulation magnétique transcrânienne répétitive⁴; Les traitements de la SMTr peuvent être de type haute ou basse fréquence, ciblant le cortex préfrontal dorsolatéral gauche ou droit ou bilatéral; la stimulation magnétique transcrânienne profonde; la stimulation magnétique transcrânienne synchronisée; la stimulation Theta-burst (rafales de trois impulsions à une fréquence élevée appliquées toutes 200 millisecondes); etc.

² La technique consiste à implanter des électrodes le long de la dure-mère, une membrane qui entoure la moelle épinière.

³ La longueur du champ E est réglable par l'amplitude du courant de la bobine.

⁴ Application des impulsions électromagnétiques répétées au niveau du cortex préfrontal dorsolatéral.

3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

3.1 Stratégie de recherche et critères de sélection

Pour identifier les études à inclure dans cette note informative sur les effets de la SMTr dans le soulagement de la douleur chronique, une recherche documentaire limitée a été menée dans les bases de données électroniques suivantes : le registre central Cochrane des essais contrôlés (CENTRAL); MEDLINE, Embase, PsycINFO (par OVID); CINAHL (par EBSCO); LILACS⁵; PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Reviews) du UK NHS Centre for Reviews and Dissemination (CRD, University of York, National Institute for Health Research). Pour cette recherche, nous avons effectué des recherches sur ClinicalTrials.gov (clinicaltrials.gov) et la plateforme internationale d'enregistrement des essais cliniques de l'Organisation mondiale de la santé⁶ jusqu'en mai 2021 pour identifier les recherches en cours et les recherches non publiées.

Les mots-clés utilisés ont été les suivants : *brain, magnetic stimulation, transcranial magnetic stimulation (TMS)*. On a croisé ces mots-clés avec le terme *pain*.

La recherche a tenté d'identifier toutes les études pertinentes, quelle que soit la langue. Nous avons évalué les articles non anglophones et, si nécessaire, les avons traduits. Nous avons complété notre recherche sur Google Scholar et Scopus, et les sites de la littérature grise afin d'identifier les études de synthèse, les rapports et les lignes directrices d'agences d'évaluation en santé (ETMIS), et les guides de pratique clinique disponibles.

3.1.1 Stratégies de recherche

Les critères de prise en compte des études pour cette note informative sont :

Limites temporelles : Notre recherche s'est limitée aux publications effectuées de janvier 2016 au 31 mai 2021

Types d'études : Toutes les études contrôlées randomisées pertinentes sur la stimulation magnétique transcrânienne (SMT) dans le traitement de la douleur. Les études non randomisées étaient également éligibles.

Population étudiée : Les populations étudiées concernent les personnes adultes souffrant de douleurs chroniques diagnostiquées et déjà traitées.

Les études dont l'échantillon populationnel étudié était inférieur à 30 patients n'ont pas été prises en considération dans notre analyse.

Types Interventions : Tous les protocoles de SMT quel que soit la fréquence (basse ou haute).

Comparateurs : Stimulations cérébrales non invasives; SMT simulée et toute autre pharmacothérapie.

Indicateurs et résultats :

- Résultats principaux : Efficacité : soulagement de la douleur déterminée à partir d'échelles et de questionnaires.
- Résultats secondaires : Qualité de vie et fonctionnalité.

Nous avons effectué des recherches dans les références bibliographiques de toutes les études éligibles et des revues systématiques précédentes pour identifier d'autres articles pertinents. Les articles de synthèse et les commentaires ont été exclus de notre note, mais les résumés analytiques et les articles pertinents ont été examinés pour vérifier certaines données ou répertorier d'autres études non mentionnées. Les études dont les résultats sont incomplets ont été considérées en fonction des renseignements additionnels qu'elles apportaient à cette note.

⁵ <https://lilacs.bvsalud.org/en/>

⁶ www.who.int/ictrp/en/

3.1.2 Limites et risque de biais dans les études incluses

Après avoir appliqué les critères d'inclusion et d'exclusion, nous avons effectué une vérification des informations critiques sur les études sélectionnées, la nature du devis et la sélection des populations étudiées, etc. La stratégie de recherche utilisée est rapportée dans les annexes A et B.

4 RÉSULTATS

Nous avons examiné les titres et les résumés identifiés dans la stratégie de recherche documentaire. Les articles en texte intégral récupérés qui satisfaisaient ensuite aux critères de sélection présentés en annexes ont été inclus dans la sélection finale de ce rapport. Les forces et les limites des études ont été décrites de manière narrative.

Nous avons inclus les études qui répondaient à certains critères relatifs au type d'indication, à la méthodologie et au nombre de participants suivis.

Nous les avons examinés par leurs titres et leurs résumés, et avons identifié 219 études, dont 133 étaient éligibles pour notre analyse. Ces publications ont été lues dans leur intégralité et 95 d'entre elles ne répondaient pas entièrement à nos critères d'inclusion. Au total, 38 études ont été incluses, dont une revue Cochrane et deux révisions de lignes directrices. Voir les caractéristiques complètes des études en annexes des études incluses.

En résumé, il existe de nombreux rapports d'études portant sur l'efficacité de la stimulation magnétique transcrânienne, mais les résultats obtenus lors de son utilisation dans le soulagement de la douleur chronique restent controversés.

4.1 Études sélectionnées

Au total, notre recherche bibliographique a identifié 219 études (ECR, revues systématiques ou séries de cas) qui répondaient aux critères de sélection. La comparaison des résultats des différents moteurs de recherche (PubMed et Ovid®) et l'analyse des résumés et autres études d'intérêt nous ont permis de sélectionner 40 études. En raison de l'objectif de la requête et des résultats publiés, nous avons opté pour une publication qui recensait les données actuelles de l'utilisation de la SMTr dans le soulagement de la douleur chronique pharmaco-résistante.

Cette recherche nous a permis de cibler les indications des stimulations transcrâniennes non invasives les plus fréquemment étudiées.

4.2 Résultats de quelques études

Cette recherche nous a permis de cibler quelques-unes des indications les plus fréquentes de la stimulation magnétique transcrânienne répétitive les plus étudiées depuis les cinq dernières années. Parmi ces dernières, nous retrouvons les douleurs neuropathiques, les douleurs lors de crises migraineuses, les douleurs de la fibromyalgie, les douleurs du membre fantôme, etc.

4.2.1 Douleurs neuropathiques

Les douleurs neuropathiques (DN) sont classées comme étant centrales ou périphériques en fonction de leur localisation anatomique, de la nature de la lésion ou de la maladie. La DN centrale (DNC) est due à une lésion ou à une maladie de la moelle épinière et/ou du cerveau, dont les causes les plus fréquentes (ou typiques) sont les accidents vasculaires cérébraux et les lésions de la moelle épinière, mais aussi les lésions nerveuses et les neuropathies diabétiques. D'autres DN moins fréquentes et plus spécifiques sont observées comme certaines douleurs faciales, la douleur du membre fantôme, les douleurs cancéreuses, etc.

La plupart des affections douloureuses neuropathiques sont réfractaires aux thérapies pharmacologiques [6]. La stimulation magnétique répétitive du système nerveux central et périphérique fait partie des traitements qui ont gagné de l'intérêt en tant qu'approche non invasive comme instrument de neuromodulation et par rapport à son impact potentiel sur le soulagement de la douleur.

■ Études uniques

Cinq ECR [4;5;18;24;50] et une étude observationnelle [51] rapportent les données lors de l'utilisation de la SMT dans le cas de DN. Une étude a été effectuée sur des patients atteints d'une radiculopathie lombo-sacrée [5] et deux autres chez des patients souffrant de DN centrale après un AVC ou une LME [18; 50]. Les résultats obtenus montrent une réduction de l'intensité de la douleur, en particulier pour la SMTr. Cependant un suivi à long terme est nécessaire pour conforter ces résultats.

Les résultats de l'étude observationnelle de Quesada et collaborateurs effectuée en 2018 [51] sur 71 patients souffrant de DNC pharmacorésistante et ceux de l'ECR réalisée en 2020 [50] sur 36 malades confirment que de multiples séances de SMTr sont à la fois sûres et potentiellement efficaces. Les auteurs ont conclu qu'un protocole thérapeutique incluant la SMTr à haute fréquence appliquée au niveau du cortex moteur primaire (M1) dans le traitement de la douleur chronique pharmacorésistante est efficace.

■ Revues systématiques

De nombreuses revues systématiques ont évalué l'efficacité et la spécificité de différents protocoles de stimulation cérébrale non invasive, en particulier la SMTr pour contrôler la douleur neuropathique dans les populations cliniques, et ont étudié le potentiel d'améliorer l'applicabilité thérapeutique de cette technique.

Dans une revue narrative publiée à partir des résultats de 106 études, Yang et collaborateurs présentent une évaluation de l'utilisation de la SMTr dans diverses conditions de douleurs. Les auteurs concluent que, bien que les données sur l'utilisation de la SMTr étaient prometteuses, pour diverses douleurs (les douleurs orofaciales, la névralgie du trijumeau, la douleur du membre fantôme, la lombalgie, le syndrome de douleur myofasciale, la douleur pelvienne et le syndrome douloureux régional complexe), les preuves étaient insuffisantes pour déterminer l'efficacité de la SMTr pour ces conditions [65] et que des études supplémentaires sont nécessaires pour valider ces résultats. Néanmoins, les auteurs pensent que les résultats présentés peuvent aider les cliniciens à prendre des décisions éclairées pour savoir si la SMTr est une option appropriée pour la gestion de leur cas clinique.

Kumru et collaborateurs ont présenté les résultats d'une revue systématique à partir de 39 études publiées avant 2015 [28]. Les auteurs ont conclu que la SMTr administrée en M1 à l'aide de protocoles de stimulation à haute fréquence peut réduire efficacement la douleur neuropathique, en particulier chez les personnes souffrant de douleurs liées à des lésions non cérébrales. Les auteurs ont noté que la répétition de plusieurs séances peut entraîner une modulation de la douleur de longue durée et des effets cumulatifs.

À partir de 12 ECR regroupant 350 patients souffrant de douleurs neuropathiques chroniques périphériques et centrales, Hamid et collaborateurs avaient conclu que la SMT pouvait produire un soulagement cliniquement significatif de la douleur chronique [22]. Cependant, la grande hétérogénéité des sites ciblés et des paramètres de stimulation utilisés ne permet pas de valider ces résultats et les auteurs soulignent la nécessité d'autres études et une plus grande homogénéité.

En 2020, quatre revues systématiques ont été publiées [1; 20; 34; 53], deux d'entre elles rapportaient les résultats de l'utilisation de la SMTr dans les DN périphériques [1; 34] et les deux autres incluaient tous les types de douleurs périphériques et centrales [1; 20]. La totalité de ces études concernait des douleurs chroniques et la majorité d'entre-elles étaient pharmacorésistantes. L'ensemble des résultats d'études convergeaient vers un effet positif de la SMTr sur le soulagement de la douleur, cependant tous les auteurs soulèvent le problème de la grande hétérogénéité des études et soulignent la nécessité d'effectuer d'autres études plus ciblées (type de DN, zone à stimuler, fréquence des séances SMTr, etc.) et des recherches supplémentaires sur le terrain.

En 2021, Zhang et collaborateurs ont publié un résumé sur les meilleures pratiques de deux technologies de stimulation cérébrale non invasive (SMTr et tDCS) pour différentes conditions de douleurs neuropathiques [67]. À partir de l'analyse des résultats de 24 études (736 patients), les auteurs notent des réponses positives et négatives à la SMTr et au tDCS pour les soins des patients avec DN et soulignent leur l'efficacité analgésique.

■ Méta-analyses

Après O'Connell et collaborateurs en 2018 [48], Cecchi et collaborateurs reprennent en 2020 les résultats de la deuxième mise à jour de la revue Cochrane sur l'évaluation de l'efficacité des techniques de stimulation cérébrale non invasives dans le traitement de la douleur chronique [11]. Depuis 2013, 38 études supplémentaires (1 225 participants) ont été ajoutées, pour un total de 94 études (2 983 participants). Cette mise à jour incluait 42 études SMTr, 11 sur la CES, 36 sur la tDCS, deux sur la RINCE et deux pour la tRNS, et une étude a évalué à la fois la SMTr et la tDCS sur les 42 études concernant la SMTr, cinq ont été publiées depuis 2016 : Attal 2016 [5], Medeiros 2016 [39], Nardone 2017 [44]; Nurmiko 2016 [47]; Umezaki 2016 [64]. À l'instar des revues de 2010 et de 2014, les auteurs ont conclu que les avantages et les inconvénients possibles de tous les types de stimulation cérébrale non invasive sont encore incertains et que des études plus rigoureuses et plus vastes sont nécessaires. De plus, des cycles de stimulation plus longs doivent être étudiés. Peu d'études ont clairement rapporté des effets secondaires, comme des maux de tête transitoires, des nausées et des irritations cutanées. Il faut signaler que deux cas de convulsions sont également survenus après une SMTr. Les auteurs notent que les études étaient de très faible à faible qualité méthodologique, présentaient une petite taille d'échantillon, avaient des problèmes de mise en aveugle ainsi que d'autres risques de biais potentiels.

Quatre autres méta-analyses sur la stimulation cérébrale non invasive et sur la SMTr en particulier ont été publiées en 2020 [10; 19; 58; 66]. En raison de la diversité des causes de douleurs neuropathiques, la qualité des études considérée de faible à modérée, les résultats de ces études sont appréciés différemment par les auteurs. Cependant, les conclusions des différentes analyses convergent vers la nécessité d'autres études plus rigoureuses et standardisées pour valider les avantages qu'octroie la SMTr dans ces conditions cliniques.

■ Résumé

Les preuves concernant l'efficacité de la stimulation magnétique transcrânienne répétitive (SMTr) sur le soulagement de la douleur neuropathique (DN) chez les patients ayant déjà subi une lésion médullaire nécessitent encore des études plus approfondies.

4.2.2 Douleurs lors de crises migraineuses

■ Étude unique

En 2019, l'étude de Mattoo et collaborateurs [38] sur l'efficacité de la SMTr à basse fréquence sur la douleur dans les céphalées de l'hypertension chronique (CTTH) a rapporté des signes d'amélioration qui restent cependant subjectifs. Les auteurs concluent sur la nécessité d'autres études pour confirmer les résultats obtenus.

■ Revue systématique

Dans une revue systématique publiée en 2019 par Stilling et collaborateurs [61], les auteurs ont évalué les effets de la SMT et de la tDCS dans le traitement de troubles spécifiques lors de céphalées (migraine, tension, cluster post-traumatique), 34 études ont été analysées : SMTr n=16, SMT (à l'exclusion de la SMTr) n=6 et tDCS n=12. Les résultats ont montré que de toutes les modalités de TMS et de tDCS, la SMTr était la plus encourageante en participant à la réduction de la fréquence, la durée et l'intensité des céphalées. Les auteurs signalent que seulement quelques études ont rapporté des changements plus importants que le traitement simulé et que le niveau de preuve était considéré comme étant modéré. Ils concluent sur la nécessité d'effectuer d'autres ECR de haute qualité avec des protocoles standardisés pour chaque trouble spécifique afin de valider les effets du traitement.

■ Méta-analyses

Alors que les résultats de la méta-analyse de Shirahige et collaborateurs, publiée en 2016 [59], n'apportaient aucune preuve sur les effets positifs de la stimulation cérébrale non invasive (SCNI) dans le traitement des céphalées, les auteurs de trois autres méta-analyses publiées en 2017, 2019 et 2020 considéraient que les SCNI appliquées au niveau de M1 sont susceptibles de réduire l'intensité des céphalées et leur fréquence chez les patients migraineux [16; 29; 39].

Pour Moisset et collaborateurs, dans une évaluation quantitative publiée en 2020 et effectuée à partir de 34 études, les résultats montrent que plusieurs méthodes de neuromodulation présentent un intérêt potentiel pour la gestion de la migraine, mais que la qualité des preuves est très médiocre. Ils soulignent que des études de grande envergure et bien menées sont nécessaires pour affirmer ces résultats [41].

4.2.3 Douleurs de la fibromyalgie

■ Étude unique

Un certain nombre d'études ont évalué l'utilisation de la SMTr seule ou en association avec d'autres traitements dans le cas des douleurs liées à la fibromyalgie. En 2021, Guinot et collaborateurs [21] rapportaient les résultats d'une ECR effectuée sur 39 patients, et les auteurs avaient conclu qu'une stratégie thérapeutique multimodale incluant la SMTr n'a pas réduit la douleur chez les patients atteints de fibromyalgie.

■ Revue systématique

Dans une revue systématique incluant 14 études, effectuées en 2020, Conde-Antón et collaborateurs [13] ont étudié les effets de l'utilisation de deux techniques de stimulation cérébrale non invasives la tDCS et la SMTr chez des patients atteints de fibromyalgie. L'application des deux interventions a montré une amélioration du seuil de douleur de pression et de la qualité de vie lorsqu'elle est appliquée au cortex moteur. De plus, l'application de la tDCS au cortex moteur est la seule intervention ayant montré sa capacité à diminuer la douleur à court et à moyen terme chez ces patients.

■ Méta-analyses

Les deux méta-analyses publiées en 2016 et 2017 rapportent des résultats favorables sur les effets de l'utilisation de la tDCS et de la SMTr dans le traitement des douleurs chez les patients atteints de fibromyalgie. Dans la méta-analyse publiée en 2016 par Hou et collaborateurs qui examine les résultats de 16 études, les auteurs avaient conclu que la rTMS et la TDCS pouvaient être des modalités réalisables et sûres pour le traitement de la fibromyalgie. Ils ajoutent que la stimulation en M1 peut être meilleure dans la réduction de la douleur [25]. Pour Saltychev et collaborateurs [55], les résultats obtenus d'une méta-analyse de sept études ont montré que l'importance de la douleur avant et après la dernière stimulation a diminué de 1,2 point sur une échelle numérique de 0 à 10 et de 0,7 point (intervalle de confiance à 95 % : -1,0 -0,3) à un mois (une semaine à un mois) après la dernière stimulation. Les auteurs concluent à l'absence de preuve robuste sur la supériorité de la SMTr sur le traitement simulé dans la réduction de l'intensité de la douleur chez les patients atteints de fibromyalgie.

4.2.4 Autres études

■ Douleurs orofaciales

Les douleurs orofaciales (DOF) diffèrent des autres douleurs sur les plans physiopathologique, clinique, thérapeutique et pronostique. Elles représentent ainsi des entités nosologiques sur les plans diagnostique et thérapeutique. Certaines de ces douleurs chroniques peuvent être difficiles à traiter. Dans ce contexte, deux revues systématiques publiées en 2018 et 2019 ont évalué l'efficacité de la SMTr dans le traitement de ces DOF chroniques [17; 23]. Pour les deux revues, la SMTr et la tDCS semblent être des alternatives sûres et prometteuses pour réduire l'intensité de la douleur dans différents DOF chroniques. Néanmoins, les auteurs soulignent les limites de leurs études comme la petite taille des populations étudiées et la faible qualité

méthodologique des preuves. Les auteurs ajoutent que d'autres études avec des protocoles thérapeutiques mieux standardisés sont nécessaires.

■ Douleurs du membre fantôme

La douleur des membres fantômes (DMF) post-amputation est fréquente et souvent difficile à soulager en raison des multiples mécanismes qui contribuent à la DMF lors d'une amputation. Les résultats de la revue systématique de Akyuz et collaborateurs [3] indiquent qu'aucun des traitements présentés n'est meilleur au comparateur. Les résultats obtenus à partir de deux études sélectionnées publiées depuis 2016 [3; 37] montrent des résultats contradictoires et une faible qualité méthodologique. Les auteurs notent la nécessité d'autres études rigoureuses plus importantes pour soutenir l'utilisation de la SMTr à court et à moyen terme dans la gestion de ce type de douleur chronique.

■ Autres indications thérapeutiques

Parmi les autres études publiées depuis 2015, une ECR et une RS ont été sélectionnées. Celles-ci évaluent respectivement les effets de la SMTr dans la douleur posttherpétique (Zona) et la sclérose en plaques (SEP).

En ce qui concerne l'ECR de Pei et collaborateurs [49], même si les résultats semblent en faveur de la SMTr (fréquence à 5 Hz ou 10 Hz) dans le soulagement des douleurs post-Zona et l'amélioration de la qualité de la vie des 60 patients, ces données restent circonstancielles et nécessitent la confirmation de ces résultats dans de plus larges études.

Pour la revue systématique de Zuchella et collaborateurs [68], les résultats présentés ont été obtenus à partir de neuf études évaluant l'utilisation de différents types de stimulation cérébrale et médullaire non invasive dans le soulagement de la douleur dans la SEP. Pour la SMTr, seulement deux études sont concernées : Seda 2013 [57], n= 30 patients; et Korzhova, 2019 [27], n= 12 patients SMTr.

Pour l'étude publiée en 2019, Korzhova et collaborateurs ont réalisé une ECR parallèle pour comparer les effets de deux protocoles : SMTr à haute fréquence (20 Hz) et iTBS à un groupe fictif chez 34 patients atteints de SEP progressive secondaire. Le critère de jugement principal était défini comme étant le niveau de spasticité. Tous les patients ont subi une SMTr réelle (SMTr haute fréquence : 12 patients, iTBS : 12 patients) ou une SMT simulée (10 patients) une fois par jour pendant cinq jours consécutifs sur une durée de deux semaines. Parallèlement à la SMTr, tous les patients ont reçu 10 séances de physiothérapie. La SMTr à haute fréquence et l'iTBS ont considérablement réduit la spasticité avec certaines preuves en faveur d'un effet plus durable de l'iTBS et d'une réduction de la douleur.

En conclusion de leur revue systématique, Zuchella et collaborateurs [68] ont souligné que les résultats obtenus lors de l'application de stimulations au niveau de M1 et de DLPFC gauche sont en faveur d'une réduction de la douleur dans la SEP. Cependant, la grande hétérogénéité des données⁷, les problèmes méthodologiques, la durée des effets et la faisabilité de tels traitements restent à explorer plus profondément.

4.3 Recommandations et lignes directrices

Quelques agences rapportent les données actuelles sur la rTMS et, dans la plupart des cas, sans recommandations spécifiques. La Haute Autorité en Santé (France) a publié en 2020 un modèle de cadrage pour une évaluation de SMT dans les maladies psychiatriques.

⁷ Mauvaise description du ciblage de la SMTr, absence d'un groupe fictif et interprétation des résultats.

L'AETNA⁸ considère la stimulation magnétique transcrânienne expérimentale et de recherche⁹ pour certaines indications, dont la douleur neuropathique [26] (p. ex., douleur orofaciale [35] et douleur centrale post-AVC [42]), la fibromyalgie [55], la migraine [46], la sclérose en plaques [33], la douleur neuropathique associée à une lésion de la moelle épinière [7], la douleur fantôme associée à une lésion de la moelle épinière [45], le syndrome douloureux régional complexe [43] (liste non exhaustive [2]).

Dans leur rapport sur l'utilisation de la SMTr dans les douleurs migraineuses, l'Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé (ACMTS/CADTH, Canada) [8] conclut que les résultats obtenus lors de l'utilisation de la stimulation magnétique transcrânienne répétitive (rTMS) dans le traitement des douleurs migraineuses n'étaient pas différents à ceux rapportés lors de soins standards (interventions pharmacologiques et non pharmacologiques) dans l'amélioration des symptômes cliniques. Cependant, les modalités de stimulation non invasives peuvent être efficaces pour l'amélioration des symptômes et se sont avérées sûres avec moins d'effets indésirables. Cependant, les preuves disponibles sont limitées et de faible qualité méthodologique.

Le National Institute for Health and Care Excellence (NICE, Royaume-Uni) encourage la poursuite des recherches sur la SMT pour le traitement et la prévention de la migraine. Les données doivent être recueillies pour tous les patients non inclus dans les essais contrôlés. Les études doivent décrire clairement si son utilisation est à des fins de traitement ou de prévention. Ils doivent rapporter les détails de la sélection des patients ainsi que la dose et la fréquence d'utilisation. Les mesures des résultats devraient inclure le nombre et la gravité des épisodes de migraine, ainsi que la qualité de vie à court et à long terme. Le développement de tout trouble neurologique (comme l'épilepsie) à court ou à long terme après le début du traitement doit être documenté [46].

En 2016, dans leur revue systématique (et la méta-analyse), Cruccu et collaborateurs ont revu et évalué les lignes directrices de la Fédération européenne des sociétés neurologiques sur la neurostimulation pour la douleur neuropathique et des conditions de douleur chronique autres que la douleur neuropathique [14]. Les auteurs ont noté la qualité médiocre à modérée des preuves et ont souligné la nécessité d'effectuer des études multicentriques à grande échelle sur la neurostimulation non invasive et invasive. La collecte de preuves de meilleure qualité sur les facteurs prédictifs de l'efficacité de ces techniques, comme la durée, la qualité et la sévérité de la douleur, est également recommandée.

Deux études reprennent une analyse des lignes directrices sur l'efficacité thérapeutique de la stimulation magnétique transcrânienne répétitive [30] ou une mise à jour de la revue Cochrane [32] sur l'efficacité des techniques de stimulation cérébrale non invasives dans le traitement de la douleur chronique [11]. Pour l'étude de Lefaucheur et collaborateurs, les auteurs concluent que les recommandations actuelles en particulier pour les preuves de niveau A (HF- SMTr de M1 controlatéral au côté douloureux pour la DN), sont basées sur les différences d'efficacité thérapeutique entre les protocoles de SMTr réels et simulés que l'on retrouve dans un nombre suffisant d'études indépendantes. Cependant, ils soulignent que le bénéfice produit par la SMTr ne signifie pas obligatoirement la pertinence de son utilisation clinique.

Dans l'étude de Cecchi et collaborateurs [11], la seconde mise à jour de la revue Cochrane inclut 94 nouvelles études, dont 42 sur la SMTR (cinq études publiées depuis 2016 : Attal 2016 [5]; Medeiros 2016 [39]; Nardone 2017 [44]; Nurmiko 2016 [47]; Umezaki 2016 [64]). Les auteurs ont conclu que les avantages et les inconvénients possibles de tous les types de stimulation cérébrale non invasive sont encore incertains et que des études plus rigoureuses et plus vastes sont nécessaires. Dans leurs conclusions, les auteurs notent que la HF-SMTr à dose unique en M1 peut entraîner de petites améliorations à court terme de la douleur et de la qualité de vie cependant, les preuves obtenues sont considérées de faible qualité.

⁸ Aetna compagnie spécialisée dans l'assurance maladie des employés, cotée en Bourse. Depuis octobre 2017, Aetna fait partie de CVS Health (la filiale assurance vie d'Aetna acquise par The Hartford Company).

⁹ La valeur et l'efficacité de la SMT n'étant pas été établies pour les douleurs chroniques.

5 DISCUSSION ET CONCLUSION

À partir des données disponibles sur l'utilisation de la stimulation magnétique transcrânienne répétitive dans les douleurs chroniques, on constate que la SMTr pourrait être considérée comme un traitement alternatif pour certaines douleurs neuropathiques chroniques pharmacorésistantes. Cependant, compte tenu des indications ciblées et des divers mécanismes physiopathologiques, de nouvelles études randomisées, contrôlées avec un plus grand nombre de patients s'avèrent nécessaires. En outre, l'hétérogénéité des cibles et des paramètres de stimulation (localisation haute ou basse fréquence, nombre de séances, etc.) entre les études et l'absence de comparatifs clairement définis et standardisés, rendent difficile de proposer une recommandation d'efficacité probable pour certaines indications alors que pour d'autres symptômes les données sont insuffisantes.

Les résultats des études cliniques depuis cinq ans et les nouvelles connaissances sur la neuromodulation concernant l'effet antalgique de la SMTr à haute fréquence (≥ 5 Hz) du cortex moteur sur les douleurs neuropathiques sont encourageants, mais soulignent également la nécessité de valider ces résultats par la poursuite d'études plus importantes et une méthodologie plus rigoureuse. En outre, il reste à montrer si la stimulation de M1 offre une option de traitement à la douleur neuropathique pharmacorésistante spécifique (p. ex., douleur après une lésion de la moelle épinière), car d'autres localisations, telles que le cortex préfrontal/cortex préfrontal dorsolatéral, ont été discutées et leur stimulation pourraient provoquer d'autres réponses analgésiques.

Pour la Clinique de la douleur du Centre hospitalier de l'Université de Montréal, proposer une thérapie SMTr aux patients souffrant de douleurs chroniques spécifiques réfractaires aux traitements traditionnels peut être considéré comme une option sécuritaire, car non invasive, nécessitant un cadre spécifique d'utilisation. Il serait essentiel de préciser le profil approprié des patients, les paramètres optimaux de stimulation, la durée et la nécessité ou non de séances d'entretien. Une étude de recherche ad hoc sur le sujet pourrait aider la pertinence et évaluer les besoins du CHUM dans ce domaine.

6 BIBLIOGRAPHIE

1. Aamir A, Girach A, Sarrigiannis PG, Hadjivassiliou M, Paladini A, Varrassi G, Zis P. Repetitive Magnetic Stimulation for the Management of Peripheral Neuropathic Pain: A Systematic Review. *Adv Ther*. 2020 Mar;37(3):998-1012. doi: 10.1007/s12325-020-01231-2. Epub 2020 Jan 27. PMID: 31989485.
2. AETNA. Transcranial Magnetic Stimulation and Cranial Electrical Stimulation. *Clinical Policy Bulletins. Medical Clinical Policy Bulletins*. Number: 0469. Last review 05/18/2020 http://www.aetna.com/cpb/medical/data/400_499/0469.html.
3. Akyuz G, Giray E. Noninvasive neuromodulation techniques for the management of phantom limb pain: a systematic review of randomized controlled trials. *Int J Rehabil Res*. 2019 Mar;42(1):1-10. doi: 10.1097/MRR.000000000000317. PMID: 30222617.
4. Attal N, Ayache S, Ciampi De Andrade D, Baudic S, Jazat F, Mhalla A, et al. Comparison of the analgesic effects of RTMS and TDCS in painful radiculopathy: a randomized double-blind placebo-controlled study. *Journal of the Neurological Sciences* 2015;357:e357.
5. Attal N, Ayache SS, Ciampi De Andrade D, Mhalla A, Baudic S, Jazat F, Ahdab R, Neves DO, Sorel M, Lefaucheur JP, Bouhassira D. Repetitive transcranial magnetic stimulation and transcranial direct-current stimulation in neuropathic pain due to radiculopathy: a randomized sham-controlled comparative study. *Pain*. 2016 Jun;157(6):1224-1231. doi: 10.1097/j.pain.0000000000000510. PMID: 26845524.
6. Attal N, Cruccu G, Haanpaa M, Hansson P, Jensen TS, Nurmiikko T, et al. EFNS guidelines on pharmacological treatment of neuropathic pain. *Eur J Neurol* 2006;13:1153–69.

7. Awad BI, Carmody MA, Zhang X, et al. Transcranial magnetic stimulation after spinal cord injury. *World Neurosurg.* 2015;83(2):232-235.
8. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health (CADTH). Non-invasive nerve stimulation modalities for migraine pain: a review of clinical effectiveness and cost-effectiveness. Ottawa: CADTH; 2020 Apr. (CADTH rapid response report: summary with critical appraisal). <https://www.cadth.ca/non-invasive-nerve-stimulation-modalities-migraine-pain-review-clinical-effectiveness-and-cost>.
9. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health (CADTH).. Non-opioid options for managing pain. CADTH; 2019a. https://cadth.ca/sites/default/files/pdf/non_opioid_options_for_managing_pain.
10. Cardenas-Rojas A, Pacheco-Barrios K, Giannoni-Luza S, Rivera-Torrejón O, Fregni F. Noninvasive brain stimulation combined with exercise in chronic pain: a systematic review and meta-analysis. *Expert Rev Neurother.* 2020 Apr;20(4):401-412. doi: 10.1080/14737175.2020.1738927. Epub 2020 Mar 14. PMID: 32130037; PMCID: PMC7245447.
11. Cecchi F. Are non-invasive brain stimulation techniques effective in the treatment of chronic pain? - A Cochrane Review Summary with commentary. *J Rehabil Med.* 2020 Apr 14;52(4):jrm00039. doi: 10.2340/16501977-2663. PMID: 32300814.
12. Centre for Effective Practice (CEP), Ontario College of Family Physicians (OCFP), & Nurse Practitioners' Association of Ontario (NPAO). (2018). Management of chronic non-cancer pain tool. Retrieved from <https://cep.health/clinical-products/chronic-non-cancer-pain/>.
13. Conde-Antón Á, Hernando-Garijo I, Jiménez-Del-Barrio S, Mingo-Gómez MT, Medrano-de-la-Fuente R, Ceballos-Laita L. Effects of transcranial direct current stimulation and transcranial magnetic stimulation in patients with fibromyalgia. A systematic review. *Neurologia.* 2020 Oct 15:S0213-4853(20)30278-4. English, Spanish. doi: 10.1016/j.nrl.2020.07.024. Epub ahead of print. PMID: 33071017.
14. Cruccu G, Garcia-Larrea L, Hansson P, Keindl M, Lefaucheur JP, Paulus W, Taylor R, Tronier V, Truini A, Attal N. EAN guidelines on central neurostimulation therapy in chronic pain conditions. *Eur J Neurol.* 2016 Oct;23(10):1489-99. doi: 10.1111/ene.13103. Epub 2016 Aug 11. PMID: 27511815.
15. Duenas, M., Ojeda, B., Salazar, A., Mico, J. A., & Failde, I. (2016). A review of chronic pain impact on patients, their social environment and the health care system. *Journal of Pain Research*, 9, 457-467.
16. Feng Y, Zhang B, Zhang J, Yin Y. Effects of Non-invasive Brain Stimulation on Headache Intensity and Frequency of Headache Attacks in Patients With Migraine: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Headache.* 2019 Oct;59(9):1436-1447. doi: 10.1111/head.13645. Epub 2019 Sep 18. PMID: 31535368.
17. Ferreira NR, Junqueira YN, Corrêa NB, Fonseca EO, Brito NBM, Menezes TA, Magini M, Fidalgo TKS, Ferreira DMTP, de Lima RL, Carvalho AC, DosSantos MF. The efficacy of transcranial direct current stimulation and transcranial magnetic stimulation for chronic orofacial pain: A systematic review. *PLoS One.* 2019 Aug 15;14(8):e0221110. doi: 10.1371/journal.pone.0221110. PMID: 31415654; PMCID: PMC6695170.
18. Galhardoni R, Aparecida da Silva V, García-Larrea L, Dale C, Baptista AF, Barbosa LM, Menezes LMB, de Siqueira SRDT, Valério F, Rosi J Jr, de Lima Rodrigues AL, Reis Mendes Fernandes DT, Lorencini Selingardi PM, Marcolin MA, Duran FLS, Ono CR, Lucato LT, Fernandes AMBL, da Silva FEF, Yeng LT, Brunoni AR, Buchpiguel CA, Teixeira MJ, Ciampi de Andrade D. Insular and anterior cingulate cortex deep stimulation for central neuropathic pain: Disassembling the percept of pain. *Neurology.* 2019 Apr 30;92(18):e2165-e2175. doi: 10.1212/WNL.0000000000007396. Epub 2019 Apr 5. PMID: 30952795.
19. Gao F, Chu H, Li J, Yang M, DU L, Li J, Chen L, Yang D, Zhang H, Chan C. Repetitive transcranial magnetic stimulation for pain after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Sci.* 2017 Oct;61(5):514-522. doi: 10.23736/S0390-5616.16.03809-1. Epub 2016 Sep 7. PMID: 27603408.
20. Gatzinsky K, Bergh C, Liljegren A, Silander H, Samuelsson J, Svanberg T, Samuelsson O. Repetitive transcranial magnetic stimulation of the primary motor cortex in management of chronic neuropathic

- pain: a systematic review. *Scand J Pain*. 2020 Sep 7;21(1):8-21. doi: 10.1515/sjpain-2020-0054. PMID: 32892189.
21. Guinot M, Maindet C, Hodaj H, Hodaj E, Bachasson D, Baillieux S, Cracowski JL, Launois S. Effects of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation and Multicomponent Therapy in Patients With Fibromyalgia: A Randomized Controlled Trial. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2021 Mar;73(3):449-458. doi: 10.1002/acr.24118. PMID: 31785190.
 22. Hamid P, Malik BH, Hussain ML. Noninvasive Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) in Chronic Refractory Pain: A Systematic Review. *Cureus*. 2019 Oct 29;11(10):e6019. doi: 10.7759/cureus.6019. PMID: 31824787; PMCID: PMC6886641.
 23. Herrero Babiloni A, Guay S, Nixdorf DR, de Beaumont L, Lavigne G. Non-invasive brain stimulation in chronic orofacial pain: a systematic review. *J Pain Res*. 2018 Aug 1;11:1445-1457. doi: 10.2147/JPR.S168705. PMID: 30122975; PMCID: PMC6078189.
 24. Hosomi K, Sugiyama K, Nakamura Y, Shimokawa T, Oshino S, Goto Y, Mano T, Shimizu T, Yanagisawa T, Saitoh Y; TEN-P11-01 investigators. A randomized controlled trial of 5 daily sessions and continuous trial of 4 weekly sessions of repetitive transcranial magnetic stimulation for neuropathic pain. *Pain*. 2020 Feb;161(2):351-360. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001712. PMID: 31593002; PMCID: PMC6970577.
 25. Hou WH, Wang TY, Kang JH. The effects of add-on non-invasive brain stimulation in fibromyalgia: a meta-analysis and meta-regression of randomized controlled trials. *Rheumatology (Oxford)*. 2016 Aug;55(8):1507-17. doi: 10.1093/rheumatology/kew205. Epub 2016 May 5. PMID: 27150193.
 26. Jin Y, Xing G, Li G, et al. High frequency repetitive transcranial magnetic stimulation therapy for chronic neuropathic pain: A meta-analysis. *Pain Physician*. 2015;18(6):E1029-E1046.
 27. Korzhova, J., Bakulin, I., Sinitsyn, D., Poydasheva, A., Suponeva, N., Zakharova, M., et al. (2019). High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation and intermittent theta-burst stimulation for spasticity management in secondary progressive.
 28. Kumru H, Albu S, Vidal J, Tormos JM. Effectiveness of repetitive transcranial or peripheral magnetic stimulation in neuropathic pain. *Disabil Rehabil*. 2017 May;39(9):856-866. doi: 10.3109/09638288.2016.1170213. Epub 2016 Aug 5. PMID: 27494799.
 29. Lan L, Zhang X, Li X, Rong X, Peng Y. The efficacy of transcranial magnetic stimulation on migraine: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Headache Pain*. 2017 Aug 22;18(1):86. doi: 10.1186/s10194-017-0792-4. PMID: 28831756; PMCID: PMC5567575.
 30. Lefaucheur JP, Aleman A, Baeken C, Benninger DH, Brunelin J, Di Lazzaro V, Filipović SR, Grefkes C, Hasan A, Hummel FC, Jääskeläinen SK, Langguth B, Leocani L, Londero A, Nardone R, Nguyen JP, Nyffeler T, Oliveira-Maia AJ, Oliviero A, Padberg F, Palm U, Paulus W, Poulet E, Quartarone A, Rachid F, Rektorová I, Rossi S, Sahlsten H, Schecklmann M, Szekely D, Ziemann U. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014-2018). *Clin Neurophysiol*. 2020 Feb;131(2):474-528. doi: 10.1016/j.clinph.2019.11.002. Epub 2020 Jan 1. Erratum in: *Clin Neurophysiol*. 2020 May;131(5):1168-1169. PMID: 31901449.
 31. Lefaucheur JP, Drouot X, Menard-Lefaucheur I, Keravel Y, Nguyen JP. Motor cortex rTMS restores defective intracortical inhibition in chronic neuropathic pain. *Neurology* 2006;67:1568-74.
 32. Lefaucheur JP, André-Obadia N, Antal A, Ayache SS, Baeken C, Benninger DH, Cantello RM, Cincotta M, de Carvalho M, De Ridder D, Devanne H, Di Lazzaro V, Filipović SR, Hummel FC, Jääskeläinen SK, Kimiskidis VK, Koch G, Langguth B, Nyffeler T, Oliviero A, Padberg F, Poulet E, Rossi S, Rossini PM, Rothwell JC, Schönfeldt-Lecuona C, Siebner HR, Slotema CW, Stagg CJ, Valls-Sole J, Ziemann U, Paulus W, Garcia-Larrea L. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clin Neurophysiol*. 2014 Nov;125(11):2150-2206. doi: 10.1016/j.clinph.2014.05.021. Epub 2014 Jun 5. PMID: 25034472.

33. Leon Ruiz M, Sospedra M, Arce Arce S, et al. Current evidence on the potential therapeutic applications of transcranial magnetic stimulation in multiple sclerosis: A systematic review of the literature. *Neurologia*. 2018 Jun 10.
34. Liampas A, Rekatsina M, Vadalouca A, Paladini A, Varrassi G, Zis P. Non-Pharmacological Management of Painful Peripheral Neuropathies: A Systematic Review. *Adv Ther*. 2020 Oct;37(10):4096-4106. doi: 10.1007/s12325-020-01462-3. Epub 2020 Aug 18. PMID: 32809209.
35. Lindholm P, Lamusuo S, Taiminen T, et al. Right secondary somatosensory cortex - a promising novel target for the treatment of drug-resistant neuropathic orofacial pain with repetitive transcranial magnetic stimulation. *Pain*. 2015;156(7):1276-1283.
36. Lussier, D. (2015). Prise de position de la société québécoise de gériatrie sur l'évaluation et la prise en charge de la douleur. *Société Québécoise de Gériatrie*.
37. Malavera A, Silva FA, Fregni F, Carrillo S, Garcia RG. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Phantom Limb Pain in Land Mine Victims: A Double-Blinded, Randomized, Sham-Controlled Trial. *J Pain*. 2016 Aug;17(8):911-8. doi: 10.1016/j.jpain.2016.05.003. Epub 2016 May 31. PMID: 27260638; PMCID: PMC4969102.
38. Mattoo B, Tanwar S, Bhatia R, Tripathi M, Bhatia R. Repetitive transcranial magnetic stimulation in chronic tension-type headache: A pilot study. *Indian J Med Res*. 2019 Jul;150(1):73-80. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_97_18. PMID: 31571632; PMCID: PMC6798618.
39. Medeiros LF, Caumo W, Dussán-Sarria J, Deitos A, Brietzke A, Laste G, et al. Effect of deep intramuscular stimulation and transcranial magnetic stimulation on neurophysiological biomarkers in chronic myofascial pain syndrome. *Pain Medicine* 2016;17(1):122-35.
40. Ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec. (MSSS). <https://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/maladies-chroniques/douleur-chronique/>.
41. Moisset X, Pereira B, Ciampi de Andrade D, Fontaine D, Lantéri-Minet M, Mawet J. Neuromodulation techniques for acute and preventive migraine treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Headache Pain*. 2020 Dec 10;21(1):142. doi: 10.1186/s10194-020-01204-4. PMID: 33302882; PMCID: PMC7726868.
42. Mulla SM, Wang L, Khokhar R, et al. Management of central poststroke pain: Systematic review of randomized controlled trials. *Stroke*. 2015;46(10):2853-2860.
43. Nardone R, Brigo F, Höller Y, et al. Transcranial magnetic stimulation studies in complex regional pain syndrome type I: A review. *Acta Neurol Scand*. 2018;137(2):158-164.
44. Nardone R, Höller Y, Langthaler PB, Lochner P, Golaszewski S, Schwenker K. rTMS of the prefrontal cortex has analgesic effects on neuropathic pain in subjects with spinal cord injury. *Spinal Cord* 2017; Vol. 55, issue 1:20-5.
45. Nardone R, Versace V, Sebastianelli L, et al. Transcranial magnetic stimulation in subjects with phantom pain and non-painful phantom sensations: A systematic review. *Brain Res Bull*. 2019;148:1-9.
46. National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE). Transcranial magnetic stimulation for treating and preventing migraine. NICE Interventional Procedure Guidance 477. London, UK: NICE; January 2014. <https://www.nice.org.uk/guidance/ipg477>.
47. Nurmikko T, MacIver K, Bresnahan R, Hird E, Nelson A, Sacco P. Motor vortex reorganization and repetitive transcranial magnetic stimulation for pain - a methodological study. *Neuromodulation* 2016; Vol. 19, issue 7:669-78.
48. O'Connell NE, Marston L, Spencer S, DeSouza LH, Wand BM. Non-invasive brain stimulation techniques for chronic pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Mar 16;3(3):CD008208. doi: 10.1002/14651858.

- CD008208.pub4. Update in: *Cochrane Database Syst Rev.* 2018 Apr 13;4:CD008208. PMID: 29547226; PMCID: PMC7039253.
49. Pei Q, Wu B, Tang Y, Yang X, Song L, Wang N, Li Y, Sun C, Ma S, Ni J. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation at Different Frequencies for Postherpetic Neuralgia: A Double-Blind, Sham-Controlled, Randomized Trial. *Pain Physician.* 2019 Jul;22(4):E303-E313. PMID: 31337172.
 50. Quesada C, Pommier B, Fauchon C, Bradley C, Créac'h C, Murat M, Vassal F, Peyron R. New procedure of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for central neuropathic pain: a placebo-controlled randomized crossover study. *Pain.* 2020 Apr;161(4):718-728. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001760. PMID: 31764387.
 51. Quesada C, Pommier B, Fauchon C, Bradley C, Créac'h C, Vassal F, Peyron R. Robot-Guided Neuronavigated Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) in Central Neuropathic Pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018 Nov;99(11):2203-2215.e1. doi: 10.1016/j.apmr.2018.04.013. Epub 2018 May 9. PMID: 29750900.
 52. Racine, M. Chronic pain and suicide risk: A comprehensive review. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 87, 269-280.
 53. Ramger BC, Bader KA, Davies SP, Stewart DA, Ledbetter LS, Simon CB, Feld JA. Effects of Non-Invasive Brain Stimulation on Clinical Pain Intensity and Experimental Pain Sensitivity Among Individuals with Central Post-Stroke Pain: A Systematic Review. *J Pain Res.* 2019 Dec 13;12:3319-3329. doi: 10.2147/JPR.S216081. PMID: 31853195; PMCID: PMC6916700.
 54. Reid K, Simmonds M, Verrier M, Dick B. Supporting Teens with Chronic Pain to Obtain High School Credits: Chronic Pain 35 in Alberta. *Children (Basel).* 2016 Nov 19;3(4):31. doi: 10.3390/children3040031. PMID: 27869766; PMCID: PMC5184806.
 55. Saltychev M, Laimi K. Effectiveness of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with fibromyalgia: a meta-analysis. *Int J Rehabil Res.* 2017 Mar;40(1):11-18. doi: 10.1097/MRR.0000000000000207. PMID: 27977465.
 56. Schopflocher, D., Taenzer, P., & Jovey, R. (2011). The prevalence of chronic pain in Canada. *Pain Research & Management*, 16(6), 445-450. *Service correctionnel Canada; Management of Chronic Non-Cancer Pain Tool (2018).*
 57. Seada, Y. I., Nofel, R., and Sayed, H.M. (2013). Comparison between trans-cranial electromagnetic stimulation and low-level laser on modulation of trigeminal neuralgia. *J. Phys. Ther. Sci.* 25, 911-914. doi: 10.1589/jpts.25.911.
 58. Shen Z, Li Z, Ke J, He C, Liu Z, Zhang D, Zhang Z, Li A, Yang S, Li X, Li R, Zhao K, Ruan Q, Du H, Guo L, Yin F. Effect of non-invasive brain stimulation on neuropathic pain following spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2020 Aug 21;99(34):e21507. doi: 10.1097/MD.00000000000021507. PMID: 32846761; PMCID: PMC7447445.
 59. Shirahige L, Melo L, Nogueira F, Rocha S, Monte-Silva K. Efficacy of Noninvasive Brain Stimulation on Pain Control in Migraine Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Headache.* 2016 Nov;56(10):1565-1596. doi: 10.1111/head.12981. PMID: 27869996.
 60. Steingrimsdottir, O. A., Landmark, T., Macfarlane, G. J., & Nielsen, C. S. (2017). Defining chronic pain in epidemiological studies: A systematic review and meta-analysis. *Pain*, 158(11), 2092-2107.
 61. Stilling JM, Monchi O, Amoozegar F, Debert CT. Transcranial Magnetic and Direct Current Stimulation (TMS/tDCS) for the Treatment of Headache: A Systematic Review. *Headache.* 2019 Mar;59(3):339-357. doi: 10.1111/head.13479. Epub 2019 Jan 23. PMID: 30671941.

62. The Hospital for Sick Children (SickKids). (2017). Guidelines for pain assessment and management for neonates. Retrieved from <https://www.sickkids.ca/clinical-practice-guidelines/clinical-practice-guidelines/export/CLINH143/Main%20Document.pdf>.
63. The Hospital for Sick Children (SickKids). (2018). Pain management. Retrieved from <https://www.sickkids.ca/clinical-practice-guidelines/clinical-practice-guidelines/export/CLINH142/Main%20Document.pdf>.
64. Umezaki Y, Badran BW, Devries WH, Moss J, Gonzales T, George MS. The efficacy of daily prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for burning mouth syndrome (BMS): a randomized controlled single-blind study. *Brain Stimulation* 2016;9(2):234-42.
65. Yang S, Chang MC. Effect of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Pain Management: A Systematic Narrative Review. *Front Neurol.* 2020 Feb 18;11:114. doi: 10.3389/fneur.2020.00114. PMID: 32132973; PMCID: PMC7040236.
66. Yu B, Qiu H, Li J, Zhong C, Li J. Noninvasive Brain Stimulation Does Not Improve Neuropathic Pain in Individuals With Spinal Cord Injury: Evidence From a Meta-Analysis of 11 Randomized Controlled Trials. *Am J Phys Med Rehabil.* 2020 Sep;99(9):811-820. doi: 10.1097/PHM.0000000000001421. PMID: 32175926.
67. Zhang KL, Yuan H, Wu FF, Pu XY, Liu BZ, Li Z, Li KF, Liu H, Yang Y, Wang YY. Analgesic Effect of Noninvasive Brain Stimulation for Neuropathic Pain Patients: A Systematic Review. *Pain Ther.* 2021 Jun;10(1):315-332. doi: 10.1007/s40122-021-00252-1. Epub 2021 Mar 22. PMID: 33751453; PMCID: PMC8119533.
68. Zucchella C, Mantovani E, De Icco R, Tassorelli C, Sandrini G, Tamburin S. Non-invasive Brain and Spinal Stimulation for Pain and Related Symptoms in Multiple Sclerosis: A Systematic Review. *Front Neurosci.* 2020 Nov 20;14:547069. doi: 10.3389/fnins.2020.547069. PMID: 33328843; PMCID: PMC7715002.

ANNEXES

ANNEXE A – STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE SELON LES BASES DE DONNÉES CONSIDÉRÉES

PubMed Advanced Search Builder

Filters applied: Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review, Humans.

Search: (transcranial magnetic stimulation AND pain) AND (("2015/01/01"[Date - Publication : "3000"

[Date - Publication])) Filters: Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review, in the last 5 years

201 selected items

Search for: (pain and transcranial magnetic stimulation).mp. [mp=ti, ot, ab, tx, kw, ct, sh, hw]

Results: 375

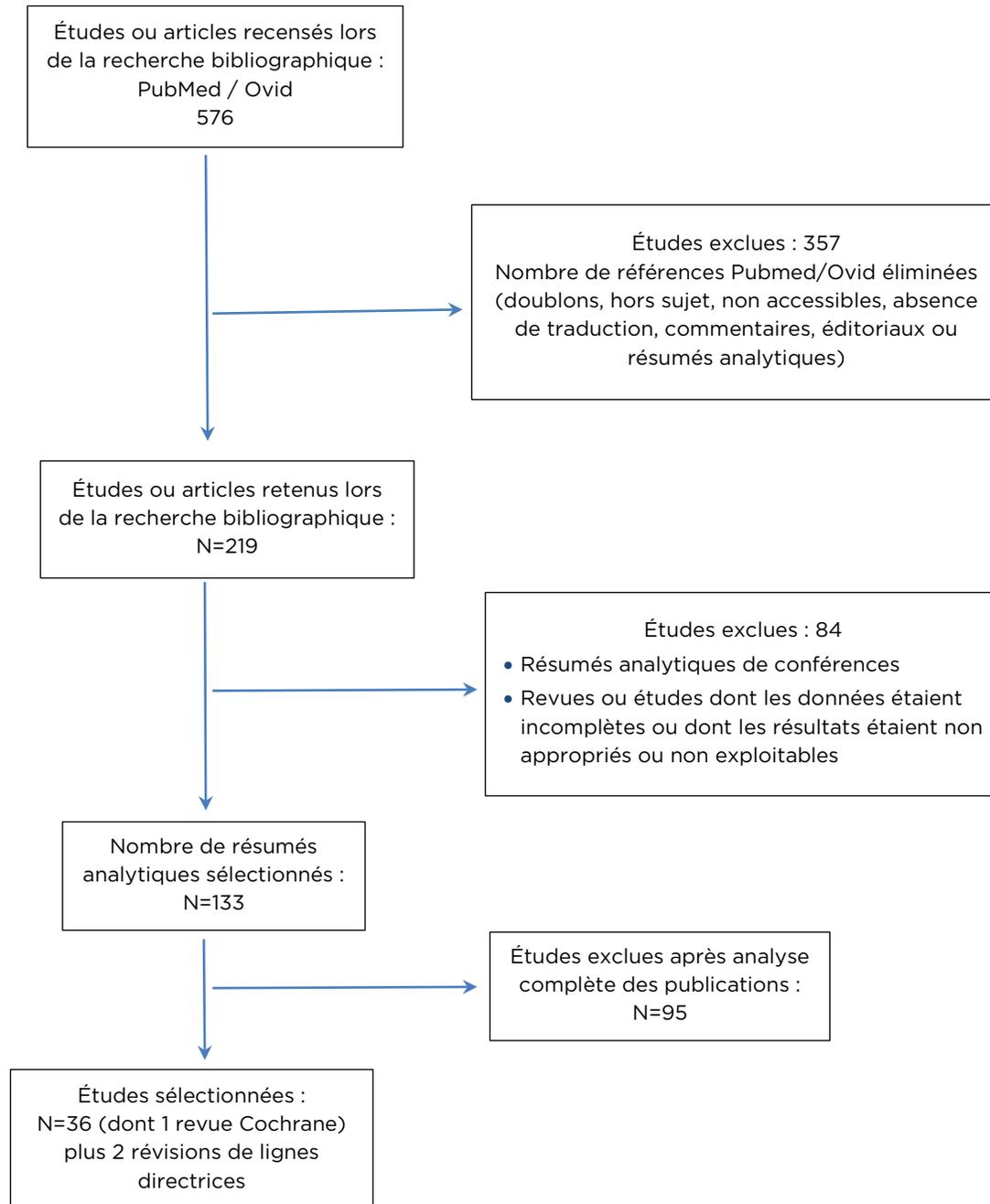
Database: EBM Reviews - Cochrane Database of Systematic Reviews <2005 to June 30, 2021>, EBM Reviews - ACP Journal Club

<1991 to June 2021>, EBM Reviews - Database of Abstracts of Reviews of Effects <1st Quarter 2016>, EBM Reviews - Cochrane Clinical Answers <June 2021>, EBM Reviews - Cochrane Central Register of Controlled Trials <May 2021>, EBM Reviews - Cochrane Methodology Register <3rd Quarter 2012>, EBM Reviews - Health Technology Assessment <4th Quarter 2016>, EBM Reviews - NHS Economic Evaluation Database <1st Quarter 2016>

Search Strategy:

-
- 1 transcranial magnetic stimulation.mp. [mp=ti, ot, ab, tx, kw, ct, sh, hw] (5696)
 - 2 limit 1 to humans [Limit not valid in CDSR, ACP Journal Club,DARE,CCA,CCTR,CLCMR; records were retained] (5667)
 - 3 pain.mp. [mp=ti, ot, ab, tx, kw, ct, sh, hw] (208584)
 - 4 (pain and transcranial magnetic stimulation).mp. [mp=ti, ot, ab, tx, kw, ct, sh, hw] (661)
Ovid Technologies, Inc. Search for: (rTMS or dTMS).mp. [mp=title, abstract, full text, caption text]
Database: APA PsycArticles Full Text

ANNEXE B – PROCESSUS DE SÉLECTION DES ÉTUDES



ANNEXE C – ÉTUDES EXCLUES

Études exclues des sélections Pubmed et Ovid : 95

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Abboud H 2017	Abboud H, Hill E, Siddiqui J, Serra A, Walter B. Neuromodulation in multiple sclerosis. <i>Mult Scler.</i> 2017 Nov;23(13):1663-1676. doi: 10.1177/1352458517736150. PMID: 29115915.	HS
Abd Elghany SE 2019	Abd Elghany SE, Al Ashkar DS, El-Barbary AM, El Khouly RM, Aboelhawa MA, Nada DW, Darwish NF, Hussein MS, Rageh ES, Abo-Zaid MH, Eldesoky IF, Afifi S. Regenerative injection therapy and repetitive transcranial magnetic stimulation in primary fibromyalgia treatment: A comparative study. <i>J Back Musculoskelet Rehabil.</i> 2019;32(1):55-62. doi: 10.3233/BMR-181127. PMID: 30149440.	HS
Altas EU 2019	Altas EU, Askin A, Beşiroğlu L, Tosun A. Is high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the left primary motor cortex superior to the stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex in fibromyalgia syndrome? <i>Somatosens Mot Res.</i> 2019 Mar;36(1):56-62. doi: 10.1080/08990220.2019.1587400. Epub 2019 Apr 8. PMID: 30955403.	HS
Angius L 2018	Angius L, Mauger AR, Hopker J, Pascual-Leone A, Santarnecchi E, Marcora SM. Bilateral extracephalic transcranial direct current stimulation improves endurance performance in healthy individuals. <i>Brain Stimul.</i> 2018 Jan-Feb; 11(1):108-117. doi: 10.1016/j.brs.2017.09.017. Epub 2017 Oct 5. PMID: 29079458; PMCID: PMC6298602.	HS
Baek H 2017	Baek H, Pahk KJ, Kim H. A review of low-intensity focused ultrasound for neuromodulation. <i>Biomed Eng Lett.</i> 2017 Jan 9;7(2):135-142. doi: 10.1007/s13534-016-0007-y. PMID: 30603160; PMCID: PMC6208465.	HS
Badran BW 2020	Badran BW, Caulfield KA, Stomberg-Firestein S, Summers PM, Dowdle LT, Savoca M, Li X, Austelle CW, Short EB, Borckardt JJ, Spivak N, Bystritsky A, George MS. Sonication of the anterior thalamus with MRI-Guided transcranial focused ultrasound (tFUS) alters pain thresholds in healthy adults: A double-blind, sham-controlled study. <i>Brain Stimul.</i> 2020 Nov-Dec;13(6):1805-1812. doi: 10.1016/j.brs.2020.10.007. Epub 2020 Oct 24. PMID: 33127579; PMCID: PMC788561.	HS
Bilir I 2021	Bilir I, Askin A, Sengul I, Tosun A. Effects of High-Frequency Neuronavigated Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Fibromyalgia Syndrome: A Double-Blinded, Randomized Controlled Study. <i>Am J Phys Med Rehabil.</i> 2021 Feb 1;100(2):138-146. doi: 10.1097/PHM.0000000000001536. PMID: 32701637.	20 patients
Biundo R 2017	Biundo R, Fiorenzato E, Antonini A. Nonmotor Symptoms and Natural History of Parkinson's Disease: Evidence From Cognitive Dysfunction and Role of Noninvasive Interventions. <i>Int Rev Neurobiol.</i> 2017;133:389-415. doi: 10.1016/bs.irn.2017.05.031. Epub 2017 Jul 13. PMID: 28802926.	HS
Blanchard D 2017	Blanchard D, Bourgeois S. Efficacy of non-invasive brain stimulation for people experiencing chronic pain. <i>Int J Evid Based Healthc.</i> 2017 Jun;15(2): 79-80. doi: 10.1097/XEB.000000000000107. PMID: 28520573.	G
Blumberger DM 2018	Blumberger DM, Vila-Rodriguez F, Thorpe KE, Feffer K, Noda Y, Giacobbe P, Knyahnytska Y, Kennedy SH, Lam RW, Daskalakis ZJ, Downar J. Effectiveness of theta burst versus high-frequency repetitive transcranial magnetic	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
	stimulation in patients with depression (THREE-D): a randomised non-inferiority trial. <i>Lancet</i> . 2018 Apr 28;391(10131):1683-1692. doi: 10.1016/S0140-6736(18)30295-2. Epub 2018 Apr 26. Erratum in: <i>Lancet</i> . 2018 Jun 23;391(10139): e24. PMID: 29726344.	
Bollard E 2015	Bollard ER. The Management of Chronic Pain: What Do We Know, What Do We Do, and How Should We Redesign Our Comprehensive Assessment and Treatment in order to Provide for More Patient-Centered Care? <i>Med Clin North Am</i> . 2016 Jan;100(1):xvii-xviii. doi: 10.1016/j.mcna.2015.10.002. PMID: 26614730.	HS
Borgdorff P 2017	Borgdorff P. Arguments against the role of cortical spreading depression in migraine. <i>Neurol Res</i> . 2018 Mar;40(3):173-181. doi: 10.1080/01616412.2018.1428406. Epub 2018 Jan 19. PMID: 29350588.	HS
Brasil-Neto JP 2020	Brasil-Neto JP, Iannone A, Caixeta FV, Cavendish BA, de Mello Cruz AP, Buratto LG. Acute offline transcranial direct current stimulation does not change pain or anxiety produced by the cold pressor test. <i>Neurosci Lett</i> . 2020 Sep 25;736:135300. doi: 10.1016/j.neulet.2020.135300. Epub 2020 Aug 8. PMID: 32781010.	HS
Burke MJ 2019	Burke MJ, Kaptchuk TJ, Pascual-Leone A. Challenges of differential placebo effects in contemporary medicine: The example of brain stimulation. <i>Ann Neurol</i> . 2019 Jan;85(1):12-20. doi: 10.1002/ana.25387. Epub 2019 Jan 8. PMID: 30521083; PMCID: PMC6342627.	HS
Candido Santos L 2020	Candido Santos L, Gushken F, Gadotti GM, Dias BF, Marinelli Pedrini S, Barreto MESF, Zippo E, Pinto CB, Piza PVT, Fregni F. Intracortical Inhibition in the Affected Hemisphere in Limb Amputation. <i>Front Neurol</i> . 2020 Jul 30;11:720. doi: 10.3389/fneur.2020.00720. PMID: 32849197; PMCID: PMC7406670.	HS
Chari A 2017	Chari A, Hentall ID, Papadopoulos MC, Pereira EA. Surgical Neurostimulation for Spinal Cord Injury. <i>Brain Sci</i> . 2017 Feb 10;7(2):18. doi: 10.3390/brainsci7020018. PMID: 28208601; PMCID: PMC5332961.	HS
Cassani R 2020	Cassani R, Novak GS, Falk TH, Oliveira AA. Virtual reality and non-invasive brain stimulation for rehabilitation applications: a systematic review. <i>J Neuroeng Rehabil</i> . 2020 Oct 31;17(1):147. doi: 10.1186/s12984-020-00780-5. PMID: 33129331; PMCID: PMC7603766.	HS
Chen R 2020	Chen R. Guideline on therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation: Useful but know the methods and limitations. <i>Clin Neurophysiol</i> . 2020 Feb;131(2):461-462. doi: 10.1016/j.clinph.2019.11.020. Epub 2020 Jan 1. PMID: 31901450.	Éditorial
Dagan M 2017	Dagan M, Herman T, Mirelman A, Giladi N, Hausdorff JM. The role of the prefrontal cortex in freezing of gait in Parkinson's disease: insights from a deep repetitive transcranial magnetic stimulation exploratory study. <i>Exp Brain Res</i> . 2017 Aug;235(8):2463-2472. doi: 10.1007/s00221-017-4981-9. Epub 2017 May 16. PMID: 28509934.	HS
Danno D. 2021	Danno D. [Non-Invasive Neuromodulation for the Treatment of Migraine and Cluster Headache]. <i>Brain Nerve</i> . 2021 Apr;73(4):339-346. Japanese. doi: 10.11477/mf.1416201764. PMID: 33824221.	HS
Farmer M 2016	Farmer M, Yoon H, Goldstein I. Future Targets for Female Sexual Dysfunction. <i>J Sex Med</i> . 2016 Aug;13(8):1147-65. doi: 10.1016/j.jsxm.2016.05.016. PMID: 27436073.	HS
Fiorio M 2018	Fiorio M. Modulation of the Motor System by Placebo and Nocebo Effects. <i>Int Rev Neurobiol</i> . 2018;139:297-319. doi: 10.1016/bs.irn.2018.07.012. Epub 2018 Aug 7. PMID: 30146052.	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Fisher BE 2016	Fisher BE, Piraino A, Lee YY, Smith JA, Johnson S, Davenport TE, Kulig K. The Effect of Velocity of Joint Mobilization on Corticospinal Excitability in Individuals With a History of Ankle Sprain. <i>J Orthop Sports Phys Ther.</i> 2016 Jul;46(7):562-70. doi: 10.2519/jospt.2016.6602. Epub 2016 Jun 6. PMID: 27266885.	HS
França C 2018	França C, de Andrade DC, Teixeira MJ, Galhardoni R, Silva V, Barbosa ER, Cury RG. Effects of cerebellar neuromodulation in movement disorders: A systematic review. <i>Brain Stimul.</i> 2018 Mar-Apr;11(2):249-260. doi: 10.1016/j.brs.2017.11.015. Epub 2017 Nov 23. PMID: 29191439.	HS
Galhardoni R 2019	Galhardoni R, Ciampi de Andrade D, Puerta MY, Brunoni AR, Varotto BL, de Siqueira JT, Teixeira MJ, Siqueira SR. Altered cortical excitability in persistent idiopathic facial pain. <i>Cephalalgia.</i> 2019 Feb;39(2):219-228. doi: 10.1177/0333102418780426. Epub 2018 Jun 13. PMID: 29898612.	HS
Gharooni AA 2018	Gharooni AA, Nair KPS, Hawkins D, Scivill I, Hind D, Hariharan R. Intermittent theta-burst stimulation for upper-limb dysfunction and spasticity in spinal cord injury: a single-blind randomized feasibility study. <i>Spinal Cord.</i> 2018 Aug;56(8):762-768. doi: 10.1038/s41393-018-0152-5. Epub 2018 Jun 12. PMID: 29895874.	HS
Gordon PC 2019	Gordon PC, Valiengo LDCL, de Paula VJR, Galhardoni R, Ziemann U, de Andrade DC, Brunoni AR. Changes in motor cortical excitability in schizophrenia following transcranial direct current stimulation. <i>Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.</i> 2019 Mar 2;90:43-48. doi: 10.1016/j.pnpbbp.2018.11.004. Epub 2018 Nov 10. PMID: 30423420.	HS
Grashow RG 2019	Grashow RG, Roberts AL, Zafonte R, Pascual-Leone A, Taylor H, Baggish A, Nadler L, Courtney TK, Connor A, Weisskopf MG. Defining Exposures in Professional Football: Professional American-Style Football Players as an Occupational Cohort. <i>Orthop J Sports Med.</i> 2019 Feb 1;7(2):2325967119829212. doi: 10.1177/2325967119829212. PMID: 30746383; PMCID: PMC6360475.	HS
Guerra A 2017	Guerra A, López-Alonso V, Cheeran B, Suppa A. Solutions for managing variability in non-invasive brain stimulation studies. <i>Neurosci Lett.</i> 2020 Feb 6;719:133332. doi: 10.1016/j.neulet.2017.12.060. Epub 2017 Dec 30. PMID: 29294334.	HS
Gunduz A 2017	Gunduz A, Rothwell J, Vidal J, Kumru H. Non-invasive brain stimulation to promote motor and functional recovery following spinal cord injury. <i>Neural Regen Res.</i> 2017 Dec;12(12):1933-1938. doi: 10.4103/1673-5374.221143. PMID: 29323025; PMCID: PMC5784334.	HS
Henssen D 2020	Henssen D, Giesen E, van der Heiden M, Kerperien M, Lange S, van Cappellen van Walsum AM, Kurt E, van Dongen R, Schutter D, Vissers K. A systematic review of the proposed mechanisms underpinning pain relief by primary motor cortex stimulation in animals. <i>Neurosci Lett.</i> 2020 Feb 6;719:134489. doi: 10.1016/j.neulet.2019.134489. Epub 2019 Sep 10. PMID: 31518678.	HS
Hernandez-Pavon JC 2019	Hernandez-Pavon JC, Harvey RL. Noninvasive Transcranial Magnetic Brain Stimulation in Stroke. <i>Phys Med Rehabil Clin N Am.</i> 2019 May;30(2):319-335. doi: 10.1016/j.pmr.2018.12.010. Epub 2019 Feb 21. PMID: 30954150.	HS
Herrero Babiloni A 2018	Herrero Babiloni A, De Beaumont L, Lavigne GJ. Transcranial Magnetic Stimulation: Potential Use in Obstructive Sleep Apnea and Sleep Bruxism. <i>Sleep Med Clin.</i> 2018 Dec;13(4):571-582. doi: 10.1016/j.jsmc.2018.07.002. Epub 2018 Sep 26. PMID: 30396450.	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Herrero Babiloni A 2021	Herrero Babiloni A, Bellemare A, Beetz G, Vinet SA, Martel MO, Lavigne GJ, De Beaumont L. The effects of non-invasive brain stimulation on sleep disturbances among different neurological and neuropsychiatric conditions: A systematic review. <i>Sleep Med Rev.</i> 2021 Feb;55:101381. doi: 10.1016/j.smr.2020.101381. Epub 2020 Sep 14. PMID: 32992227.	HS
Hett D 2021	Hett D, Rogers J, Humpston C, Marwaha S. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) for the Treatment of Depression in Adolescence: A Systematic Review. <i>J Affect Disord.</i> 2021 Jan 1;278:460-469. doi: 10.1016/j.jad.2020.09.058. Epub 2020 Sep 15. PMID: 33011525.	HS
Hogan, M. E 2016	Hogan, M. E., Taddio, A., Katz, J., Shah, V., & Krahn, M. Incremental health care costs for chronic pain in Ontario, Canada: A population-based matched cohort study of adolescents and adults using administrative data. <i>Pain</i> , 157(8), 1626-1633. (2016).	HS
Houde F 2020	Houde F, Martel M, Coulombe-Lévêque A, Harvey MP, Auclair V, Mathieu D, Whittingstall K, Goffaux P, Léonard G. Perturbing the activity of the superior temporal gyrus during pain encoding prevents the exaggeration of pain memories: A virtual lesion study using single-pulse transcranial magnetic stimulation. <i>Neurobiol Learn Mem.</i> 2020 Mar;169:107174. doi: 10.1016/j.nlm.2020.107174. Epub 2020 Jan 27. PMID: 32001336.	HS
Hsu JH 2018	Hsu JH, Daskalakis ZJ, Blumberger DM. An Update on Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Treatment of Co-morbid Pain and Depressive Symptoms. <i>Curr Pain Headache Rep.</i> 2018 Jun 14;22(7):51. doi: 10.1007/s11916-018-0703-7. PMID: 29904802.	HS
Hu W 2019	Hu W, Rundle-Gonzalez V, Kulkarni SJ, Martinez-Ramirez D, Almeida L, Okun MS, Wagle Shukla A. A randomized study of botulinum toxin versus botulinum toxin plus physical therapy for treatment of cervical dystonia. <i>Parkinsonism Relat Disord.</i> 2019 Jun;63:195-198. doi: 10.1016/j.parkreldis.2019.02.035. Epub 2019 Feb 25. PMID: 30837195.	HS
Iodice R 2017	Iodice R, Manganelli F, Dubbioso R. The therapeutic use of non-invasive brain stimulation in multiple sclerosis - a review. <i>Restor Neurol Neurosci.</i> 2017;35(5):497-509. doi: 10.3233/RNN-170735. PMID: 28984619.	G
Jiang L 2019	Jiang L, Yuan DL, Li M, et al. Combination of flunarizine and transcutaneous supraorbital neurostimulation improves migraine prophylaxis. <i>Acta Neurol Scand.</i> 2019;139(3):276-283.	HS
Kaster TS 2018	Kaster TS, Daskalakis ZJ, Noda Y, Knyahnytska Y, Downar J, Rajji TK, Levkovitz Y, Zangen A, Butters MA, Mulsant BH, Blumberger DM. Efficacy, tolerability, and cognitive effects of deep transcranial magnetic stimulation for late-life depression: a prospective randomized controlled trial. <i>Neuropsychopharmacology.</i> 2018 Oct;43(11):2231-2238. doi: 10.1038/s41386-018-0121-x. Epub 2018 Jun 18. PMID: 29946106; PMCID: PMC6135812.	HS
Kim HK 2020	Kim HK, Blumberger DM, Downar J, Daskalakis ZJ. Systematic review of biological markers of therapeutic repetitive transcranial magnetic stimulation in neurological and psychiatric disorders. <i>Clin Neurophysiol.</i> 2021 Feb;132(2):429-448. doi: 10.1016/j.clinph.2020.11.025. Epub 2020 Dec 16. PMID: 33465534.	HS
Kothari SF 2020	Kothari SF, Dagsdóttir LK, Kothari M, Blicher JU, Kumar A, Buchholtz PE, Ashkanian M, Svensson P. Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on altered perception of One's own face. <i>Brain Stimul.</i> 2020 May-Jun;13(3):554-561. doi: 10.1016/j.brs.2020.01.001. Epub 2020 Jan 8. PMID: 32289676.	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Kothari M 2016	Kothari M, Baad-Hansen L, Svensson P. Bilateral sensory deprivation of trigeminal afferent fibres on corticomotor control of human tongue musculature: a preliminary study. <i>J Oral Rehabil.</i> 2016 Sep;43(9):656-61. doi: 10.1111/joor.12414. Epub 2016 Jun 5. PMID: 27265155.	HS
Kraus C 2019	Kraus C, Kadriu B, Lanzenberger R, Zarate CA Jr, Kasper S. Prognosis and improved outcomes in major depression: a review. <i>Transl Psychiatry.</i> 2019 Apr 3;9(1):127. doi: 10.1038/s41398-019-0460-3. PMID: 30944309; PMCID: PMC 6447556.	HS
Kyong JS 2019	Kyong JS, Noh TS, Park MK, Oh SH, Lee JH, Suh MW. Phantom Perception of Sound and the Abnormal Cortical Inhibition System: An Electroencephalography (EEG) Study. <i>Ann Otol Rhinol Laryngol.</i> 2019 Jun;128(6_suppl):84S-95S. doi: 10.1177/0003489419837990. PMID: 31092043.	HS
Lanza G 2017	Lanza G, Bachmann CG, Ghorayeb I, Wang Y, Ferri R, Paulus W. Central and peripheral nervous system excitability in restless legs syndrome. <i>Sleep Med.</i> 2017 Mar;31:49-60. doi: 10.1016/j.sleep.2016.05.010. Epub 2016 Aug 27. PMID: 27745789.	HS
Larsen DB 2019	Larsen DB, Graven-Nielsen T, Boudreau SA. Pain-Induced Reduction in Corticomotor Excitability Is Counteracted by Combined Action-Observation and Motor Imagery. <i>J Pain.</i> 2019 Nov;20(11):1307-1316. doi: 10.1016/j.jpain.2019.05.001. Epub 2019 May 9. PMID: 31077798.	HS
Laskov O 2021	Laskov O, Klírová M. Effects of deep transcranial magnetic stimulation (dTMS) on cognition. <i>Neurosci Lett.</i> 2021 Apr 20;755:135906. doi: 10.1016/j.neulet.2021.135906. Epub ahead of print. PMID: 33892000.	HS
Lefaucheur JP 2017	Lefaucheur JP, Chalah MA, Mhalla A, Palm U, Ayache SS, Mylius V. The treatment of fatigue by non-invasive brain stimulation. <i>Neurophysiol Clin.</i> 2017 Apr;47(2):173-184. doi: 10.1016/j.neucli.2017.03.003. Epub 2017 Apr 11. PMID: 28410876.	HS
Leocani L 2019	Leocani L, Chieffo R, Gentile A, Centonze D. Beyond rehabilitation in MS: Insights from non-invasive brain stimulation. <i>Mult Scler.</i> 2019 Sep;25(10): 1363-1371. doi: 10.1177/1352458519865734. PMID: 31469356.	HS
Leone M 2017	Leone M, Cecchini AP. Central and Peripheral Neural Targets for Neurostimulation of Chronic Headaches. <i>Curr Pain Headache Rep.</i> 2017 Mar;21(3): 16. doi: 10.1007/s11916-017-0616-x. PMID: 28271335.	HS
Leung A 2020	Leung A, Shirvalkar P, Chen R, Kuluva J, Vaninetti M, Bermudes R, Poree L, Wassermann EM, Kopell B, Levy R; and the Expert Consensus Panel. Transcranial Magnetic Stimulation for Pain, Headache, and Comorbid Depression: INS-NANS Expert Consensus Panel Review and Recommendation. <i>Neuromodulation.</i> 2020 Apr;23(3):267-290. doi: 10.1111/ner.13094. Epub 2020 Mar 25. PMID: 32212288.	HS
Lindholm P 2016	Lindholm P, Lamusuo S, Taiminen T, Virtanen A, Pertovaara A, Forssell H, Hagelberg N, Jääskeläinen S. The analgesic effect of therapeutic rTMS is not mediated or predicted by comorbid psychiatric or sleep disorders. <i>Medicine (Baltimore).</i> 2016 Nov;95(44):e5231. doi: 10.1097/MD.0000000000005231. PMID: 27858874; PMCID: PMC5591122.	HS
Liu Y 2017	Liu Y, Dong Z, Wang R, Ao R, Han X, Tang W, Yu S. Migraine Prevention Using Different Frequencies of Transcutaneous Occipital Nerve Stimulation: A Randomized Controlled Trial. <i>J Pain.</i> 2017 Aug;18(8):1006-1015. doi: 10.1016/j.jpain.2017.03.012. Epub 2017 Apr 18. PMID: 28428093.	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Liu C 2019	Liu C, Wang M, Liang X, Xue J, Zhang G. Efficacy and Safety of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Poststroke Depression: A Systematic Review and Meta-analysis. <i>Arch Phys Med Rehabil.</i> 2019 Oct; 100(10):1964-1975. doi: 10.1016/j.apmr.2019.03.012. Epub 2019 Apr 17. PMID: 31002813.	HS
Magavi LR 2017	Magavi LR, Reti IM, Vasa RA. A review of repetitive transcranial magnetic stimulation for adolescents with treatment-resistant depression. <i>Int Rev Psychiatry.</i> 2017 Apr;29(2):79-88. doi: 10.1080/09540261.2017.1300574. Epub 2017 Mar 17. PMID: 28306351.	HS
Malm E 2020	Malm E, Struckmann W, Persson J, Bodén R. Pain trajectories of dorsomedial prefrontal intermittent theta burst stimulation versus sham treatment in depression. <i>BMC Neurol.</i> 2020 Aug 20;20(1):311. doi: 10.1186/s12883-020-01881-3. PMID: 32819321; PMCID: PMC7439669.	HS
Martinez SA 2018	Martinez SA, Nguyen ND, Bailey E, Doyle-Green D, Hauser HA, Handrakis JP, Knezevic S, Marett C, Weinman J, Romero AF, Santiago TM, Yang AH, Yung L, Asselin PK, Weir JP, Kornfeld SD, Bauman WA, Spungen AM, Harel NY. Multimodal cortical and subcortical exercise compared with treadmill training for spinal cord injury. <i>PLoS One.</i> 2018 Aug 9;13(8):e0202130. doi: 10.1371/journal.pone.0202130. PMID: 30092092; PMCID: PMC6084979.	HS
Martucci KT 2018	Martucci KT, Mackey SC. Neuroimaging of Pain: Human Evidence and Clinical Relevance of Central Nervous System Processes and Modulation. <i>Anesthesiology.</i> 2018 Jun;128(6):1241-1254. doi: 10.1097/ALN.0000000000002137. PMID: 29494401; PMCID: PMC5953782.	HS
Massé-Alarie H 2016	Massé-Alarie H, Beaulieu LD, Preuss R, Schneider C. Influence of paravertebral muscles training on brain plasticity and postural control in chronic low back pain. <i>Scand J Pain.</i> 2016 Jul;12:74-83. doi: 10.1016/j.sjpain.2016.03.005. Epub 2016 May 11. PMID: 28850499.	HS
Moisset X 2019	Moisset X, Lefaucheur JP. Non pharmacological treatment for neuropathic pain: Invasive and non-invasive cortical stimulation. <i>Rev Neurol (Paris).</i> 2019 Jan-Feb;175(1-2):51-58. doi: 10.1016/j.neurol.2018.09.014. Epub 2018 Oct 12. PMID: 30322590.	G
Nardone R 2017	Nardone R, Höller Y, Langthaler PB, Lochner P, Golaszewski S, Schwenker K, Brigo F, Trinka E. rTMS of the prefrontal cortex has analgesic effects on neuropathic pain in subjects with spinal cord injury. <i>Spinal Cord.</i> 2017 Jan; 55(1): 20-25. doi: 10.1038/sc.2016.87. Epub 2016 May 31. PMID: 27241450.	12 patients
Nardone R 2019	Nardone R, Versace V, Sebastianelli L, Brigo F, Golaszewski S, Christova M, Saltuari L, Trinka E. Transcranial magnetic stimulation and bladder function: A systematic review. <i>Clin Neurophysiol.</i> 2019 Nov;130(11):2032-2037. doi: 10.1016/j.clinph.2019.08.020. Epub 2019 Sep 3. PMID: 31541980.	HS
Neeb L 2019	Neeb L, Bayer A, Bayer KE, Farmer A, Fiebach JB, Siegmund B, Volz MS. Transcranial direct current stimulation in inflammatory bowel disease patients modifies resting-state functional connectivity: A RCT. <i>Brain Stimul.</i> 2019 Jul-Aug;12(4):978-980. doi: 10.1016/j.brs.2019.03.001. Epub 2019 Mar 5. PMID: 30905546.	HS
Ng L 2017	Ng L, Khan F, Young CA, Galea M. Symptomatic treatments for amyotrophic lateral sclerosis/motor neuron disease. <i>Cochrane Database Syst Rev.</i> 2017 Jan 10;1(1):CD011776. doi: 10.1002/14651858.CD011776.pub2. PMID: 28072907; PMCID: PMC6469543.	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Olfati N 2020	Olfati N, Shoeibi A, Abdollahian E, Ahmadi H, Hoseini A, Akhlaghi S, Vakili V, Foroughipour M, Rezaeitalab F, Farzadfard MT, Layegh P, Naseri S. Cerebellar repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for essential tremor: A double-blind, sham-controlled, crossover, add-on clinical trial. <i>Brain Stimul.</i> 2020 Jan-Feb;13(1):190-196. doi: 10.1016/j.brs.2019.10.003. Epub 2019 Oct 7. PMID: 31624048.	HS
Ong WY 2018	Ong WY, Stohler CS, Herr DR. Role of the Prefrontal Cortex in Pain Processing. <i>Mol Neurobiol.</i> 2019 Feb;56(2) :1137-1166. doi: 10.1007/s12035-018-1130-9. Epub 2018 Jun 6. PMID: 29876878; PMCID: PMC6400876.	G HS
Opsommer E 2016	Opsommer E, Zwissig C, Korogod N, Weiss T. Effectiveness of temporary deafferentation of the arm on somatosensory and motor functions following stroke: a systematic review. <i>JBISRIR</i> . 2016 Dec;14(12):226-257. doi: 10.11124/JBISRIR-2016-003231. PMID: 28009677.	HS
Parker RS 2016	Parker RS, Lewis GN, Rice DA, McNair PJ. Is Motor Cortical Excitability Altered in People with Chronic Pain? A Systematic Review and Meta-Analysis. <i>Brain Stimul.</i> 2016 Jul-Aug;9(4):488-500. doi: 10.1016/j.brs.2016.03.020. Epub 2016 Apr 4. PMID: 27133804. HS.	HS
Pommier, B 2021	Pommier, B., Quesada, C., Fauchon, C., Nuti, C., Vassal, F., & Peyron, R. (2019). Added value of multiple versus single sessions of repetitive transcranial magnetic stimulation in predicting motor cortex stimulation efficacy for refractory neuropathic pain, <i>Journal of Neurosurgery JNS</i> , 130(5), 1750-1761.	12 patients
Ponzo V 2018	Ponzo V, Cinnera AM, Mommo F, Caltagirone C, Koch G, Tramontano M. Osteopathic Manipulative Therapy Potentiates Motor Cortical Plasticity. <i>J Am Osteopath Assoc.</i> 2018 Jun 1;118(6):396-402. doi: 10.7556/jaoa.2018.084. PMID: 29809257.	HS
Reuter U 2019	Reuter U, McClure C, Liebler E, Pozo-Rosich P. Non-invasive neuromodulation for migraine and cluster headache: a systematic review of clinical trials. <i>J Neurol Neurosurg Psychiatry.</i> 2019 Jul;90(7):796-804. doi: 10.1136/jnnp-2018-320113. Epub 2019 Mar 1. PMID: 30824632; PMCID: PMC6585264.	HS
Rimmele F 2020	Rimmele F, Jürgens TP. Neuromodulation in primary headaches: current evidence and integration into clinical practice. <i>Curr Opin Neurol.</i> 2020 Jun;33(3):329-337. doi: 10.1097/WCO.0000000000000820. PMID: 32324707.	HS
Rohel A 2021	Rohel A, Bouffard J, Patricio P, Mavromatis N, Billot M, Roy JS, Bouyer L, Mercier C, Masse-Alarie H. The effect of experimental pain on the excitability of the corticospinal tract in humans: A systematic review and meta-analysis. <i>Eur J Pain.</i> 2021 Feb 10. doi: 10.1002/ejp.1746. Epub ahead of print. PMID: 33565699.	HS
Rossi S 2016	Rossi S, Santarnecchi E, Valenza G, Olivelli M. The heart side of brain neuromodulation. <i>Philos Trans A Math Phys Eng Sci.</i> 2016 May 13;374(2067): 20150187. doi: 10.1098/rsta.2015.0187. PMID: 27044999.	HS
Saltagi MZ 2018	Saltagi MZ, Rabbani CC, Ting JY, Higgins TS. Management of long-lasting phantosmia: a systematic review. <i>Int Forum Allergy Rhinol.</i> 2018 Jul;8(7): 790-796. doi: 10.1002/alr.22108. Epub 2018 Feb 27. PMID: 29485754.	HS
Sankarasubramanian V 2017	Sankarasubramanian V, Cunningham DA, Potter-Baker KA, Beall EB, Roelle SM, Varnerin NM, Machado AG, Jones SE, Lowe MJ, Plow EB. Transcranial Direct Current Stimulation Targeting Primary Motor Versus Dorsolateral Prefrontal Cortices: Proof-of-Concept Study Investigating Functional Connectivity of Thalamocortical Networks Specific to Sensory-Affective Information Processing. <i>Brain Connect.</i> 2017 Apr;7(3):182-196. doi: 10.1089/brain.2016.0440. PMID: 28142257; PMCID: PMC5399740.	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Scarpino M 2018	Scarpino M, Lanzo G, Salimova M, Lolli F, Del Vecchio A, Cossu C, Bastianelli M, Occupati B, Lanzi C, Pallanti S, Amantini A, Mannaioni G, Grippo A. Efficacy of high-frequency (15Hz) repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) of the left premotor cortex/dorsolateral prefrontal cortex in decreasing cocaine intake (the MagneTox study): A study protocol for a randomized placebo-controlled pilot trial. <i>Neurophysiol Clin.</i> 2019 Feb; 49(1):1-9. doi: 10.1016/j.neucli.2018.10.002. Epub 2018 Oct 26. PMID: 30712533.	HS
Schabrun SM 2018	Schabrun SM, Palsson TS, Thapa T, Graven-Nielsen T. Movement Does Not Promote Recovery of Motor Output Following Acute Experimental Muscle Pain. <i>Pain Med.</i> 2018 Mar 1;19(3):608-614. doi: 10.1093/pm/pnx099. PMID: 28525636.	HS
Shah DR 2018	Shah DR, Dilwali S, Friedman DI. Migraine Aura Without Headache [corrected]. <i>Curr Pain Headache Rep.</i> 2018 Sep 17;22(11):77. doi: 10.1007/s11916-018-0725-1. Erratum in: <i>Curr Pain Headache Rep.</i> 2018 Oct 20;22(12):85. PMID: 30225597.	HS
Shehata HS 2016	Shehata HS, Esmail EH, Abdelalim A, El-Jaafary S, Elmazny A, Sabbah A, Shalaby NM. Repetitive transcranial magnetic stimulation versus botulinum toxin injection in chronic migraine prophylaxis: a pilot randomized trial. <i>J Pain Res.</i> 2016 Oct 7;9:771-777. doi: 10.2147/JPR.S116671. PMID: 27785091; PMCID: PMC5063492.	HS 29 patients
Silva-Filho E 2018	Silva-Filho E, Okano AH, Morya E, Albuquerque J, Cacho E, Unal G, Bikson M, Pegado R. Neuromodulation treats Chikungunya arthralgia: a randomized controlled trial. <i>Sci Rep.</i> 2018 Oct 30;8(1):16010. doi: 10.1038/s41598-018-34514-4. PMID: 30375485; PMCID: PMC6207669.	HS
Sokolov AY 2019	Sokolov AY, Lyubashina OA, Vaganova YS, Amelin AV. Perifericheskaia neïrostimulatsiia v terapii golovnykh boleï [Peripheral neurostimulation in headache treatment]. <i>Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova.</i> 2019;119(10):79-88. Russian. doi: 10.17116/jnevro201911910179. PMID: 31793548.	Russe
Subramonian A 2020	Subramonian A, Argáez C. Non-invasive Nerve Stimulation Modalities for Migraine Pain: A Review of Clinical Effectiveness and Cost-effectiveness [Internet]. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2020 Apr 9. PMID: 33074638.	G HS
Sun X, 2019	Sun X, Long H, Zhao C, Duan Q, Zhu H, Chen C, Sun W, Ju F, Sun X, Zhao Y, Xue B, Tian F, Mou X, Yuan H. Analgesia-enhancing effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on neuropathic pain after spinal cord injury: An fNIRS study. <i>Restor Neurol Neurosci.</i> 2019;37(5):497-507. doi: 10.3233/RNN-190934. PMID: 31381538.	21 patients
Thibaut A 2017	Thibaut A, O'Brien AT, Fregni F. Strategies for replacing non-invasive brain stimulation sessions: recommendations for designing neurostimulation clinical trials. <i>Expert Rev Med Devices.</i> 2017 Aug;14(8):633-649. doi: 10.1080/17434440.2017.1352470. Epub 2017 Jul 31. PMID: 28681660.	HS
Thibaut A 2017	Thibaut A, Russo C, Morales-Quezada L, Hurtado-Puerto A, Deitos A, Freedman S, Carvalho S, Fregni F. Neural signature of tDCS, tPCS and their combination: Comparing the effects on neural plasticity. <i>Neurosci Lett.</i> 2017 Jan 10;637:207-214. doi: 10.1016/j.neulet.2016.10.026. Epub 2016 Oct 17. PMID: 27765610; PMCID: PMC5541936.	HS
de Tommaso M 2020	de Tommaso M, Betti V, Bocci T, Bolognini N, Di Russo F, Fattapposta F, Ferri R, Invitto S, Koch G, Miniussi C, Piccione F, Ragazzoni A, Sartucci F, Rossi S, Valeriani M. Pearl and pitfalls in brain functional analysis by event-related potentials: a narrative review by the Italian Psychophysiology and Cognitive Neuroscience Society on methodological limits and clinical reliability-part II.	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
	Neurol Sci. 2020 Dec;41(12):3503-3515. doi: 10.1007/s10072-020-04527-x. Epub 2020 Jul 18. PMID: 32683566.	
Umezaki Y 2016	Umezaki Y, Badran BW, Devries WH, Moss J, Gonzales T, George MS. The eDicacy of daily prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for burning mouth syndrome (BMS): a randomized controlled single-blind study. Brain Stimulation 2016;9(2):234-42.	20 patients
Vacas SM 2019	Vacas SM, Stella F, Loureiro JC, Simões do Couto F, Oliveira-Maia AJ, Forlenza OV. Noninvasive brain stimulation for behavioural and psychological symptoms of dementia: A systematic review and meta-analysis. Int J Geriatr Psychiatry. 2019 Sep;34(9):1336-1345. doi: 10.1002/gps.5003. Epub 2018 Oct 17. PMID: 30246461.	HS
Vacher P 2019	Vacher P, Charlanes A, Chesnel C, Pagès A, Malot C, Le Breton F, Amarenco G, Manceau P. Intérêt de la stimulation transcrânienne dans les troubles pelvi-périnéaux [Interest of transcranial stimulation in pelvic and perineal disorders]. Prog Urol. 2019 Jul;29(7):349-359. French. doi: 10.1016/j.purol.2019.03.001. Epub 2019 Apr 26. PMID: 31036483.	HS
Xiao X 2021	Xiao X, Ding M, Zhang YQ. Role of the Anterior Cingulate Cortex in Translational Pain Research. Neurosci Bull. 2021 Mar;37(3):405-422. doi: 10.1007/s12264-020-00615-2. Epub 2021 Feb 10. PMID: 33566301; PMCID: PMC7954910.	HS
Xu X 2021	Xu X, Xu DS. Prospects for the application of transcranial magnetic stimulation in diabetic neuropathy. Neural Regen Res. 2021 May;16(5):955-962. doi: 10.4103/1673-5374.297062. PMID: 33229735.	HS

G : Général
HS : Hors sujet

ANNEXE D – ÉTUDES INCLUSES

Tableau 1 – Utilisation de la SMTr dans les douleurs neuropathiques

ÉTUDES UNIQUES (6)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Galhardoni [18] 2019	Comparaison des effets analgésiques de la stimulation du cortex cingulaire antérieur (ACC) ou de l'insula postérieure supérieure (PSI) par SMTP chez des patients souffrant de DN centrales (DNC) après un AVC ou une lésion de la moelle épinière (LME).	ECR à trois bras actifs PSI-SMTr, ACC-SMTr, PSI-SMTr simulée ou ACC-SMTr simulée. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durée du traitement : 12 semaines. ▪ Évaluation clinique, la psychophysique et des mesures de l'excitabilité corticale effectuées au départ et pendant le traitement. ▪ Indicateur principal : Intensité de la douleur (échelle de notation numérique [NRS]) après la dernière séance de stimulation. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 98 patients ont complété l'étude (âgés de 55,02 ± 12,13 ans). ▪ Score NRS : pas significativement différent entre les groupes à la fin de l'étude. ▪ Les traitements actifs de la SMTP n'ont eu aucun effet significatif sur l'interférence de la douleur avec les activités quotidiennes, les caractéristiques de la douleur, les symptômes de la douleur neuropathique, l'humeur, l'usage de médicaments, les mesures de l'excitabilité corticale ou de la qualité de vie. ▪ Le seuil de douleur due à la chaleur a été significativement augmenté après le traitement dans le groupe PSI-SMTP par rapport au départ (1,58, intervalle de confiance de 95 % [IC] 0,09-3,06]) en comparaison à la SMTP simulée (-1,02, IC à 95 % -2,10 à 0,04, p = 0,014). ▪ ACC-SMTP a provoqué une diminution significative des scores d'anxiété (-2,96, IC à 95 % -4,1 à -1,7]) par rapport à la SMTP simulée (-0,78, IC à 95 % -1,9 à 0,3; p = 0,018). 	L'ACC- SMTP et la PSI-SMTP n'étaient pas différents de la SMTP simulée pour le soulagement de la douleur dans la DNC malgré un effet anti nociceptif ¹⁰ significatif après stimulation insulaire et les effets anxiolytiques de l'ACC-SMTP.
Attal [4] 2015	Évaluation et comparaison de l'efficacité de la SMTr et de la tDCS administrée en M1 chez des patients avec DN	ECR à double insu. <p>Critère d'évaluation principal : Effets analgésiques de séances répétées de SMTr et de la tDCS chez des patients atteints de radiculopathie douloureuse, immédiatement après la fin des séances et cinq jours plus tard.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La SMTr active était supérieure à la fois à la tDCS et à la stimulation simulée en ce qui concerne l'intensité moyenne de la douleur au cours du traitement (p<0,05). ▪ Il y avait une corrélation entre les effets analgésiques des deux techniques. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La SMTr induit une efficacité analgésique à court terme plus élevée que la tDCS chez les patients atteints de radiculopathie douloureuse et a eu plus d'impact sur les aspects sensoriels discriminants de la douleur.

¹⁰ Qui inhibe la nociception, la sensibilité à la douleur.

ÉTUDES UNIQUES (6)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
		<p>Critères d'évaluation secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symptômes neuropathiques. • Seuils de douleur thermique au niveau des membres supérieurs. • Anxiété. • Prédiction de la réponse. <p>Patients et méthodes : Les patients (n=35 dont 51 % de femmes).</p> <p>Interventions : Traitement actif ou simulé (SMTr suivi de tDCS ou tDCS suivi de SMTr) pendant trois jours consécutifs à trois semaines d'intervalle, soit un total de six stimulations.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La SMTr ou la tDCS n'a eu aucun effet sur l'anxiété, la dépression, mais seule la SMTr a amélioré les symptômes neuropathiques. ▪ La SMTr a également modulé les seuils de douleur froide immédiatement après la fin des stimulations, un effet corrélé à son efficacité analgésique. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La corrélation entre l'efficacité analgésique des deux techniques suggère des mécanismes d'action partagés.
Attal [5] 2016	Comparaison de l'efficacité SMTr et de la tDCS dans la douleur neuropathique (DN).	<p>ECR à double insu dans deux centres. Patients avec DN due à une radiculopathie lombo-sacrée.</p> <p>Interventions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • SMTr 10 Hz et tDCS anodale 2 mA en M1. • Stimulation simulée controlatérale à la zone douloureuse. • Durée du traitement : trois séances quotidiennes. <p>Critère d'évaluation principal :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'intensité moyenne de la douleur a été évaluée après chaque séance et cinq jours plus tard. <p>Critères de jugement secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symptômes neuropathiques. • Seuils de douleur thermique pour les membres supérieurs. <p>Minimisation des biais :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attribution au hasard des patients à un des deux groupes : SMTr et tDCS actifs ou SMTr et tDCS simulées. 	<p>51 patients ont été dépistés, dont 35 (51 % de femmes) ont été randomisés.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La SMTr active était supérieure au tDCS et au traitement simulé pour l'intensité de la douleur (F = 2,89 et P = 0,023). ▪ La tDCS n'était pas supérieure à la simulation, mais ses effets analgésiques étaient corrélés à ceux de la SMTr (P = 0,046), suggérant des mécanismes d'action communs. ▪ La SMT abaissait les seuils de douleur due au froid (P = 0,04) et son effet sur la douleur due au froid était corrélé à son efficacité analgésique (P = 0,006). <p>La SMTr n'a eu aucun impact sur les symptômes neuropathiques individuels.</p>	<p>La SMTr est plus efficace que la tDCS et la stimulation simulée chez les patients atteints de DN due à une radiculopathie lombo-sacrée et peut moduler les dimensions sensorielles et affectives de la douleur.</p>

ÉTUDES UNIQUES (6)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
		<ul style="list-style-type: none"> Pour chaque groupe de traitement (actif ou simulé), l'ordre des séances a de nouveau été randomisé selon une conception croisée. 		
Hosomi [24] 2020	Évaluer l'efficacité de la SMTr en M1 chez des patients souffrant de douleur neuropathique (DN).	<ul style="list-style-type: none"> ECR à double insu. Répartition au hasard pour recevoir cinq séances quotidiennes de SMTr active ou simulée en M1 correspondant à la partie du corps éprouvant la pire douleur (500 impulsions par séance à 5 Hz). Quatre séances hebdomadaires de SMTr active. <p>Critère d'évaluation principal : La diminution moyenne d'une échelle visuelle analogique d'intensité de la douleur (échelle de 0 à 100 mm) mesurée quotidiennement pendant les séances dans une population en intention de traiter.</p> <p>Critères d'évaluation secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> Scores de douleur. Mesures de qualité de vie. Score de dépression. 	<p>144 patients affectés aux groupes de stimulation active ou simulée.</p> <p>Critère d'évaluation principal : La diminution moyenne de l'échelle visuelle analogique, n'était pas significativement différente ($p = 0,58$) entre le groupe de stimulation active (moyenne, 8,0) et le groupe simulé (9,2) au cours des séances quotidiennes.</p> <p>Les résultats secondaires : Non significatifs entre les deux groupes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Les patients enrôlés dans le groupe SMTr hebdomadaire continue ont obtenu plus de soulagement de la douleur dans le groupe de stimulation active par rapport au groupe de traitement simulé ($P < 0,01$). Aucun événement indésirable grave n'a été observé. Les cinq séances quotidiennes de SMTr avec des conditions de stimulation utilisées dans cette étude ont été inefficaces pour le soulagement de la douleur à court terme dans l'ensemble de la population de l'étude avec diverses DN. 	L'administration à long terme aux patients <i>répondeurs</i> doit être étudiée pour l'utilisation clinique de la SMTr chez les patients avec DN.
Quesada [50] 2020	Évaluation de l'efficacité de la SMTr dans le traitement de la douleur neuropathique centrale pharmacorésistante.	<p>ECR en aveugle.</p> <p>Les patients ont été inclus dans deux phases randomisées (active/simulée), séparées par une période de sevrage de huit semaines.</p> <p>Chaque phase se composait de quatre séances SMTr consécutives et d'une séance d'évaluation finale, séparées par des pauses de trois semaines.</p> <p>La SMTr à haute fréquence (20 Hz) a été administrée sur le cortex moteur primaire</p>	<p>36 patients ont réalisé toute l'étude.</p> <p>L'effet analgésique pour le critère principal (% R) était significativement plus élevé dans la phase active (33,8 % intervalle de confiance [IC] : [23,88-43,74]) que dans la phase simulée (IC 13,02 % : [6,64-19,76]).</p> <p>Différence significative pour l'EVA des résultats secondaires (-19,34 % CI: [14,31-25,27] vs -4,83 % CI: [1,96-8,18]).</p>	Ces résultats sont en faveur de l'efficacité de ce protocole de la SMTr à haute fréquence en M1 dans le traitement de la douleur chronique pharmacorésistante.

ÉTUDES UNIQUES (6)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
		<p>(M1) controlatéral à la douleur du patient à l'aide d'un système robotique de neuronavigation.</p> <p>Critère d'évaluation principal :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soulagement de la douleur (% R) / au départ. <p>Critères d'évaluation secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Score EVA. • Symptômes de la douleur neuropathique : Consommation de médicaments analgésiques et la qualité de vie (EQ-5D). 	<p>Aucune différence n'a été observée pour la qualité de la vie ou de la consommation de médicaments analgésiques.</p> <p>17 patients (47 %) ont été identifiés comme répondeurs, mais aucune interaction significative n'a été trouvée entre les facteurs cliniques et techniques considérés et pour la réponse analgésique.</p> <p>Aucun effet indésirable.</p>	
<p>Quesada [51] 2018</p>	<p>Évaluation de l'efficacité de la SMTr dans le traitement de la douleur neuropathique centrale (DNC) réfractaire.</p>	<p>Étude observationnelle prospective.</p> <p>Patients (N = 80) souffrant de DNC après des lésions cérébrales ou médullaires.</p> <p>Protocole thérapeutique : HF-SMTr (20 Hz) administrée par neuronavigation appliquée en M1 à l'aide d'une bobine en forme de huit positionnée par un bras robotisé.</p> <p>Quatre séances consécutives (au minimum) espacées par trois à quatre semaines.</p> <p>Principaux critères d'évaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pourcentage de soulagement de la douleur (%). • Durée du soulagement de la douleur (DSD). • Échelle numérique d'évaluation (NRS). • Inventaire des symptômes de la douleur neuropathique (ISDN). • Score de soulagement de la douleur (PRS). 	<p>71 patients ont terminé l'étude.</p> <p>Après les quatre premières séances : Le pourcentage était de 28 % et la DSD était de 11 jours.</p> <p>54 patients (76 %) étaient des répondeurs avec un seuil permissif ≥ 10 % R et 61 % (43 patients) avec un seuil strict ≥ 30 % R.</p> <p>Après 12 mois de traitement (15 séances) : Un effet cumulatif sur % (48 %), DSD (20j) et sur le sous-score ISDN (-28 %). Cet effet est devenu significatif après quatre séances et s'est maintenu pendant 12 mois.</p> <p>Aucun effet indésirable après plus de 1 000 séances de SMTr sur six ans.</p>	<p>Ces résultats confirment que de multiples séances de SMTr sont à la fois sûres et ont un potentiel en tant que traitement de la DNC.</p> <p>Une étude contrôlée randomisée en cours permettra de préciser les résultats obtenus.</p>

REVUES SYSTÉMATIQUES (8)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Yang [65] 2020	Évaluation de l'efficacité de la SMTr dans diverses conditions de douleur.	Revue narrative. Bases de données : PubMed Publications : Articles publiés jusqu'au 7 juin 2019. Critères d'inclusion : • Patients souffrant de douleur. • Traitement SMTr. • Évaluations de suivi dans la réduction de la douleur. Les articles de revue ont été exclus.	106 /1 030 articles ont été inclus. Les résultats suggèrent que la SMTr est bénéfique pour le traitement de la douleur neuropathique d'origines diverses comme la douleur centrale, la douleur due aux troubles nerveux périphériques, la fibromyalgie et la migraine.	Bien que les données sur l'utilisation de la SMTr étaient prometteuses, (pour la douleur orofaciale, la névralgie du trijumeau, la douleur fantôme, la lombalgie, le syndrome de douleur myofasciale, la douleur pelvienne et le syndrome douloureux régional complexe), les preuves étaient insuffisantes pour déterminer l'efficacité de la SMTr pour ces conditions. ▪ Des études supplémentaires sont nécessaires pour valider les effets de la SMTr sur le soulagement de la douleur dans ces conditions. ▪ Cet examen aidera les cliniciens à prendre des décisions éclairées quant à savoir si la SMTr est une option appropriée pour la gestion de diverses conditions de douleur.
Kumru [28] 2017	Évaluation de l'efficacité de la SMTr dans le traitement de divers types de douleur neuropathique.	Revue systématique. Bases de données : Publications PubMed jusqu'en août 2015.	39 études incluses, dont 37 ont étudié la modulation de la douleur à l'aide d'une SMTr sur les cortex moteurs ou non moteurs et deux études ont évalué la modulation de la douleur à l'aide de protocoles répétitifs de stimulation magnétique périphérique.	▪ La SMTr en M1 à l'aide de protocoles de stimulation à haute fréquence peut réduire efficacement la douleur neuropathique, en particulier chez les personnes souffrant de douleurs liées à des lésions non cérébrales. ▪ L'application de plusieurs séances peut entraîner une modulation de la douleur de longue durée et des effets cumulatifs.
Hamid [22] 2019	Évaluation de l'efficacité de la SMT chez les patients souffrant de douleur chronique	Revue systématique. Critères d'inclusion : ECR sur l'impact de la stimulation magnétique transcrânienne sur la douleur de longue durée. Bases de données : PubMed, Ovid Medline, la bibliothèque de bases	12 ECR ont été inclus portant sur 350 patients souffrant de douleurs chroniques focales et généralisées. ▪ Réponse nulle de SMTr à basse fréquence administrée au cortex préfrontal dorsolatéral chez les patients souffrant de douleur chronique. ▪ Réponse analgésique observée avec SMTr active à haute fréquence sur la zone M1 par rapport à la simulation.	La SMT peut produire un soulagement cliniquement significatif de la douleur chronique. L'hétérogénéité des études empêche des conclusions fermes concernant le site et les paramètres de stimulation cible optimaux.

REVUES SYSTÉMATIQUES (8)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
		de données Cochrane et Google Scholar. Publications : de 2000 à 2018. Utilisation de l'outil Cochrane de risque de biais pour l'extraction des données.	<ul style="list-style-type: none"> Un soulagement de la douleur a été détecté pendant une courte période après l'application d'une stimulation active à haute fréquence du cortex moteur dans neuf études, de même que l'effet analgésique de longue durée. Aucun effet secondaire n'a été signalé. 	D'autres études sont nécessaires pour minimiser les biais, améliorer les performances et définir les meilleures conditions et qualifications de stimulation cérébrale pour maximiser sa puissance.
Aamir [1] 2020	Évaluation de l'efficacité de la SMTr dans le traitement de la DN périphérique.	Revue systématique. Bases de données : Medline.	<ul style="list-style-type: none"> 12 études. La majorité des études portaient sur des patients souffrant de douleurs fantômes des membres suivies de : radiculopathie; plexopathie¹¹; douleur post-traumatique et neuropathie périphérique. La SMTr semble avoir un effet immédiat certain sur le soulagement de la douleur qui, dans la majorité des études, se maintient pendant quelques semaines. <p>Limites : Les protocoles de traitement varient considérablement d'une étude à l'autre et la mise en commun des résultats est difficile.</p>	La SMTr semble être une intervention prometteuse dans le traitement de la douleur neuropathique périphérique. Des recherches supplémentaires sur le terrain sont nécessaires. L'utilisation de la neuronavigation pourrait augmenter la précision de la stimulation.
Gatzinsky [20] 2020	Évaluation de l'efficacité et de l'innocuité de la SMTr en M1, et, la précision de prédire une réponse positive à la stimulation épidurale du cortex moteur (SECM) à la DNC.	Revue systématique. Publication : Jusqu'en juin 2019 conformément aux directives PRISMA. Modèle d'étude PICO. Évaluation de la qualité des études : La certitude des preuves de l'effet du traitement a été définie à l'aide du système GRADE.	<p>24 ECR de qualité variable, ont étudié des conditions de douleur très hétérogènes (comme la douleur post-AVC centrale; le SDRC : les LME) et ont utilisé des paramètres de stimulation très variables des données sur la HF-SMTr 5-20 Hz.</p> <p>La différence était statistiquement significative dans le soulagement de la douleur entre la stimulation active et simulée : 9/11 études utilisant la SMTr en une seule séance et dans 9/13 études utilisant plusieurs séances.</p> <p>Les données de base extraites de six études : Une seule séance et 12 séances multiples avec une réduction moyenne pondérée de la douleur induite par la SMTr active, par rapport à la ligne de base de -19 % pour les séances uniques, de -32 % pour les séances multiples avec un suivi < 30 jours, et de -24 % pour les séances multiples avec un suivi ≥ 30 jours après la dernière séance de stimulation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La SMTr ciblant M1 peut entraîner une réduction significative de la DNC qui est transitoire. Plusieurs séances de SMTr peuvent conserver un effet plus ancien. La SMTr semble être un assez bon prédicteur d'une réponse positive à la stimulation épidurale du cortex moteur et peut être utilisée pour sélectionner les patients pour l'implantation d'électrodes périurales permanentes. D'autres études sont nécessaires. <p>Limites :</p> <ul style="list-style-type: none"> Grande hétérogénéité entre les études.

¹¹ Les plexopathies sont un groupe de pathologie touchant le plexus cervical, brachial et lombosacré. Les plexopathies peuvent être d'origines diverses.

REVUES SYSTÉMATIQUES (8)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
			<p>Pour les séances uniques, la différence moyenne pondérée dans la réduction de la douleur entre la SMTr active et le traitement simulé était de 15 points de pourcentage.</p> <p>Pour les séances multiples, la différence était de 22 points de pourcentage pour les suivis < 30 jours et de 15 points de pourcentage pour les suivis ≥ 30 jours.</p> <p>Données pour évaluer la précision de la SMTr pour prédire la réponse au SECM : Rapportées dans quatre études avec une spécificité de 60 % à 100 % et une valeur prédictive positive de 75 % à 100 %.</p> <p>Aucun événement indésirable grave n'a été signalé.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Très faible certitude des preuves pour les séances uniques et faible pour les séances multiples.
Liampas [34] 2020	Évaluation les preuves actuelles sur les interventions non pharmacologiques pour le traitement de la douleur neuropathique périphérique DNP.	Recherche systématique. ECR qui évalue les interventions non pharmacologiques pour le traitement des DNP. Base de données : Medline.	18/538 études incluses. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Preuves de niveau II : pour la neuropathie périphérique diabétique douloureuse. ▪ La stimulation de la moelle épinière en tant qu'adjuvant d'un traitement médical conventionnel peut être utilisée efficacement pour la prise en charge de patients souffrant de douleurs réfractaires. ▪ SMTr adjuvante du cortex moteur est efficace pour réduire l'intensité globale de la douleur, tandis que la thérapie adjuvante par champ magnétique statique peut conduire à une diminution significative de la douleur induite par l'exercice. ▪ Preuves faibles de niveau III pour l'utilisation de l'acupuncture en monothérapie et en neurofeedback, en complément ou en monothérapie, pour le traitement de la DNP induite par la chimiothérapie. 	Des ECR sont nécessaires évaluer les approches non pharmacologiques chez les patients atteints de DNP.
Zhang [67] 2021	Résumé consensuel sur les meilleures pratiques pour les différentes conditions de DN de deux technologies de stimulation cérébrale non invasive (SMTr et tDCS).	Recherche systématique. Bases de données : PubMed. Publications : Jusqu'au 31 janvier 2020. Critères d'inclusion : Études de langue anglaise. Critères d'exclusion : Méta-analyses; revues; revues systématiques, études animales ou impliquant des volontaires sains.	29 études portant sur 826 patients DN ont été examinées. 24 études incluses et des 736 patients avec DN montrent que la SMTr a réussi à soulager les symptômes de douleur de 715 (97,1 %) patients NP. Cinq études portant sur 95 patients avec DN (81,4 %) ont également montré que le tDCS a réussi à soulager la douleur. L'aire motrice M1 joue un rôle clé dans le traitement analgésique. Les potentiels évoqués moteurs (MEP), le système d'électroencéphalographie 10-20 (système EEG 10/20) et les méthodes de	Les résultats de la recherche systématique montrent des preuves des réponses positives et négatives à la SMTr et au tDCS pour les soins des patients avec DN et soulignent leur efficacité analgésique. Le traitement de la DN doit permettre la conception de traitements optimaux pour chaque patient.

REVUES SYSTÉMATIQUES (8)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
			<p>neuronavigation sont utilisés en pratique clinique pour localiser des cibles thérapeutiques.</p> <p>Sur la base des résultats observés, les paramètres de stimulation de la SMTr qui induisent le mieux un effet analgésique sont une fréquence de stimulation de 10 à 20 Hz, une intensité de stimulation de 80 % à 120 % de la RMT, 1 000 à 2 000 impulsions et cinq à 10 séances.</p> <p>Les paramètres les plus efficaces du tDCS sont : une intensité de courant de deux mA, une durée de séance de 20 à 30 min. et de cinq à 10 séances.</p>	
Ramger [53] 2019	Évaluation de l'efficacité des interventions de stimulation cérébrale non invasive pour la douleur centrale post-AVC.	<p>Revue systématique.</p> <p>Bases de données : Publications de 2007 à 2017.</p> <p>Critères d'inclusion : La stimulation cérébrale non invasive était la seule intervention.</p> <p>Résultat principal : Intensité de la douleur clinique ou expérimentale. Évaluation qualitative du risque de biais.</p>	<p>6/1 107 études incluses.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cinq études : Les résultats montrent une diminution de l'intensité de la douleur ($p < 0,05$) immédiatement et trois semaines après l'utilisation de la SMTr ou de la tDCS sur M1. <p>Pour la douleur expérimentale :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une étude a révélé que les seuils de douleur thermique étaient améliorés avec la tDCS par rapport au simulacre ($p < 0,05$). • Une étude dans laquelle les résultats montrent une normalisation du seuil de détection du froid uniquement après SMTr ($p < 0,05$). • L'évaluation qualitative a révélé qu'une seule étude était de qualité « excellente / bonne », tandis que les cinq autres étaient évaluées comme étant « passables » ou « médiocres ». 	<p>La stimulation cérébrale non invasive peut avoir un effet thérapeutique sur le niveau de douleur chez les personnes atteintes de CPSP.</p> <p>Limites :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peu d'études rigoureuses ont été réalisées sur l'impact de la stimulation cérébrale non invasive dans la CPSP. • D'autres études avec un suivi à long terme sont nécessaires.

MÉTA-ANALYSES (6)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS												
Cecchi [11] 2020	Évaluation de l'efficacité des techniques de stimulation cérébrale non invasives dans le traitement de la douleur chronique.	<p>Revue Cochrane (mises à jour).</p> <p>Bases de données : CENTRAL, MEDLINE, Embase, CINAHL, PsycINFO, LILACS et le registre des essais cliniques.</p> <p>Publications : De juillet 2013 à octobre 2017.</p>	<p>38 études supplémentaires ont été ajoutées depuis 2013 (1 225 participants), soit un total de 94 études, dans la revue (2 983 participants).</p> <p>Cette mise à jour comprenait :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>SMTr</th> <th>CES</th> <th>tDCS</th> <th>RINCE</th> <th>tRNS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre</td> <td>42*</td> <td>11</td> <td>36</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Type	SMTr	CES	tDCS	RINCE	tRNS	Nombre	42*	11	36	2	2	<p>L'examen montre que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La HF-SMTr à dose unique à haute fréquence du cortex moteur peut entraîner de petites améliorations à court terme de la douleur et de la qualité de la vie (preuves de faible qualité).
Type	SMTr	CES	tDCS	RINCE	tRNS											
Nombre	42*	11	36	2	2											

MÉTA-ANALYSES (6)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
			<p>Cinq études* ont été publiées depuis 2016 : *Attal 2016 [5] Medeiros [38], Nardone 2017 [43]; Nurmiko 2016 [46] Umezaki 2016 [63].</p> <p>Une étude a évalué à la fois la SMTr et la tDCS.</p> <p>Évaluation du risque de biais de la qualité des études : GRADE.</p> <p>Quatre études présentaient un faible risque de biais pour tous les critères principaux.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualité des preuves étant faible ou très faible. ▪ À l'instar des revues de 2010 et 2014, les auteurs ont conclu que les avantages et les inconvénients possibles de tous les types de stimulation cérébrale non invasive sont encore incertains et que des études plus rigoureuses et plus vastes sont nécessaires. De plus, des cycles de stimulation plus longs doivent être étudiés. <p>Peu d'études ont clairement rapporté des effets secondaires : des maux de tête transitoires, des nausées et des irritations cutanées, mais deux cas de convulsions sont également survenus après une véritable SMTr.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune preuve d'effets n'a été trouvée pour les autres protocoles de SMTr (preuves de très faible à faible qualité). • La tDCS peut réduire la douleur (preuves de très faible qualité) et améliorer la qualité de vie (preuves de faible qualité) à court terme par rapport à la simulation, mais les études étaient de très petite taille. • La stimulation par électrothérapie crânienne n'est pas efficace pour la douleur chronique (preuves de faible qualité). <p>Limites : Tant pour la SMTr que la tDCS, les études étaient de très faible à faible qualité, présentant une petite taille d'échantillons, des problèmes de mise en aveugle ainsi que d'autres limites.</p>
O'Connell [48] 2018	Évaluation de l'efficacité des techniques de stimulation corticale non invasive dans le traitement de la douleur chronique. (mise à jour de la revue Cochrane 2014).	<p>Méta-analyse.</p> <p>Bases de données : CENTRAL, MEDLINE, Embase, CINAHL, PsycINFO, LILACS et les registres d'essais cliniques.</p> <p>Publications : De juillet 2013 à octobre 2017.</p> <p>Critères de sélection : Études randomisées et quasi randomisées d'un groupe témoin de stimulation fictive.</p> <p>Traitements : SMTr, stimulation par électrothérapie crânienne (SEC ou CES), tDCS, RINCE et tRNS.</p> <p>Patients : Patients adultes avec une douleur de trois mois ou plus et mesuraient la douleur comme un résultat.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 38 essais supplémentaires (incluant 1 225 participants randomisés) dans cette mise à jour, soit un total de 94 essais dans la revue (impliquant incluant 2 983 participants randomisés) : 42 études SMTr, 11 SEC, 36 tDCS, deux RINCE et deux tRNS. Une étude a évalué à la fois la SMTr et la tDCS. ▪ Quatre études seulement présentaient un faible risque de biais pour tous les critères clés. ▪ Avec GRADE : Qualité des preuves faible ou très faible. <p>Méta-analyse des études SMTr par rapport à la simulation d'intensité de la douleur lors du suivi à court terme (0 à <1 semaine après l'intervention) : 27 études, portant sur 655 participants, ont démontré un petit effet avec l'hétérogénéité (inférieur au seuil de différence clinique de 15 % ou plus).</p> <p>Les analyses de sous-groupes préspecifiées n'ont pas trouvé de différence entre la stimulation à basse fréquence (preuves de faible qualité) et la SMTr appliquée au cortex préfrontal (preuves de très faible qualité).</p>	<p>Il existe des preuves de très faible qualité selon lesquelles des doses uniques de HF-SMTr du cortex moteur et du tDCS peuvent avoir des effets à court terme sur la douleur chronique et la qualité de vie.</p> <p>Il existe de multiples sources de biais qui peuvent avoir influencé les effets.</p> <p>Il n'y a pas de preuves que la SMTr à basse fréquence, la SMTr appliquée au cortex préfrontal dorsolatéral et la SEC sont efficaces pour réduire l'intensité de la douleur dans la douleur chronique.</p> <p>Les conclusions générales de cette revue n'ont pas beaucoup changé pour cette mise à jour.</p> <p>Des études beaucoup plus importantes sont nécessaires.</p>

MÉTA-ANALYSES (6)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
		<p>Indicateurs : Intensité de la douleur mesurée à l'aide d'échelles analogiques visuelles ou d'échelles numériques d'évaluation, l'invalidité, la qualité de vie et les événements indésirables.</p>	<p>HF-SMTr du cortex moteur dans les études à dose unique a été associée à une petite réduction à court terme de l'intensité de la douleur lors du suivi à court terme (preuves de faible qualité, n'atteint pas seuil de différence de 15 % ou plus).</p> <p>Les résultats des études à doses multiples étaient hétérogènes et il n'y avait aucune preuve d'un effet dans ce sous-groupe.</p> <p>La méta-analyse des études de la SMTr versus la simulation pour la qualité de vie (mesurée à l'aide du Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ) lors du suivi à court terme a démontré un effet positif (preuves de faible qualité).</p> <p>Pour la SEC (cinq études, 270 participants) : aucune preuve d'une différence entre la stimulation active et la simulation pour l'intensité de la douleur relative.</p> <p>Pour la tDCS :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'analyse des études tDCS (27 études, 747 participants) a montré une hétérogénéité et une différence entre la stimulation active et simulée pour l'intensité de la douleur (preuves de très faible qualité). • Les formes de stimulation cérébrale non invasive et de stimulation fictive semblent être fréquemment associées à des effets secondaires mineurs ou transitoires : deux cas de convulsions ont été signalés, tous deux liés à la SMTr. 	
Gao [19] 2020	Évaluation de l'efficacité de la SMTr dans le soulagement de la douleur chez les patients souffrant de DN associée à une LME.	<p>Méta-analyse.</p> <p>Bases de données : Medline, PubMed, Cochrane, EMBASE, Google Scholar.</p> <p>Publications : Avant le 14 mars 2016.</p> <p>Traitements : SMTr ou fictifs SMTr.</p>	<p>Deux études ECR et quatre ECR croisées incluses.</p> <p>Les ECR ont recruté un total de 27 patients.</p> <p>Les ECR croisés ont recruté un total de 100 patients.</p> <p>La différence standardisée combinée des moyennes a indiqué que les patients qui ont reçu une SMTr avaient un meilleur soulagement de la douleur que ceux qui ont reçu une SMTr simulée. Cependant, les résultats n'ont pas atteint une signification statistique (0,607, IC à 95 % : de -1,29 à 0,075, P = 0,081).</p>	<p>La SMTr pourrait réduire la DN associée aux LME.</p> <p>D'autres études sont nécessaires pour étayer nos conclusions.</p>
Yu [66] 2020	Évaluation de l'efficacité de la stimulation cérébrale non invasive sur la DN chez les personnes atteintes	<p>Méta-analyse.</p> <p>ECR comparant la stimulation cérébrale non invasive à une stimulation fictive.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 11 études sélectionnées. ▪ L'analyse groupée n'a démontré aucun effet significatif de la SMTr, de la tDCS ou de la stimulation par électrothérapie crânienne (SEC) sur la réduction de la douleur neuropathique après une LME. 	<p>Aucun effet significatif de la stimulation cérébrale non invasive sur la douleur neuropathique et la dépression n'a été observé chez les personnes atteintes de lésions médullaires (LME).</p>

MÉTA-ANALYSES (6)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
	de lésions médullaires (LME).	Bases de données : Registre Cochrane des essais contrôlés (CENTRAL), MEDLINE (PubMed), Embase (OvidSP), PsycINFO (OvidSP) et Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Indicateurs : • Intensité de la douleur. • Dépression. • Niveaux d'anxiété.	<ul style="list-style-type: none"> La stimulation cérébrale non invasive n'a montré aucun effet bénéfique par rapport à la stimulation fictive sur l'amélioration de la dépression, alors qu'elle a entraîné une réduction significative des niveaux d'anxiété immédiatement après le traitement. L'analyse de sous-groupes a montré que seule la SEC avait un effet significatif sur la réduction des niveaux d'anxiété. 	La stimulation par électrothérapie crânienne peut être bénéfique pour la gestion de l'anxiété. Ces résultats ne soutiennent pas l'utilisation systématique de la stimulation cérébrale non invasive pour la douleur neuropathique chez les personnes atteintes de LME.
Shen [58] 2020	Évaluation des effets analgésiques de la SMTr ou la tDCS sur les DN post-LME.	Méta-analyse. Bases de données : PubMed, Web of Science, EMBASE, Medline, Google Scholar. Publications : Jusqu'en novembre 2019.	Les résultats de la méta-analyse quantitative n'ont montré aucune différence significative entre SMTr et SMTr simulée sur le cortex moteur environ une semaine après la fin de la période de SMTr (différence moyenne standardisée (SMD) = 2,89, (IC) à 95 % = -0,27 à 6,04). L'étude a indiqué que la SMTr a montré un soulagement de la douleur significativement meilleur du traitement par rapport à la SMTr fictive entre deux et six semaines après la fin de la période de SMTr (SMD = 3,81, IC à 95 % : 0,80-7,52). Aucune preuve n'a pu être fournie pour montrer l'effet analgésique de la tDCS sur M1.	Les résultats n'ont pas montré d'effet analgésique précoce de la SMTr sur le DN post-LME, mais ont montré un meilleur effet analgésique à moyen terme, par rapport à la SMTr simulée. Des ECR à plus grande échelle et en aveugle sont nécessaires pour explorer l'effet analgésique de la SMTr et du tDCS sur la DN après une LME.
Cardenas-Rojas [10] 2020	Évaluation des divers types de stimulation cérébrale non invasive (SCNI) combinés à l'exercice pour traiter la douleur chronique.	Méta-analyse. Bases de données : Medline, Central, Scopus, Embase et Pedro. Publications : Jusqu'en novembre 2019. Critères d'inclusion : ECR et études quasi expérimentales rapportant l'utilisation de la stimulation cérébrale non invasive associée à l'exercice chez des patients souffrant de douleur chronique.	Huit ECR comparatives; 219 participants. Diminution significative et homogène de la douleur (ES : -0,62, IC à 95 % : -0,89 à -0,34; I2 = 0,0 %) en faveur de l'intervention combinée par rapport au simulacre SCNI + exercice, principalement par excitation (tDCS anodal / SMTr) stimulation en M1. Selon es techniques : les tailles d'effet regroupées étaient significatives pour le tDCS (ES : -0,59, IC à 95 % : -0,89 à -0,29, I2 = 0,0 %) et le SMTr (ES : -0,76, IC à 95 % : -1,41 à - 0,11, I2 = 0,0 %).	Cette méta-analyse suggère un effet significatif modéré à important de la stimulation cérébrale non invasive associée à l'exercice, dans la douleur chronique. Remarque : Les auteurs discutent du cadre théorique potentiel de cet effet synergique.

Tableau 2 – Études sur de l'utilisation de la SMTr dans les céphalées et les crises migraineuses

ÉTUDE UNIQUE (1)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Mattoo [38] 2019	Évaluation de L'efficacité de la SMTr à basse fréquence sur la douleur dans les céphalées de l'hypertension chronique (CTTH)	<p>ECR : 30 patients diagnostiqués avec CTTH ont été randomisés en groupes SMTr (n = 15) et placebo (n = 15). Un historique clinique détaillé des patients avant l'intervention a été pris.</p> <p>Échelle d'évaluation numérique (NRS) pour la douleur.</p> <p>Questionnaires : [Headache Impact Test-6 (HIT-6); McGill Pain Questionnaire; Pain Beliefs Questionnaire; Coping Strategies Questionnaire; State-Trait Anxiety Inventory Test; Hamilton Rating Scale for Depression and WHO-Quality of Life Questionnaire-Brief version].</p> <p>Évaluations objectives :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réflexe de flexion nociceptive (RFN). • Modulation de la douleur conditionnée. • Les tests ont été répétés après 20 séances (cinq jours / semaine). <p>Interventions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Groupe SMTr : 1 200 impulsions dans huit trains de 150 impulsions chacune ont été données à un Hz sur le cortex préfrontal dorsolatéral droit (RDLPFC). • Groupe placebo, la bobine SMTr a été placée de manière à ce que la stimulation magnétique n'atteigne pas le cortex. 	Le score NRS a diminué de manière significative (P <0,001) et les seuils de NFR ont augmenté de manière significative (P = 0,011) dans le groupe SMTr par rapport au groupe placebo.	<p>Des améliorations subjectives du NRS, du HIT-6, de l'intensité de la douleur actuelle de McGill, du trait d'anxiété et de la douleur psychologique ont été observées.</p> <p>L'augmentation des seuils de NFR a servi de marqueur objectif pour l'amélioration de l'état de la douleur.</p> <p>D'autres études doivent être menées pour confirmer ces résultats.</p>
REVUE SYSTÉMATIQUE (1)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Stilling [61] 2019	Évaluation de la SMT et de tDCS pour le traitement de troubles spécifiques des céphalées (c.-à-d. migraine, tension, grappe de cas, post-traumatique).	<p>Revue systématique.</p> <p>Bases des données : Ovid MEDLINE, registre Cochrane des essais cliniques, Embase, Scopus, PsycINFO.</p> <p>Deux examinateurs.</p> <p>Critères d'inclusion : Adultes de 18 à 65 ans souffrant de maux de tête primaires ou secondaires.</p>	<p>3 039 résumés.</p> <p>34 ont été incluses : 16 SMTr, six TMS (à l'exclusion de la SMTr) et 12 tDCS.</p> <p>La majorité a étudié le traitement de la migraine (19/22 TMS, 8/12 tDCS).</p> <p>La qualité des preuves variait de très faible à élevée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De toutes les modalités de TMS et de tDCS, la SMTr est la plus prometteuse avec des preuves modérées qu'elle contribue à la réduction de la fréquence, de la durée, de l'intensité des céphalées, de l'utilisation de médicaments abortifs, de la dépression et de la déficience fonctionnelle.

REVUE SYSTÉMATIQUE (1)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
	Numéro d'enregistrement : PROSPERO 2017 CRD42017076232.	<p>Interventions : TMS et tDCS appliqués comme traitement des maux de tête).</p> <p>Comparateurs : Simulation ou autre standard de soins.</p> <p>Type d'étude : Cohorte, cas-témoins et ECR.</p> <p>Évaluation du risque de biais et de la qualité des études : Outil Cochrane et GRADE.</p> <p>Réalisation d'une synthèse structurée en raison de l'hétérogénéité des participants et des méthodes.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seules quelques études ont rapporté des changements plus importants que le traitement simulé. ▪ D'autres ECR de haute qualité avec des protocoles standardisés sont nécessaires pour chaque trouble céphalée spécifique afin de valider un effet du traitement.

MÉTA-ANALYSES (4)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Moisset [41] 2020	Évaluation des méthodes de neurostimulation dans le traitement de la migraine.	<p>Revue systématique et une méta-analyse à partir d'ECR rapportant un traitement aigu ou préventif de la migraine avec des méthodes de neurostimulation non invasives ou invasives.</p> <p>Bases de données : Medline et Embase.</p> <p>Publications : Jusqu'au 1^{er} juillet 2020.</p> <p>Deux chercheurs.</p> <p>Indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durée sans douleur de deux heures pour les douleurs aiguës. • Jours de maux de tête par mois pour le traitement préventif. Analyses de sous-groupes par traitement (méthode de stimulation et site d'application). <p>Les estimations ont été regroupées à l'aide d'une méta-analyse à effets aléatoires.</p>	<p>38 articles ont été inclus dans l'analyse qualitative (sept aiguës, 31 préventives).</p> <p>34 dans l'évaluation quantitative (six aiguës, 28 préventives).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La neuromodulation électrique à distance (REN) : était efficace pour le traitement aigu. Les données étaient insuffisantes pour tirer des conclusions pour toute autre technique (études uniques). ▪ La stimulation nerveuse occipitale invasive (ONS) a été efficace pour la prévention de la migraine, avec une taille d'effet importante, mais une hétérogénéité considérable. ▪ La stimulation nerveuse électrique transcutanée supra-orbitaire (TENS). ▪ La stimulation nerveuse électrique percutanée (PENS). ▪ La stimulation magnétique transcrânienne répétitive à haute fréquence (SMTr) sur le cortex moteur primaire (M1) était efficace, avec des tailles d'effet petites à moyennes. ▪ La stimulation du nerf vague, la SMTr du cortex préfrontal gauche. 	<p>Plusieurs méthodes de neuromodulation présentent un intérêt potentiel pour la gestion de la migraine, mais la qualité des preuves est très médiocre.</p> <p>De futures études de grande envergure et bien menées sont nécessaires</p>

MÉTA-ANALYSES (4)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
			<ul style="list-style-type: none"> La stimulation par courant continu transcrânien cathodique (tDCS) sur le M1 n'a eu aucun effet significatif et l'hétérogénéité était élevée. 	
Feng [16] 2019	Évaluation de l'efficacité de la SMTr et de la tDCS dans le traitement des céphalées chez les patients souffrant de migraine.	<p>Méta-analyse.</p> <p>Bases de données : PubMed, EMBASE, Web of Science, Cochrane Library et Scopus.</p> <p>Publications : De janvier 2000 à septembre 2018.</p> <p>Critères d'inclusion : ECR concernant l'efficacité sur la SMTr et le tDCS chez des patients souffrant de migraine.</p> <p>Critères d'évaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> Intensité des céphalées. Fréquence des crises de céphalées. <p>La qualité méthodologique des ECR inclus a été évaluée à l'aide de l'échelle Physiotherapy Evidence Database.</p>	<p>9/276 participants au total.</p> <p>Groupe expérimental [EG] = 149.</p> <p>Groupe témoin [CG] = 127).</p> <p>SMTr cinq études (EG = 81; CG = 80), et quatre tDCS (EG = 68; CG = 47).</p> <p>La stimulation M1 a montré des effets significatifs sur la réduction de l'intensité des céphalées chez les patients migraineux (g de Hedges¹² = -0,94; IC à 95 %, -1,28 à -0,59; P < .001, I² = 18,39 %) avec une grande taille d'effet.</p> <p>Effets significatifs sur la réduction de la fréquence des crises de céphalées chez les patients migraineux, avec une taille d'effet importante (Hedges 'g = -0,88; IC à 95 %, -1,38 à -0,38; P = 0,001, I² = 57,15 %).</p> <p>La stimulation excitatrice du cortex préfrontal dorsolatéral a montré un effet significatif sur l'intensité des céphalées chez les patients migraineux (Hedges 'g = -1,14; IC à 95 %, -2,21 à -0,07; P = 0,04, I² = 61,86 %) avec une taille d'effet importante.</p> <p>Pas de différence significative de la réduction de la fréquence des crises de céphalées.</p> <p>Limites : Les effets différentiels potentiels de la SMTr et de la tDCS, de diverses méthodes factices et des troubles potentiels des céphalées qui se chevauchent chez les sujets inclus peuvent affecter l'estimation de la taille des effets.</p>	Une stimulation cérébrale non invasive appliquée en M1 est susceptible de réduire l'intensité des céphalées et la fréquence des crises de céphalées chez les patients migraineux.

¹² Le g de Hedge est une autre mesure de l'ampleur d'effet, très semblable au d de Cohen, que l'on trouve régulièrement dans la littérature scientifique. Il comprend une correction du biais dans les petits échantillons que le d de Cohen ne comprend pas. Lorsque la taille de l'échantillon est inférieure à 20, le g de Hedge surpasse le d de Cohen. Pour les tailles d'échantillon > 20, les résultats des deux statistiques sont à peu près équivalents.

MÉTA-ANALYSES (4)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Lan [29] 2017	Évaluation de l'efficacité de la SMT sur la migraine.	Méta-analyse de tous les ECR. Bases de données : PubMed, Embase et Cochrane Library, des études publiées comparant le groupe SMT au groupe simulé effectué.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cinq études, portant sur 313 patients migraineux. ▪ La SMT à impulsion unique est efficace pour le traitement aigu de la migraine avec aura après la première crise ($p = 0,02$). ▪ L'efficacité du SMT sur la migraine chronique n'était pas significative (OR 2,93; IC à 95 % 0,71-12,15; $p = 0,14$). 	La SMT est efficace pour la migraine.
Shirage [59] 2016	Évaluation de l'efficacité de la stimulation cérébrale non invasive (SCNI) sur le contrôle de la douleur chez les patients migraineux.	<p>Méta-analyse.</p> <p>Bases de données : Medline (via PubMed), LILACS (via BIREME), CINAHL (via EBSCO), Scopus (via EBSCO), Web of Science et CENTRAL.</p> <p>Deux auteurs indépendants.</p> <p>Publications : ECR jusqu'en janvier 2016.</p> <p>Interventions : tDCS et SMT.</p> <p>Les études ont été évaluées et la qualité méthodologique a été examinée à l'aide de l'outil Cochrane pour évaluer le risque de biais.</p> <p>Critères d'évaluation principale: Intensité de la douleur.</p> <p>Autres critères d'évaluation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crises de migraine. • Prise d'analgésiques. • Effets indésirables. 	<p>Huit études incluses avec 153 patients migraineux ayant reçu un SCNI et 143 un STNI factice.</p> <p>Pas trouvé de résultats significatifs.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Intensité de la douleur (DMS : -0,61; IC : -1,35 à 0,13; $P = 0,11$). ▪ Crises de migraine (DMS : -0,44; 95 %; IC : -1,15 à 0,26; $P = 0,22$). ▪ Prise d'analgésiques (DMS : -0,57; IC à 95 % : -1,21 à 0,07; $P = 0,08$). ▪ Une analyse de sous-groupe considérant uniquement les effets de la tDCS a montré. ▪ Une diminution de l'intensité de la douleur (DMS : -0,91; IC à 95 % : -1,79 à -0,03; $P = 0,04$). ▪ Des crises de migraine (DMS : -0,75; IC à 95 % : 1,25 à -0,24; $P = 0,004$). ▪ Et la prise d'analgésiques (DMS : -0,64; IC à 95 % : -1,21 à -0,07; $P = 0,03$). <p>L'analyse des sous-groupes pour le TMS n'a révélé aucun effet significatif pour aucun résultat.</p>	<p>Pas de preuves sur la supériorité de la stimulation cérébrale non invasive sur le traitement factice.</p> <p>Qualité des études faible ou très faible.</p> <p>Cependant, l'analyse de sous-groupes révèle que le tDCS a des effets modérés à élevés et pourrait être une alternative non pharmacologique prometteuse au contrôle de la douleur, principalement pour la réduction de la consommation d'analgésiques.</p> <p>D'autres ECR de plus grande envergure avec une rigueur méthodologique sont nécessaires.</p>

Tableau 3 – Études sur l'utilisation de la SMTr dans la fibromyalgie

ÉTUDE UNIQUE (1)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Guinot [21] 2021	Évaluation de l'efficacité de la SMTr seule ou en association (thérapie multimodale) sur la douleur chez les patients atteints de fibromyalgie.	<p>ECR</p> <p>39 patients atteints de FM avec des résultats sur l'échelle visuelle analogique (EVA) pour une douleur 40 mm.</p> <p>Interventions : HF-SMTr M1.</p> <p>Durée : Plus 12 semaines de thérapie multimodale (MT) (trois séances par semaine combinant un entraînement aérobie, exercices en piscine et relaxation).</p> <p>Protocole : La SMTr a été commencée deux semaines avant la MT et maintenue jusqu'à la fin du programme (semaine 14).</p> <p>Suivi : Données au début, à la semaine 14 et à six mois (semaine 40) après la fin du programme.</p> <p>Critère principal : Réduction de la douleur rapportée quotidiennement.</p> <p>Critères d'évaluation secondaires : Condition cardiorespiratoire (test d'effort maximal gradué); adaptations autonomes cardiaques et l'impact FM (en utilisant des échelles pour l'impact FM, la dépression, l'efficacité du sommeil et la douleur).</p>	<p>Pas de différence significative dans la réduction de la moyenne hebdomadaire de la douleur rapportée quotidiennement ne différait pas significativement entre les groupes (en utilisant des mesures répétées d'analyse de la variance [ANOVA]).</p> <p>Les analyses bidirectionnelles de la variance ont montré que les résultats de l'EVA de la douleur, ainsi que la condition cardiorespiratoire, la qualité de vie et la dépression, s'amélioraient significativement à la semaine 14 et restaient stables jusqu'à la semaine 40.</p> <p>Pas de différence significative pour les autres critères.</p> <p>Enregistrement de l'essai : ClinicalTrials.gov NCT01308801.</p>	Le TMS répétitif n'a pas réduit la douleur chez les patients atteints de fibromyalgie qui ont suivi le programme de thérapie multimodale.

REVUE SYSTÉMATIQUE (1)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Conde-Antón [13] 2020	Évaluer les effets de la tDCS et de la SMTr sur les principaux symptômes des patients atteints de fibromyalgie.	<p>Revue systématique basée sur les lignes directrices PRISMA.</p> <p>ECR basées sur les effets du tDCS et du TMS sur la douleur, le seuil de la douleur de pression, la fatigue, l'anxiété et la dépression et la qualité de vie chez les patients atteints de FM.</p> <p>Bases de données : Medline, Scopus, PEDro et Cochrane Library.</p>	14 études ont été incluses.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'application de la tDCS au cortex moteur est la seule intervention qui a démontré pour diminuer la douleur à court et à moyen terme chez les patients atteints de fibromyalgie. ▪ L'application des deux interventions a montré une amélioration du seuil de douleur de pression et de la qualité de vie lorsqu'elle est appliquée au cortex moteur, et de la fatigue lorsqu'elle est appliquée au cortex préfrontal dorsolatéral. ▪ Les effets de ces interventions sur l'anxiété et la dépression ne sont pas clairs.

MÉTA-ANALYSES (2)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Saltychev [55] 2017	Évaluation de l'efficacité de la SMTr dans le traitement de divers types de douleur chez les patients atteints de fibromyalgie.	<p>Revue systématique et Méta-analyse.</p> <p>Bases de données : CENTRAL, Medline; Embase, CINAHL, Scopus, Web of Science et autres références pertinentes.</p> <p>Critères d'inclusions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patients adultes atteints de fibromyalgie. • ECR. <p>Critères d'évaluation : Changement de l'intensité de la douleur.</p> <p>Qualité méthodologique : Évaluation à l'aide de l'échelle introduite dans les Guidelines for Systematic Reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group.</p> <p>Une méta-analyse à effets aléatoires a été réalisée avec un test d'hétérogénéité utilisant le I et l'estimation groupée comme moyenne non standardisée de la différence dans les mesures de la gravité de la douleur par une échelle de notation numérique.</p>	<p>8/791 études incluses.</p> <p>Sept études incluses dans la méta-analyse.</p> <p>Le risque de biais a été jugé faible pour sept études.</p> <p>La sévérité de la douleur avant et après la dernière stimulation a diminué de -1,2 point sur une échelle numérique de 0 à 10 (intervalle de confiance à 95 % : de -1,7 à -0,8).</p> <p>La sévérité de la douleur avant et une semaine à un mois après la dernière stimulation a diminué de -0,7 point (intervalle de confiance à 95 % : -1,0 à -0,3).</p> <p>Les deux résultats regroupés étaient inférieurs à la différence minimale cliniquement importante de 1,5 point.</p>	<p>Il existe des preuves modérées que la SMTr n'est pas plus efficace que le traitement simulé pour réduire la gravité de la douleur chez les patients atteints de fibromyalgie, ce qui remet en question la recommandation de routine de cette méthode pour le traitement de la fibromyalgie.</p>
Hou [25] 2016	Évaluation de l'efficacité de la stimulation cérébrale non invasive (SMTr et tDCS), dans le traitement de la fibromyalgie.	<p>Méta-analyse.</p> <p>Bases de données : Medline, Embase, PsycINFO et Cochrane Library.</p> <p>Publications : Jusqu'en juillet 2015.</p> <p>Critères d'inclusion : ECR.</p> <p>Patients avec fibromyalgie.</p> <p>Interventions : Stimulation cérébrale non invasive (SMTr et tDCS).</p>	<p>16 études.</p> <p>Effets favorables significatifs des stimulations cérébrales non invasives (STNI).</p> <ul style="list-style-type: none"> • La taille moyenne pondérée de l'effet dans la réduction de la douleur de 0,667 (IC à 95 % 0,446, 0,889). • La dépression 0,322 (IC à 95 % 0,140, 0,504). • La fatigue 0,511 (IC à 95 % 0,247, 0,774). • Les troubles du sommeil 0,682 (IC à 95 % 0,350, 1,014). • Les points sensibles 0,867 (IC à 95 % 0,310, 1,425). • L'amélioration de l'état de santé général/de la fonction 0,473 (IC à 95 % 0,285, 0,661). <p>La stimulation par la SMTr a produit une taille d'effet plus importante que celle de TDCS (taille d'effet 0,698 et 0,568, respectivement; $P < 0,0001$).</p>	<p>La rTMS et la TDCS peuvent être des modalités réalisables et sûres pour le traitement de la fibromyalgie.</p> <p>Les effets généraux de la rTMS et de la TDCS sont compatibles chez les patients avec fibromyalgie.</p> <p>La stimulation en M1 peut être meilleure dans la réduction de la douleur et le cortex préfrontal dorsolatéral peut être meilleur dans l'amélioration de la dépression.</p> <p>Les résultats ont révélé des effets favorables significatifs de la stimulation cérébrale non invasive.</p>

MÉTA-ANALYSES (2)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
			<p>La stimulation du cortex moteur primaire (M1) a produit une taille d'effet légèrement plus grande dans la réduction de la douleur par rapport à celle du cortex préfrontal dorsolatéral (taille d'effet 0,709 et 0,693, respectivement; $P < 0,0001$).</p> <p>Aucune relation linéaire n'a été trouvée entre les tailles d'effet et les schémas thérapeutiques et la dose.</p> <p>La plupart des effets indésirables signalés étaient mineurs.</p>	

Tableau 4 – Études sur l'utilisation de la SMTr dans les douleurs orofaciales

REVUES SYSTÉMATIQUES (2)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Herrero Babiloni [23] 2018	Évaluation de l'efficacité de la SMT et du tDCS dans le traitement de la douleur orofaciale chronique (OFP).	<p>Revue systématique.</p> <p>Bases de données : MEDLINE, Embase, Web of Science, Scopus et Google Scholar.</p> <p>Les critères d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Population : adultes ayant reçu un diagnostic d'OFP chronique, y compris des troubles neuropathiques et non neuropathiques. • Interventions : SMT ou tDCS active. • Compareurs : stimulation simulée de TMS ou de tDCS. <p>Critère d'évaluation principal : Intensité de la douleur rapportée par le patient.</p> <p>Critères d'évaluation secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durée du soulagement de la douleur. • Effets indésirables. <p>Évaluation des paramètres méthodologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Risque de biais. • Qualité des études. 	<p>14/556 études (SMT = 11; tDCS = 3). 228 patients.</p> <p>Les troubles OFP inclus : la névralgie du trijumeau, la neuropathie du trijumeau, le syndrome de la bouche brûlante, la douleur faciale atypique et les troubles temporo-mandibulaires.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Des réductions significatives de la douleur ont été obtenues dans les deux techniques. ▪ Un plus grand nombre de séances a produit des effets plus durables. ▪ Un risque élevé de biais et une mauvaise qualité des études ont été constatés. 	<p>La SMT et le tDCS semblent être des alternatives sûres et prometteuses pour réduire l'intensité de la douleur dans les différents troubles OFP chroniques.</p> <p>D'autres sont nécessaires pour réduire les biais, améliorer la qualité et caractériser les paramètres optimaux de stimulation cérébrale.</p>

REVUES SYSTÉMATIQUES (2)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Ferreira [17] 2019	Évaluation des effets du TMS et du tDCS dans le traitement de la douleur orofaciale chronique. PROSPERO (CRD42018090774)	Recherche systématique. Bases de données : MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane, Embase, LILACS, BBO, Open Gray et CINAHL. Critères d'inclusion : ECR qui appliquaient le TMS ou le tDCS pour traiter la douleur orofaciale chronique. Indicateurs : • Douleur. • Limitation fonctionnelle. • Qualité de vie. • Tolérance au traitement. • Changements somato-sensoriels. Effets indésirables. Évaluation du risque de biais et de la qualité des études : Outil de collaboration Cochrane GRADE.	8/636 études incluses. 4 TMS et 4 tDCS. Les études incluses utilisaient une grande variété de protocoles thérapeutiques. Les résultats de ces études suggèrent que la SMTr appliquée à M1, au cortex préfrontal dorsolatéral (DLPFC) et au cortex somato-sensoriel secondaire (S2) procure un soulagement adéquat de la douleur orofaciale. Deux études ont rapporté une amélioration significative de la douleur avec le tDCS appliqué sur M1. Deux études n'ont pas réussi à démontrer des effets significatifs par rapport au placebo.	La SMTr, appliquée à M1, DLPFC ou S2, est une approche prometteuse pour le traitement de la douleur orofaciale chronique. La tDCS ciblant M1 semble également être efficace dans le traitement de la douleur orofaciale chronique. Limites : • La plupart des études ont utilisé des échantillons de petite taille. • Risque élevé de biais dans leurs méthodologies. • Preuves de faible. D'autres études avec des protocoles thérapeutiques mieux standardisés sont nécessaires.

Tableau 5 – Études sur l'utilisation de la SMTr dans les douleurs du membre fantôme

ÉTUDE UNIQUE (1)

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Malavera [37] 2016	Évaluation de la SMTr dans le traitement de la douleur des membres fantômes (PLP) chez les victimes de mines terrestres.	ECR monocentrique double aveugle. 54 patients atteints de PLP. Interventions : SMTr réelle ou fictive de M1 controlatérale à la jambe amputée. Protocole : SMTr administrée en série de 20 trains d'une durée de six secondes (54 secondes intertrain, intensité 90 % du seuil moteur) à une fréquence de stimulation de 10 Hz (1 200 impulsions), 20 minutes par jour, pendant 10 jours. Groupe témoin : Une bobine factice a été utilisée.	L'administration de SMTr active a induit : Une réduction significativement plus importante de l'intensité de la douleur (scores de l'échelle visuelle analogique) 15 jours après le traitement par rapport à la stimulation simulée (-53,38 ± 53,12 % vs -22,93 ± 57,16 %; différence moyenne entre les groupes = 30,44 %, 95 % intervalle de confiance, .30-60.58; P = .03). Cet effet n'était pas significatif 30 jours après le traitement. 19 sujets (70,3 %) ont atteint une réduction de la douleur cliniquement significative (> 30 %) dans le groupe actif contre 11 dans le groupe simulé (40,7 %) 15 jours après le traitement (P = 0,03).	La SMTr à haute fréquence sur le M1 controlatéral des amputés traumatiques a induit une réduction cliniquement significative de la douleur jusqu'à 15 jours après le traitement sans effet secondaire majeur. Ces résultats indiquent que la SMTr est une thérapie sûre et efficace chez les patients atteints de PLP causée par des explosions de mines terrestres.

ÉTUDE UNIQUE (1)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
			Amélioration clinique significative de la douleur après l'administration de SMTr à 10 Hz sur M1 controlatéral pendant deux semaines chez des amputés traumatiques avec PLP.	

REVUE SYSTÉMATIQUE (1)				
AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Akyuz [3] 2019	Évaluation de l'efficacité et de l'innocuité des techniques de neuromodulation non invasives pour la douleur des membres fantômes (PLP).	Recherche systématique. Bases de données : PubMed, Scopus, Web of Science et Cochrane Library. Critères d'inclusion : Études examinant les effets de la neuromodulation non invasive pour la PLP. Évaluation : GRADE.	4/239 études incluses. SMTr n=2; tDCS n=2. Existence des preuves contradictoires pour soutenir l'utilisation du tDCS à court terme et des preuves modérées pour soutenir l'utilisation de la SMTr à court et à moyen terme. Aucun effet indésirable grave n'a été signalé. Limite : Très petit échantillon.	Des ECR de plus grande taille avec un suivi à court terme et à long terme sont nécessaires.

Tableau 6 – Études sur deux autres conditions cliniques d'utilisation de SMTr

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Pei [49] 2019	Évaluation de l'efficacité de la SMTr dans le traitement de divers types de douleur à différentes fréquences élevées (5 Hz, 10 Hz) pour douleur neurologique postherpétique (PHN). Chine.	ECR. 60 atteints de névralgie postherpétique (zona). Trois groupes : Groupe SMTr fictif, le groupe SMTr 5 Hz et le groupe SMTr 10 Hz. Stimulation de M1 du côté sain a été stimulée avec une intensité de 80 % de SMT. Groupe SMTr 5 Hz : Chaque séance de stimulation consistait en une série de 300 impulsions d'une seconde avec une fréquence de 5 Hz et un intervalle de 2,5 secondes entre chaque train, soit un total de 1 500 impulsions par séance. Groupe SMTr 10 Hz : Chaque séance de stimulation consistait en une série de 300 impulsions de 0,5 seconde avec une fréquence de 10 Hz et un intervalle de trois secondes entre chaque train, soit	<ul style="list-style-type: none"> Par rapport au groupe SMTr fictif, il y avait une réduction significative des scores EVA dans le groupe SMTr 5 Hz et 10 Hz SMTr au T2-T12 (P <0,05). Les scores EVA dans le groupe SMTr 10 Hz à T7-T12 étaient significativement inférieurs par rapport au groupe SMTr 5 Hz (P <0,05). La réduction moyenne de l'EVA était significativement différente entre les groupes SMTr 5 Hz et 10 Hz; 28,3 % (intervalle de confiance [IC] à 95 %, 19,48 % -49,35 %), contre 39,89 % (IC à 95 %, 22,47 % -58,64 %), avec (F = 5,289, p = 0,022). Pas de différences significatives dans les scores généraux SF-MPQ, QOL, SQ, SDS et PGIC. 	La SMTr à l'une ou l'autre fréquence, 5 Hz ou 10 Hz, a soulagé la PHN et amélioré la qualité de vie des patients. La SMTr à 10 Hz était supérieure à la SMTr à 5 Hz en termes de soulagement de la douleur, de la qualité de vie et de l'amélioration de la qualité du sommeil, bien que cette dernière soit plus sûre. La SMTr à 5 Hz ou 10 Hz peut être utilisée comme thérapie adjuvante pour la douleur neurologique postherpétique.

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
		<p>un total de 1 500 impulsions par séance. La durée totale des stimulations était de 17,5 minutes.</p> <p>La SMTr a été réalisée une fois par jour pendant 10 jours.</p> <p>Les trois groupes ont reçu une thérapie médicamenteuse conventionnelle.</p> <p>Suivi : Les données de base ont été enregistrées dans les trois groupes. À différents moments (avant le traitement, T0; pendant le traitement, T1-T10; un mois après le traitement, T11; et trois mois après le traitement, T12).</p> <p>Indicateurs : Échelle visuelle analogique (EVA); Questionnaire court-form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ); Échelle de qualité de vie (QOL); Échelle de qualité du sommeil (SQ); Échelle d'autoévaluation de la dépression (SDS); Impression globale du changement par le patient (PGIC).</p> <p>Incidence des événements indésirables.</p>	<p>Cependant, les scores QQL, SQ et PGIC du groupe SMTr 5 Hz et du groupe SMTr 10 HZ à T12 étaient significativement plus élevés que ceux du groupe SMTr simulé.</p> <p>Limites : La période de suivi de l'étude était limitée à trois mois.</p>	
Zuchella [68] 2020	Évaluation des divers types de stimulation cérébrale et vertébrale médullaire non invasive dans le traitement de la douleur dans la SEP.	<p>Revue systématique.</p> <p>Bases de données : Pubmed, Science Direct et Web of Science.</p> <p>Publications : Jusqu'au 21 février 2020.</p>	<p>Neuf sur 279 documents ont été inclus.</p> <p>Les techniques explorées étaient :</p> <ul style="list-style-type: none"> • tDCS (N = 5). • SMTr (N = 2). • tRNS¹³ (N = 1). • tsDCS¹⁴ (N = 1). <p>Les cibles stimulées : M1 (N = 4), DLPFC¹⁵ (N = 3), la moelle épinière (N = 1), cible cérébrale non spécifiée (N = 1).</p> <p>Les plans d'étude : randomisés (N = 7), ouverts (N = 1), rapport de cas unique (N = 1).</p> <p>Malgré les différences dans la conception de l'étude, toutes les études convergent pour montrer une amélioration significative de la</p>	<p>La stimulation cérébrale et médullaire vertébrale non invasive appliquée sur M1, le DLPFC gauche et la moelle épinière semblent être les protocoles les plus efficaces contre la douleur dans la SEP.</p> <p>Les questions ouvertes comprennent l'utilisation de mesures de substitution neurophysiologiques ou de neuroimagerie, la stratification des patients en fonction des profils cliniques et des mécanismes pathogéniques sous-jacents et son association avec un traitement pharmacologique, une</p>

¹³ Stimulation transcrânienne par bruit aléatoire est une technique de stimulation électrique transcrânienne non invasive.

¹⁴ Stimulation électrique transcutanée consiste à appliquer des impulsions de bas voltage au niveau du système nerveux périphérique.

¹⁵ Cortex préfrontal dorsolatéral gauche.

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
			douleur après une stimulation cérébrale et vertébrale non invasive avec des effets moins cohérents sur d'autres symptômes du cluster lié à la douleur (dépression, fatigue, cognition) et la qualité de vie.	neuro-réadaptation ou une psychothérapie. La durée des effets des stimulations cérébrales et vertébrales non invasives et sa faisabilité restent à explorer.

Tableau 7 - Études sur les lignes directrices et les guides de pratique de la SMTr en clinique

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
Cruccu [14] 2016	Mise à jour et évaluation des précédentes lignes directrices de la Fédération européenne des sociétés neurologiques sur la neurostimulation pour la douleur neuropathique et des conditions de douleur chronique autres que la douleur neuropathique.	Revue systématique et une méta-analyse. Publications : Entre 2006 et décembre 2014. Les états de douleur comprenaient : • La DN; la fibromyalgie, le syndrome douloureux régional complexe (SDRC) de type I et la douleur chronique post-chirurgicale du dos et des jambes (CBLP). • Traitements : Stimulation de la moelle épinière (SCS); stimulation cérébrale profonde (DBS); stimulation du cortex moteur épidural (MCS); SMTr et la stimulation électrique directe transcrânienne (tDCS) du cortex moteur primaire (M1) ou du cortex préfrontal dorsolatéral (DLPFC) ont été évalués. Évaluation de qualité des preuves : GRADE.	Recommandations faibles : Pour SCS ajouté à la prise en charge médicale conventionnelle dans la neuropathie diabétique douloureuse, CBLP et CRPS, pour SCS comparativement à la réopération dans CBLP, pour MCS dans la douleur neuropathique, pour SMTr de M1 dans la douleur neuropathique et la fibromyalgie pour le tDCS de M1 dans la douleur neuropathique. Recommandations non concluantes : Pour la DBS dans la douleur neuropathique, la SMTr et la tDCS du DLPFC, et pour la tDCS du cortex moteur dans la fibromyalgie et la douleur des lésions de la moelle épinière.	Les auteurs notent : • La qualité médiocre à modérée des preuves. • La nécessité de futures études multicentriques à grande échelle sur la neurostimulation non invasive et invasive est encouragée. La collecte de preuves de meilleure qualité sur les facteurs prédictifs de l'efficacité de ces techniques, tels que la durée, la qualité et la sévérité de la douleur, est également recommandée.
Lefaucheur [30] 2020	Évaluation des lignes directrices sur l'efficacité thérapeutique de la stimulation magnétique transcrânienne répétitive (SMTr) par un	Revue des lignes directrices : Mise à jour précédemment publiée en 2014 [31]. Publications : Jusqu'à la fin de 2018. Douleur neuropathique : DN. Aire motrice primaire : M1.	Des preuves de niveau A (efficacité certaine) ont été obtenues pour : • HF- SMTr de M1 controlatéral au côté douloureux pour la DN.	Les auteurs soulignent que les recommandations actuelles sont basées sur les différences d'efficacité thérapeutique entre les protocoles de SMTr réels et simulés, et

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES	RÉSULTATS	CONCLUSIONS
	groupe d'experts européens.		<ul style="list-style-type: none"> • HF- SMTr du cortex préfrontal dorsolatéral gauche (DLPFC) en utilisant une figure de 8 ou une bobine H1 pour la dépression. • SMTr à basse fréquence de M1 contra-lésionnel pour la récupération motrice de la main au stade post-aigu de l'AVC. <p>Des preuves de niveau B (efficacité probable) ont été obtenues pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • HF-SMTr du M1 gauche ou DLPFC pour améliorer la qualité de vie ou la douleur, dans la fibromyalgie. • HF-SMTr des régions M1 bilatérales ou du DLPFC gauche pour améliorer la déficience motrice ou la dépression, respectivement, dans la maladie de Parkinson. • HF-SMTr de M1 ipsilesional pour favoriser la récupération motrice au stade post-aigu de l'AVC. • Stimulation intermittente thêta-burst ciblée sur le cortex moteur de la jambe pour la spasticité des membres inférieurs dans la sclérose en plaques. • HF-SMTr du DLPFC droit dans le trouble de stress post-traumatique; LF-SMTr du gyrus frontal inférieur droit dans l'aphasie non fluide chronique post-AVC; LF-SMTr du DLPFC droit en dépression. • Stimulation bihémisphérique du DLPFC combinant le LF-SMTr du côté droit (ou stimulation en rafale thêta continue) et le HF-SMTr du côté gauche (ou stimulation en rafale thêta intermittente) dans la dépression. <p>Aucune preuve de niveau A / B n'est obtenue concernant l'efficacité de la SMTr dans aucune autre condition.</p>	<p>sont retrouvées dans un nombre suffisant d'études indépendantes.</p> <p>Les auteurs ajoutent que cela ne signifie pas que le bénéfice produit par la SMTr atteint inévitablement un niveau de pertinence clinique.</p>