

Faculté des sciences de la motricité

**Effet de la stimulation
transcrânienne à courant direct sur
les fonctions motrices, l'activité et la
qualité de vie des personnes
atteintes de troubles neurocognitifs
majeurs - Une revue systématique et
méta-analyse**

Auteurs : BOURIAUD Maxime et TACHET Julie
Promoteur : EVERARD Gauthier
Année académique 2023-2024
Master en kinésithérapie et réadaptation [60.0] - KINE2M

Remerciements :

Nous tenons à exprimer, en premier lieu, notre sincère gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien, leurs encouragements et leurs conseils avisés ont été indispensables et ont considérablement facilité l'avancement de ce projet.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur, Gauthier Everard, pour son implication et ses conseils précieux tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son expertise, sa disponibilité et son soutien constant ont été essentiels à l'aboutissement de ce travail. Sa capacité à orienter nos recherches avec rigueur et bienveillance a grandement enrichi cette expérience académique. Merci, Gauthier, pour votre dévouement et votre engagement, qui ont été une source d'inspiration et de motivation pour nous. Nous sommes reconnaissants pour les échanges constructifs et les perspectives nouvelles que vous nous avez apportées, et pour l'attention que vous avez portée à chaque étape de ce projet. Votre encadrement a été déterminant pour la qualité de ce mémoire, et nous vous en sommes infiniment reconnaissants.

Notre reconnaissance va aussi à Louise Declerck pour les ateliers mémoire qu'elle a proposés tout au long de cette année académique. Ces ateliers ont été d'une grande utilité pendant la rédaction de ce mémoire, nous apportant des outils et des conseils précieux.

Enfin, nous tenons à remercier nos amis et notre famille pour leur soutien indéfectible et leurs relectures attentives tout au long de ce processus. Leur encouragement et leur patience ont été des piliers essentiels pour nous, et nous sommes profondément reconnaissant(e)s de leur présence et de leur aide précieuse.

Avec toute notre reconnaissance.

Table des matières :

Abréviations :	4
1. Introduction :	5
2. Méthode :	9
2.1 RECHERCHE DE LITTÉRATURE	9
2.2 CRITÈRES D'ÉLIGIBILITÉ	9
2.3 PROCESSUS DE SÉLECTION	10
2.4 EXTRACTION DES DONNÉES	11
2.5 RISQUE DE BIAIS ET ÉVALUATION DE LA QUALITÉ	11
2.6 SYNTHÈSES DES DONNÉES /ANALYSE STATISTIQUE	12
3. Résultats :	13
3.1 SELECTION DES ETUDES	13
3.2 CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES	14
3.3 QUALITE METHODOLOGIQUE DES ETUDES INCLUSES	26
3.4 EFFETS DE LA tDCS SUR LA FONCTION MOTRICE	26
3.5 EFFETS DE LA TDCS SUR LA QUALITE DE VIE	31
3.6 EFFETS DE LA TDCS SUR LA SECURITE	32
4. Discussion:	33
4.1 PRINCIPAUX RESULTATS	33
4.2 LIMITES	39
4.3 PERSPECTIVES	40
5. Conclusion :	42
Annexes :	43
Bibliothèque :	54

Abréviations :

aMT : active motor threshold

AVC : accident vasculaire cérébral

AVQ : activités de vie quotidienne

DLPFC : cortex préfrontal dorsolatéral

DSM : différence de moyenne standardisée

ECR : essais contrôlé randomisés

EEG : électroencéphalogramme

GRADE : Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation

I2 : hétérogénéité

IC : intervalle de confiance

MDS-UPDRS : Movement Disorders Society - Modified Unified Parkinson's Disease Rating Scale

OMS : organisation mondiale de la santé

PEM : Potentiels Évoqués Moteurs

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PROSPERO : Registre international prospectif des revues systématiques

tDCS : stimulation transcrânienne à courant direct

TC : thérapie conventionnelle

TNC : troubles neurocognitifs

QdV : qualité de vie

1. Introduction :

Les troubles neurocognitifs (TNC) majeurs, anciennement connus sous le nom de démence, se caractérisent par une diminution progressive et persistante des fonctions cognitives et des capacités comportementales (1-3). Elles impliquent de nombreux symptômes moteurs pouvant entraîner des déficits de marche et d'équilibre (4, 5). Cette dégradation impacte significativement la capacité d'une personne à mener ses activités de vie quotidienne (AVQ) et affecte la qualité de vie (QdV) (6, 7). La physiopathologie des TNC englobe diverses maladies progressives telles que la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer, la démence à corps de Lewy, la démence fronto-temporale et la démence vasculaire selon les lignes directrices élaborées par le *Manuel Diagnostique et Statistique des troubles mentaux V* (DSM V)(1)

Aujourd'hui, les TNC sont la septième cause de mortalité et affectent plus de 55 millions de personnes à l'échelle mondiale (8). La population atteinte de TNC est en constante augmentation. Chaque année, 10 millions de nouveaux cas sont diagnostiqués (8-10). Les TNC constituent l'une des principales sources de handicap et de dépendance chez les personnes âgées à l'échelle mondiale (2). Chez les individus âgés de plus de 80 ans, le risque d'être diagnostiqué de TNC est six fois plus élevé que celui des personnes âgées de 65 à 79 ans (11). En effet, selon les estimations mondiales dans la population des plus de 60 ans, 5 à 8% sont atteints d'Alzheimer (12). Cette atteinte représente la cause la plus courante de TNC selon l'OMS. D'ici 2030, une personne sur six dans le monde aura 60 ans ou plus (13), faisant de la TNC un problème de santé majeur en devenir (14). Par ailleurs, la perte de productivité et les frais médicaux liés à la maladie pourraient alourdir davantage les systèmes de santé et la société dans son ensemble (15).

Actuellement, l'écart entre les besoins en traitement et l'offre disponible est considérable, soulignant davantage la nécessité de mener des recherches visant à soigner la démence et ses conséquences (2). Aucun traitement n'a encore été mis au point pour prévenir ou guérir cette affection, mettant en évidence le besoin urgent de nouvelles stratégies thérapeutiques efficaces (16-19). Effectivement,

même après la période de réadaptation, les patients continuent de faire face à des limitations dans leurs AVQ.

Les traitements actuels sont en grande majorité pharmacologiques et ont pour principal objectif d'atténuer les problèmes cognitifs et les changements de comportements (20-24). Cependant, la thérapie pharmacologique présente certaines limites telles que le développement d'effets secondaires et une résistance accrue aux autres médicaments. C'est notamment le cas du lévodopa, médicament pour pallier le déficit de dopamine, chez les personnes atteintes de Parkinson (25-27). Une multitude de revues systématiques ont récemment établi l'efficacité des thérapies non médicamenteuse, c'est-à-dire est une intervention non invasive et non pharmacologique fondée sur la science comme ayant une action sur la santé (28). Ces thérapies sont combinées ou non à des traitements pharmacologiques (19, 29-32). Ces options de traitements, non médicamenteuses, sont considérées comme étant plus sûres et entraînant moins d'effets secondaires (19). C'est notamment le cas de la réadaptation, qui est actuellement recommandée pour améliorer l'indépendance et reporter le déclin fonctionnel et cognitif associé aux maladies démentielles (33-35). La réadaptation conventionnelle comprend des exercices de réentraînement à la marche et de l'équilibre, de l'activité physique (sous toutes ses formes) et de l'ergothérapie (33).

Les nouvelles technologies sont des options thérapeutiques émergentes dans la prise en charge des TNC. La stimulation transcrânienne à courant direct (tDCS) est récemment apparue comme une approche thérapeutique non pharmacologique innovante et complémentaire visant à maintenir l'indépendance du patient et ses capacités cognitives actuelles le plus longtemps possible. À ce jour, la tDCS semble relativement sûre. La littérature suggère que la tDCS n'entraîne pas d'effets indésirables sérieux chez les personnes en bonne santé, ainsi que chez les patients atteints de TNC, tels que les accidents vasculaires cérébraux (36). La tDCS est une technique de stimulation cérébrale non invasive qui permet de moduler la dépolarisation neuronale, qui influe l'initiation de potentiel d'action, par le biais d'électrodes disposées sur le cuir chevelu (37). L'anode majore l'excitabilité tandis que la cathode la réduit (38). Dans plusieurs essais cliniques randomisés (ECR), la tDCS a été utilisée pour influencer

l'excitabilité neuronale de personnes atteintes de TNC majeurs. Elle s'est relevée cliniquement efficace sur le plan cognitif (22). Ces études ont notamment révélé des améliorations significatives des performances de mémoire de travail et de contrôle cognitif (39, 40), lors de sessions de tDCS prodiguées de manière répétée (41). G

Un grand nombre de ECRs se sont aussi interrogés sur les effets moteurs de la tDCS. Plusieurs études ont montré que la tDCS était bénéfique pour les fonctions motrices, y compris la marche, les fonctions des membres supérieurs et la locomotion fonctionnelle dans la population atteinte de TNC (42-48). L'association de la tDCS avec une séance d'exercice aérobie semble montrer des effets positifs et immédiats sur la variabilité, la vitesse de traitement et le contrôle exécutif de la marche chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson (40, 49). La tDCS apparaît donc comme un traitement prometteur qui, combiné à un programme d'activité physique et d'autres thérapies conventionnelles, permettrait de majorer leurs bénéfices (43).

L'efficacité de la tDCS auprès des personnes atteintes de TNC reste à ce jour débattue en raison de la variabilité des résultats associé à son efficacité. En effet, les nombreuses conditions d'application en termes de dose, d'intensité, de durée, de localisation ou encore de physiopathologie du patient limitent les possibilités d'établir un consensus sur l'efficacité de la tDCS. Ceci souligne le besoin de confronter et de synthétiser les résultats provenant des études de qualité pour alimenter le débat et éventuellement guider les futurs consensus et recommandations de bonne pratique. Actuellement, aucune revue systématique ou méta-analyse n'a spécifiquement exploré les effets de la tDCS sur les symptômes moteurs, en particulier lorsqu'elle est utilisée comme traitement autonome ou en combinaison avec d'autres thérapies de réadaptation. Par conséquent, dans la présente revue systématique et méta-analyse, notre premier objectif était d'établir si la tDCS seul ou en combinaison avec d'autres thérapies de réadaptation conventionnelle améliore les fonctions et l'activité motrices chez les personnes atteintes de TNC. Cette méta-analyse visait aussi, à synthétiser et évaluer l'impact de la tDCS sur la QdV des patients victimes de TNC majeurs. Enfin, nous

souhaitions également évaluer la sécurité de la tDCS dans le cadre de la réadaptation des personnes atteintes de TNC majeurs.

2. Méthode :

Nous avons mené une revue systématique avec méta-analyse en suivant les directives du *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (50), comme indiqué dans le fichier supplémentaire (voir Annexe 1). Le protocole de notre étude a été préalablement enregistré au Registre international prospectif des revues systématiques (PROSPERO) sous le numéro CRD42023494856.

2.1 RECHERCHE DE LITTÉRATURE

Une recherche systématique a été réalisée dans quatre bases de données principales (PubMed, Embase, Scopus et Cochrane Library). Pour compléter notre sélection, nous avons également recherché manuellement des articles sur Google Scholar et PEDro. Les articles issus de ces bases de données ont été sélectionnés le 4 décembre 2023. Les termes suivants ont été utilisés et adaptés pour la recherche d'article dans les différentes bases de données : ("dementia*" OR "Alzheimer disease" OR "alzheimer's disease" OR "dementia vascular" OR "dementia vascular" OR "vascular dementia" OR "parkinson disease" OR "parkinson's disease" OR "lewy bodies" OR "lewy body" OR "dlb" OR "mixed dementia*" OR "cognitive dysfunction*" OR "cognitive impairment*" OR "mci" OR "mild cognitive impairment*" OR "frontotemporal dementia") AND ("transcranial direct current stimulation" OR "tdcs" OR "transcranial electrical stimulation" OR "transcranial alternating current stimulation" OR "transcranial electrical stimulations" OR "repetitive transcranial electrical stimulation") AND ("randomized controlled trial" OR "rct") (voir Annexe 2)

2.2 CRITÈRES D'ÉLIGIBILITÉ

La méthode PICOS (Population, Intervention, Comparaison, Objectifs et Type d'étude) a été utilisée pour définir les critères d'inclusion des articles dans cette méta-analyse (51). Les critères d'inclusion suivants ont été utilisés : (**P**) les participants étaient des adultes (âgés de plus de 18 ans) ayant reçu un diagnostic de TNC (causé par une lésion cérébrale traumatique, la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer, la démence frontale, la démence vasculaire ou tout autre

type de démence selon les lignes directrices élaborées par la Classification internationale des maladies version 10 (52) (aucune restriction concernant l'âge, le sexe, l'origine ethnique, les déficits, etc.) ; (I) l'intervention consistait en un programme de tDCS (un traitement de stimulation cérébrale non invasif et indolore qui utilise des courants électriques directs pour stimuler des parties spécifiques du cerveau, en fournissant un courant électrique de faible intensité, via deux électrodes placées sur la tête) sans aucune restriction en termes de dose, d'intensité, de durée, de voie d'administration et de calendrier de l'intervention, en addition ou en substitution du traitement conventionnel; (C) : le groupe témoin comprenant les soins habituels ou un sham tDCS (conditions de stimulation identiques à la tDCS à l'exception qu'elle ne produit aucun courant électrique [effet placebo uniquement]) ; (O) les variables évaluées comprenaient la mobilité fonctionnelle, les paramètres de marche, les troubles moteurs liés à l'évolution de la maladie, les potentiels évoqués moteurs, la QdV, la sécurité du traitement et l'adhésion à l'intervention; et (S) les études étaient des essais contrôlés randomisés (ECR) publiés en anglais (voir Annexe 3)

Les études étaient exclues si elles ne mentionnaient pas le calcul des résultats pré et post intervention, si elles n'incluaient pas le texte intégral, si elles ne définissaient pas la population cible ou l'intervention, s'il s'agissait d'essais de protocole ou de résumés de conférence ou si le traitement était en cross-over.

2.3 PROCESSUS DE SÉLECTION

Toutes les références émises à partir des bases de données ont été exportées vers un logiciel de gestion des références (EndNote X9). Après l'élimination des doublons par le logiciel, une première sélection basée sur les titres et les résumés a été effectuée. Les essais ont été récupérés et triés par deux auteurs indépendants (JT et MB) en fonction des critères d'éligibilité. Les divergences d'opinion ont été résolues par consentement mutuel avec le soutien d'un troisième auteur (GE), pour parvenir à une décision finale. Tous les articles en texte intégral ont ensuite été triés selon la même procédure.

2.4 EXTRACTION DES DONNÉES

Nous avons extrait, de manière indépendante, les données des ECRs qui répondaient aux critères d'inclusion de la sélection en texte intégral, telles que la source de l'étude (auteurs, année et le pays de publication), la conception de l'étude, les caractéristiques des participants (nombre de participants, moyenne et écart-type de l'âge des participants, types de TNC), les caractéristiques de l'intervention (localisation des électrodes, fréquence de l'intervention, durée et suivi, combinaison de traitement) et les résultats.

2.5 RISQUE DE BIAIS ET ÉVALUATION DE LA QUALITÉ

La présente étude a utilisé la version 9 de l'outil ROB 2 pour évaluer le risque de biais dans les essais inclus (53). Cette version comporte 5 domaines pour évaluer le risque de biais pour chacune des variables (53) à savoir : le risque de biais provenant du processus de randomisation, des déviations des interventions prévues, des données de résultats manquantes, des mesures des résultats et de la sélection du résultat rapporté. Un risque de biais global est ensuite calculé (voir Annexe 4). Le risque de biais dans les études incluses a été évalué par deux auteurs (MB et JT), les divergences étant résolues par consensus mutuel, avant d'aboutir à une décision finale avec l'assistance du troisième auteur (GE).

La qualité méthodologique des articles a été évaluée à l'aide de l'échelle PEDro, reconnue comme une mesure fiable pour évaluer la qualité des essais cliniques (54) (voir Annexe 5). Cette échelle se compose de 11 critères évaluant la validité externe, interne et le rapport statistique des études. Chaque critère reçoit un point s'il est clairement respecté et zéro point s'il ne l'est pas. Le score total PEDro est obtenu en additionnant les points des critères 2 à 11, pour un score total variant entre 0 et 10. Un score élevé indique une meilleure qualité méthodologique, avec une échelle de qualité allant de médiocre (score inférieur à 4) à excellent (score de 9 à 10) (55).

2.6 SYNTHÈSES DES DONNÉES /ANALYSE STATISTIQUE

Nous avons utilisé l'outil statistique RevMan 5.3 pour effectuer une synthèse quantitative des données disponibles. Toutes les études pertinentes, dont les résultats étaient disponibles, ont été incluses pour cette synthèse quantitative. Lorsqu'au minimum deux études évaluaient la même variable, nous avons réalisé une méta-analyse à l'aide d'un graphique « *forest plots* » (graphiques en forêt), qui permettent une comparaison des résultats provenant d'études portant sur le même sujet. Dans les cas où cela n'était pas possible, une synthèse narrative a été privilégiée.

En raison de l'hétérogénéité des échelles utilisées pour mesurer l'efficacité de la tDCS, nous avons calculé la différence moyenne standardisée (DMS) (56, 57) et son intervalle de confiance à 95 % pour chaque étude, en utilisant un modèle à effets aléatoires (58). La DMS représente le rapport entre la différence moyenne des effets entre les groupes et l'écart-type combiné de l'effet chez les participants (59).

Nous avons estimé l'hétérogénéité entre les essais à l'aide du test I^2 . Conformément aux recommandations du manuel *Cochrane*, l'hétérogénéité a été considérée comme non significative pour un $I^2 < 30\%$, modérée pour un I^2 entre 30 % et 50 %, substantielle pour un I^2 entre 50 % et 75 %, et considérable pour un $I^2 > 75\%$ (60).

En cas de suspicion de biais de publication ou de résultats aberrants, une analyse de sensibilité a été réalisée, impliquant l'exclusion des études concernées, afin d'évaluer la robustesse de notre décision quant à son inclusion.

Enfin, nous avons appliqué l'approche GRADE (*Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluations*) pour évaluer le niveau de certitude pour chacune des analyses quantitatives effectuées. Cette méthode permet d'attribuer un degré de certitude (très faible, faible, modéré et élevé) aux résultats obtenus, en tenant compte de la taille de l'effet observé, de la précision des données, de leur pertinence et du risque de biais ou des limitations des analyses effectuées.

3. Résultats :

3.1 SELECTION DES ETUDES

La recherche initiale dans les bases de données a identifié 2423 références, auxquelles se sont ajoutées quatre études récupérées via *Google Scholar*.

L'utilisation de la fonction de suppression des doublons d'EndNote 9 a permis d'éliminer 135 références. Au total, 2054 articles ont été écartés, comme décrit dans le flow chart. L'évaluation des textes intégraux de 238 articles a abouti à l'exclusion de 199 études pour des raisons incluant l'inclusion de populations non spécifiques à la TNC (cas de l'AVC non spécifique vasculaire ; n = 101), l'application de schémas de traitement croisés (n = 40), ou parce qu'elles ne correspondaient pas à des études d'intervention (revues, études qualitatives, protocoles, observations ; n = 57). Vingt études supplémentaires ont été rejetées en tant que duplicatas, non trouvés par le logiciel Endnote. Au terme de ce processus, 19 études ont été retenues pour l'analyse méta-analytique finale (61-79) (voir Figure 1).

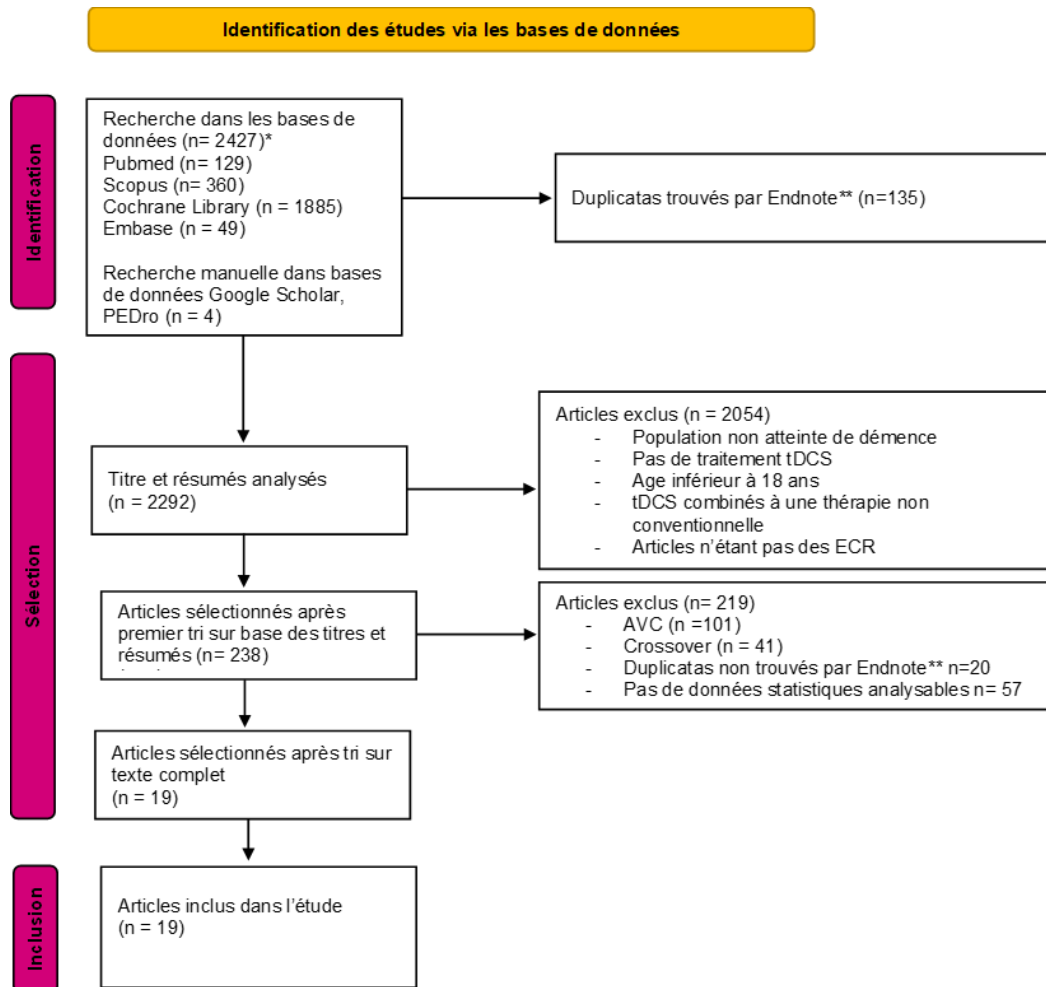


Figure 1: Diagramme de flux PRISMA (50)

*Considérez, si possible, de déclarer le nombre d'enregistrements identifiés à partir de chaque base de données ou registre recherché (plutôt que le nombre total de toutes les bases de données/registres).

**Si des outils d'automatisation ont été utilisés, indiquez combien d'enregistrements ont été exclus par un humain et combien ont été exclus par des outils d'automatisation.

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.

3.2 CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES

Les études analysées dans cette méta-analyse ont été menées entre 2010 et 2023. La répartition géographique des études était la suivante : quatre au Brésil (63-66), quatre aux États-Unis (61, 67, 68, 75), deux à Taiwan (74, 78), deux en Corée du Sud (72, 76), et une en Italie (69), en Égypte (71), en Belgique (62), en Chine (73), en Thaïlande (79), en Australie (77) et au Japon (70). Au total, 714 patients ont été inclus, les tailles d'échantillon variaient entre 16 et 140 participants, avec un âge moyen et un écart-type variant respectivement de 50.1 ±

2.4 à 76.7 \pm 5.80 ans dans le groupe d'intervention, et de 58.3 \pm 8.00 à 75.6 \pm 6.11 ans dans le groupe contrôle. Seize (61-70, 72, 75-79) études ont inclus des participants atteints de la maladie de Parkinson, deux études (71, 73) des participants atteints de maladie d'Alzheimer et une étude (74) des participants atteints de troubles cognitifs moyens.

Le protocole d'administration de la tDCS différait substantiellement selon les études. La durée de l'intervention pouvait aller d'une seule session à 30 sessions. Trois études ont mis l'accent sur le moyen terme en évaluant l'effet de la tDCS sur 30 sessions(73), 25 sessions (75) et 36 sessions (74) étalées respectivement sur six, sept et 12 semaines. Pour les autres études la moyenne était de 6.2 sessions réparties en moyenne sur 11.6 jours. La fréquence des sessions variait de 1 à 7 fois par semaine, pour des durées allant de 13 à 30 minutes par session, avec parfois deux stimulations par jour. Les interventions ont fait l'objet d'un suivi à partir de la période post-intervention jusqu'à 6 mois après l'intervention.

Le traitement de la tDCS était dans la majorité des cas combiné avec une thérapie conventionnelle, comprenant notamment des activités telles que l'écriture (n=1)(62), la marche (n=2) (64, 65), le tai chi (n=1) (74) et des exercices moteurs divers (n=8) (63, 66, 68-70, 72, 76, 79). Les autres études (n=8) (61, 67, 71, 73, 75, 77-79) ont administré la tDCS seule.

Les emplacements des électrodes variaient également selon les études. Nous les avons regroupés en quatre catégories selon la localisation de l'anode. Certaines études se sont basées sur les normes du système EEG internationale 10/20 pour standardiser le placement de l'anode et de la cathode (voir Annexe 6). Dans 12 études (61-66, 69, 70, 72, 77-79) l'anode était au niveau du cortex moteur primaire (Cz) et la cathode symétriquement sur le cortex préfrontal (=2) ou sur la partie supraorbitaire controlatérale (n=9) ou ipsilatérale (n=1). Cinq autres études (71, 73-75, 78) visaient le DLPFC via l'anode, mais le placement de la cathode variait de la région supraorbitaire controlatérale (n=3) à la DLPFC controlatérale (n=1), ainsi qu'à la région bilatérale de la jambe sur M1 (n=1). Trois études (67, 68, 78) ciblaient le cervelet avec le placement l'anode sur l'inion (protubérance occipitale externe), tandis que la cathode était sur le muscle

buccinateur ipsilatérale (n=2) ou sur la zone supraorbitaire controlatérale (n=1). Et une dernière (76) a placé l'anode sur P3 (qui correspond à la zone pariétale du cerveau) et la cathode au niveau du muscle deltoïde. En résumé nous avons 9 placements d'électrodes différents dans les études incluses (voir Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des études

	Auteurs	Pays	Score PEDro /10	Caractéristiques des participants			Caractéristiques de l'intervention	
				Taille de l'échantillon (n)	Type de démence	Moyenne de l'âge (intervention et contrôle)	Groupe expérimental	Groupe contrôle
1	Benninger et al., 2010	Etats-Unis	8	25	Parkinson	63.9	tDCS	Sham tDCS
2	Broeder et al., 2023	Belgique	5	39	Parkinson	63.2	tDCS + entraînement à l'écriture	Sham tDCS + entraînement à l'écriture
3	Bueno et al., 2023	Brésil	9	50	Parkinson	65.2	Groupe 1 : tDCS (Cz) suivie de kinésithérapie Groupe 2 : tDCS (C3-Cz-C4) suivie de kinésithérapie Groupe 3 : cours éducationnel suivi de kinésithérapie	Groupe 4 : sham tDCS suivie de kinésithérapie
4	Costa Ribeiro et al., 2017	Brésil	8	24	Parkinson	61.6	tDCS suivie d'un entraînement à la marche avec des repères visuels	Sham tDCS suivie d'un entraînement à la marche avec des repères visuels
5	Costa Ribeiro et al., 2016	Brésil	4	24	Parkinson	61.6	tDCS suivie d'un entraînement à la marche	Sham tDCS suivie d'un entraînement à la marche

Caractéristiques de l'intervention		
Emplacement des électrodes	Fréquence et durée	Suivi
1	<p>tDCS : électrodes placées symétriquement soit sur les cortex prémoteur et moteur (centre de l'électrode 8 mm en avant de Cz), soit sur le cortex préfrontal</p> <p>Sham tDCS : 1 anode et 1 cathode (chacune de 9 cm²) à 1 cm l'une de l'autre sur le front. Deux autres électrodes inversées sur les mastoïdes, non connectées au stimulateur</p>	<p>3 fois par semaine pendant 2-1/2 semaines (8 sessions au total). Durée de 20 minutes.</p> <p>1 jour, 1 mois et 6 mois après les 8 sessions</p>
2	Anode placée sur M1 du côté gauche et cathode positionnée sur la zone supra-orbitaire controlatérale (à droite)	<p>2 fois par semaine pendant 2 semaines. Durée de 20 minutes</p> <p>Après les 2 semaines d'intervention et dans les 24 h suivantes</p>
3	<p>Groupe 1 : anode placée sur le cortex moteur (Cz) et la cathode sur la région supra-orbitaire.</p> <p>Groupe 2 et 4 : anode placée sur le cortex moteur (C3-Cz-C4) et la cathode sur la région supra-orbitaire</p> <p>Groupe 3 : pas d'électrodes</p>	<p>1 intervention d'une durée de 20 minutes</p> <p>Après intervention et dans les 24 h suivantes</p>
4	Anode placée 2 cm antérieur au vertex (position Cz). La cathode a été placée au-dessus de la zone supra-orbitaire de l'hémisphère controlatéral du côté le plus affecté.	<p>3 fois par semaine pendant 4 semaines (10 sessions au total). Durée de 13 minutes.</p> <p>Après les 10 sessions et 1 mois après</p>
5	L'anode est placée 2 cm en avant du vertex, sur la ligne médiane sagittale. La cathode est placée au-dessus de la région supra-orbitaire, sur l'hémisphère du côté le plus affecté d'après le patient.	<p>3 fois par semaine pendant 4 semaines (10 sessions au total) . Durée de 13 minutes.</p> <p>Après les 10 sessions et 1 mois après</p>

		Caractéristiques de l'intervention	
		Échelles utilisées	Résultats
1	Test de marche (analyse statistique)	Le temps de marche du groupe tDCS diminue comparé au groupe sham quand on regarde par rapport au nombre de sessions (traitement x interaction avec le temps, $p = 0.0007$), la première session étant significative ($p = 0.014$), alors que l'inverse est montré à la quatrième session ($p = 0.011$).	
	UPDRS (analyse statistique)	Comparativement au groupe sham, la tDCS n'a pas eu d'effets sur le score moteur et total. En comparant les scores dans chaque groupe, il y a une diminution significative du score total pendant la phase avec médicament ($p < 0.05$) dans les deux groupes. Diminution du score moteur avec médicament dans le groupe sham ($p < 0.05$). Il y a une tendance vers la diminution des scores moteurs avec ou sans médicament ($p = 0.07$ et $p = 0.06$)	
	Health Survey (SF-12v2)	Différence non-significatives entre les groupes, pendant la phase avec médicament, à un jour après traitement ($p = 0.15$), 1 mois après ($p = 0.10$) et 3 mois après ($p = 0.28$). Différences non significatives entre les groupes, pendant la phase sans médicament, à un jour après traitement ($p = 0.84$), 1 mois après ($p = 0.93$) et 3 mois après ($p = 0.49$).	
2	MEP (ON médication)	Différence non significative entre les deux groupes, sham vs. tDCS ($p = 0.52$). Pour une stimulation MEP avec une amplitude crête à crête, l'analyse statistique n'a pas montré d'interactions significatives, $F(1, 22) = 1.208$, $p = 0.284$	
3	Test de marche (gait speed) (analyse statistique)	Les résultats de l'analyse de la marche ont montré une différence significative de l'effet du temps sur la cadence des pas ($p < 0.001$) et la vitesse de marche ($p = 0.019$). Il y a une augmentation de la cadence des pas avec une différence significative en comparant les valeurs du début de l'étude à celles des suivis pour les groupes éducation, sham et C3-Cz-C4. Les p-valeurs sont respectivement $p = 0.019$, $p = 0.045$ and $p = 0.024$	
4	Test de marche sur 10m (analyse statistique)	Pour la vitesse de marche, les 2 groupes ont amélioré leurs résultats. Cependant, ces améliorations ont été conservées dans le temps seulement pour le groupe expérimental (t test, vitesse de marche : $t = -2,184$; $p = 0,05$)	
	Timed up and go test (analyse statistique)	Les 2 groupes ont amélioré leurs résultats. Cependant, ces améliorations ont été conservées dans le temps seulement pour le groupe expérimental (TUG : $t = 2,223$ $p = 0,05$).	
	UPDRS (analyse statistique)	Pour l'UPDRS-III et l'UPDRS-brad, il y a une diminution significative du score au sein de chacun des deux groupes après l'intervention et conservé le mois suivant ($p \leq 0.05$)	
	PDQ-39	Il y a une diminution significative du score au sein de chacun des deux groupes après l'intervention et conservé le mois suivant pour le groupe contrôle ($p \leq 0.05$). Cette diminution du score n'est pas significative, pour le groupe expérimental, un mois après l'intervention comparé aux valeurs du début de l'étude.	
5	aMT (active motor threshold)	Une analyse post hoc montre une diminution du score aMT, en fonction du nombre de sessions, pour les 2 groupes comparé aux valeurs du début de l'étude. Cette diminution du score après l'intervention et à un suivi de 1 mois a seulement été maintenue pour le groupe expérimental. La différence entre les deux groupes est significative au suivi de 1 mois après la fin du traitement ($t = 2.245$; $p = 0.036$)	
	Timed up and go test (analyse statistique)	Les valeurs ont diminué dans les deux groupes comparés au début de l'étude. Le groupe contrôle a montré une amélioration significative après la 7ème séance, tandis que le groupe expérimental a montré une amélioration dès la 2ème séance. Ces améliorations ont seulement été maintenues pour le groupe expérimental à 1 mois après la fin du traitement.	
	MEP	L'analyse de Friedman ne montre pas de différence significative après l'intervention et à un mois de suivi après la fin du traitement. Pas de différence que ce soit avec médicament ($\chi^2 = 1.727$; $p = 0.422$) ou sans ($\chi^2 = 0.302$; $p = 0.860$)	

	Auteurs	Pays	Score PEDro /10	Caractéristiques des participants			Caractéristiques de l'intervention	
				Taille de l'échantillon (n)	Type de démence	Moyenne de l'âge (intervention et contrôle)	Groupe expérimental	Groupe contrôle
6	Da Silva et al., 2018	Brésil	7	21	Parkinson	66	tDCS après programme d'exercices	Sham tDCS après programme d'exercices
7	De Albuquerque et al., 2020	Etats-unis	5	22	Parkinson	71.3	c-tDCS	Sham tDCS
8	De Albuquerque et al., 2022	Etats-Unis	8	21	Parkinson	71.2	c-tDCS + 2 tâches motrices	Sham tDCS + 2 tâches motrices
9	De Icco et al., 2022	Italie	9	28	Parkinson	72.9	tDCS + programme de réhabilitation de 4 semaines avec 6 séances par semaine de 90 minutes	Sham tDCS + programme de réhabilitation de 4 semaines avec 6 séances par semaine de 90 minutes
10	Horiba et al., 2019	Japon	5	18	Parkinson	70.6	tDCS + entraînement de compétences motrices avec feedback visuel d'un miroir	tDCS fictive + entraînement de compétences motrices avec feedback visuel d'un miroir
11	Khedr et al., 2014	Egypte	9	34	Alzheimer	69.7	Anodal tDCS	Sham tDCS
							Cathodal tDCS	
12	Lee et al., 2021	Corée du sud	6	32	Parkinson	70.7	tDCS + entraînement avec signal visuel	Sham tDCS + entraînement avec signal visuel

Caractéristiques de l'intervention			
	Emplacement des électrodes	Fréquence et durée	Suivi
6	Anode placée à 1,8 cm en avant du vertex (ce qui correspond approximativement à l'emplacement de M1 et de SMA22). Cathode placée au-dessus de la zone supra orbitale ipsilatérale du côté le plus affecté	1 session d'une durée de 15 minutes	Après l'intervention
7	Anode placée sur le cervelet ipsilatéral à la main principalement affectée, à 3 cm latéralement de l'inion (la protubérance occipitale externe) au niveau du cervelet. Cathode placée sur le muscle buccinateur ipsilatéral.	1 session d'une durée de 25 minutes	Pendant l'intervention
8	Anode placée à 3 cm latéralement à l'inion (la protubérance occipitale externe) au-dessus du cervelet ipsilatéral à la main principalement affectée. Cathode placée sur le muscle buccinateur ipsilatéral	9 sessions sur 2 semaines. Durée de stimulation de 25 minutes	1 jour, 14 jours et 28 jours après la fin de l'entraînement (ce qui correspond à J12, J26 et J40 par rapport au jour 1 du début de l'étude)
9	Anode sur M1 au côté ipsilatérale du syndrome de la tour de Pise. Cathode sur M1 contralatéral au côté de l'inclinaison du tronc.	5 jours consécutifs pendant la première semaine de réhabilitation. Durée de stimulation de 20 minutes	A la fin des 4 semaines de réhabilitation et 6 mois après
10	Anode placée sur M1 du côté droit et la cathode placée sur l'orbite frontale	1 session de 20 minutes pour chacune des 2 journées	Après le jour 1 et après le jour 2 (une semaine d'écart entre ces deux jours)
11	Anodal (et sham): anode placée sur DLPFC gauche et cathode placée sur zone supra-orbitaire du côté opposé (à droite) Cathodal : cathode placée sur DLPFC du côté gauche et anode placée sur zone supra-orbitaire du côté opposé (à gauche)	1 stimulation par jour pendant 10 jours consécutifs d'une durée de 25 minutes	A la fin des 10 jours d'intervention, 1 et 2 mois après la fin de l'intervention
12	Anode placée 3 cm devant le cortex moteur primaire (Cz) et la cathode devant le cortex frontal de l'orbite droit	20 session sur 4 semaines. Stimulation d'une durée de 20 minutes	Après l'intervention de 4 semaines et suivi 2 semaines plus tard

Caractéristiques de l'intervention		
	Échelles utilisées	Résultats
6	Test de marche sur 10m (analyse statistique)	Pas de différence significative entre les deux groupes pour la vitesse de marche (p=0.560) ni la durée (p=0.336). Diminution significative de la cadence du pas dans les 2 groupes (p=0.014)
	UPDRS-III (analyse statistique)	Pas de différences significatives entre les deux groupes (p=0.923)
7	Précision grip task	L'erreur de force n'est pas significativement différente entre les 2 groupes (p=0.861). Elle est significativement inférieure dans le groupe expérimental comparé au début de l'étude (p=0.005)
	Rapid arm movement task	La vitesse du mouvement n'est pas significativement différente entre les deux groupes (p=0.994)
8	Test de marche	La vitesse de marche est similaire pour les 2 groupes (P=0.533). Elle n'a pas changé au cours des différentes sessions (P=0.890). Les valeurs sont équivalentes avec ou sans médicaments (P=0.816).
	UPDRS	Les valeurs de l'UPDRS-III sont similaires pour les deux groupes (P=0.721) et n'ont pas changé au cours des différentes sessions (P=0.408). Les valeurs sont significativement supérieures dans la condition sans médicament comparé à celle avec (P=0.001). Les valeurs pour l'UPDRS-II sont équivalentes pour les deux groupes (P=0.636). Elles sont moins importantes à 14 jours (P=0.001) et 28 jours (P=0.006) après la fin de l'entraînement comparé aux valeurs du début de l'étude.
9	UPDRS-III (analyse statistique)	Le score a significativement diminué à T1 (p=0.001 comparé à T0) mais pas à T2 (p=0.056 comparé à T0) pour l'ensemble des participants. Pas de différence entre les deux groupes (STIM : p=0.942)
10	UPDRS (analyse statistique)	Pas de différence significative du temps [P = 0.25, F(1.29, 12.94) = 1.49] ou de l'interaction du temps avec les conditions de stimulations sur les valeurs [P = 0.51, F(1.29, 12.94) = 0.55]
11	Active motor threshold of left hemisphere (% of maximum output);	Pas de différences significatives entre les groupes (p=0.80) ni au sein de chaque groupe : anodal (p=0.13), cathodal (p=0.39) et sham (p=0.13).
	Active motor threshold of right hemisphere (% of maximum output)	Pas de différences significatives entre les groupes (p=0.4) ni au sein du groupe sham (p=0.203). Différence significative au sein du groupe anodal (p=0.02) et cathodal (p=0.023)
12	Test de marche (analyse statistique)	Le groupe expérimental ne montre pas de différence significative concernant l'augmentation de la vitesse de marche après l'intervention et dans le suivi à 2 semaines comparé aux valeurs du début de l'étude (p=0.050). C'est également le cas pour le groupe contrôle. (p=0.243) Il y a une différence non significative entre les 2 groupes avec une vitesse de marche plus importante pour le groupe expérimental après l'intervention (p=0.809) et au suivi de 2 semaines (p=0.682)
	FGA (Functionnal Gait Assessment) (analyse statistique)	Le groupe expérimental montre une différence significative avec une augmentation du score après l'intervention et dans le suivi à 2 semaines comparé aux valeurs du début de l'étude (p=0.004). C'est également le cas pour le groupe contrôle. (p=0.036) Il y a une différence non significative entre les 2 groupes avec un score plus haut pour le groupe expérimental après l'intervention (p=0.100). La différence est significative au suivi de 2 semaines (p=0.033)
	UPDRS (analyse statistique)	Le groupe expérimental montre une différence significative avec une diminution du score après l'intervention et dans le suivi à 2 semaines comparé aux valeurs du début de l'étude (p=0.000). C'est également le cas pour le groupe contrôle. (p=0.013) Il y a une différence significative entre les 2 groupes avec un score plus bas pour le groupe expérimentale après l'intervention (p=0.03) et à un suivi de 2 semaines. (p=0.030)

	Auteurs	Pays	Score PEDro /10	Caractéristiques des participants			Caractéristiques de l'intervention	
				Taille de l'échantillon (n)	Type de démence	Moyenne de l'âge (intervention et contrôle)	Groupe expérimental	Groupe contrôle
13	Li et al., 2023	Chine	7	140	Alzheimer	76.1	tDCS	Sham tDCS
14	Liao et al., 2021	Taiwan	7	21	MCI (Mild Cognitive Impairment)	72.9	tDCS combinée avec tai chi	Sham tDCS combinée avec tai chi
15	Manor et al., 2021	Etas-unis	6	73	Parkinson	/	tDCS	Sham tDCS
16	Park.,2022	Corée du Sud	7	30	Parkinson	72.5	tDCS + entraînement moteur	Sham tDCS + entraînement moteur
17	Schabrun et al., 2016	Australie	8	16	Parkinson	67.5	tDCS	Sham tDCS
18	Wong et al.,2022	Taiwan	9	36	Parkinson	56.0	M1 tDCS	Sham tDCS
							DLPFC tDCS	
							cerebellum tDCS	
19	Yotuenit et al.,2018	Thaïlande	6	60	Parkinson	65.1	Anodal tDCS	Sham tDCS suivi de kinésithérapie
							Anodal tDCS suivi de kinésithérapie	

Caractéristiques de l'intervention			
	Emplacement des électrodes	Fréquence et durée	Suivi
13	Anode placée sur le DLPFC gauche et cathode placée sur DLPFC droit	2 stimulations par jour pendant 5 jours consécutifs sur une période de 6 semaines. Durée de stimulation de 20 minutes (total de 30 sessions)	2 semaines et 6 semaines après le début de l'intervention
14	L'anode est centrée sur le DLPFC de l'hémisphère dominant (F3) et la cathode est centrée sur la zone supra orbitaire controlatérale (à droite)	3 sessions par semaine pendant 12 semaines. Stimulation d'une durée de 20 minutes	24 à 48h après les 12 semaines de traitement
15	Electrodes placées pour faciliter l'excitabilité du dIPFC gauche et la region bilatéral de la jambe sur M1	Phase intensive de 10 sessions de stimulation en 2 semaines suivi d'une phase de maintenance avec 1 sessions par semaine pendant 5 semaines	Pendant la phase intensive, après la phase de maintenance et 5 semaines après (suivi à 10 semaines)
16	Anode placée sur P3 et cathode placée sur le muscle deltoïde droit	1 session de 20 minutes pour chacune des 2 journées	Après l'intervention et 24h après
17	Anode placée sur le cortex moteur primaire (M1) gauche et cathode sur la région supra orbitaire controlatérale	3 sessions par semaine pendant 3 semaines. Stimulation d'une durée de 20 minutes	Après l'intervention et 12 semaines plus tard
18	M1 tDCS : l'anode est placée sur M1 de l'hémisphère dominant (C3) et la cathode est placée au niveau de la zone supra-orbitaire controlatérale	Une session de 20 minutes	Après l'intervention
	DLPFC tDCS : l'anode est placée sur le DLPFC de l'hémisphère dominant (F3) et la cathode est placée au niveau supra-orbitaire controlatérale		
	Cerebellum tDCS : l'anode est placée 1 cm en dessous et 2cm latéralement à l'inion (la protubérance occipitale externe) au niveau du cervelet et la cathode est placée au niveau de la zone supra-orbitaire controlatérale		
	Sham tDCS : l'anode est placée sur M1 de l'hémisphère dominant (C3) et la cathode est placée au niveau supra-orbitaire controlatérale		
19	l'anode est placée sur Cz. La cathode est placée sur la région supra-orbitaire du front	3 sessions par semaine pendant 2 semaines (6 sessions au total). Stimulation d'une durée de 30 minutes	Après les 2 semaines d'intervention, après 4 et 8 semaines

Caractéristiques de l'intervention		
	Échelles utilisées	Résultats
13	MEP	Pas de changements après 2 semaines de traitement ($p > 0.05$). Après 6 semaines de traitement, il y a une augmentation de la plasticité pour le groupe tDCS ($F=4.87$, $p=0.029$) mais pas de changements pour le groupe sham ($F=0.05$, $p=0.819$)
14	Test de marche (gait speed) (analyse statistique)	Pas de différence significative pour la vitesse de marche entre les 2 groupes en fonction du temps. (Temps*Groupe, $p=0.443$, $F(1; 18) = 0.614$, $\eta^2 = 0.033$)
15	MDS-UPDRS-III (analyse statistique)	Diminution du score de manière non significative après l'intervention, au suivi de 5 et 10 semaines pour le groupe expérimental comparé aux valeurs du début de l'étude. Le score est non significativement plus bas après le traitement et au suivi de 5 semaines comparé aux valeurs du début d'étude pour le groupe contrôle. Ce score est plus haut au suivi de 10 semaines mais non significativement différent comparé au début de l'étude
	TUG (analyse statistique)	Il n'y a pas de différence significative au sein de chacun des groupes. Pour le groupe tDCS, le temps diminue après l'intervention et au suivi de 10 semaines comparé au début de l'étude. Il est équivalent au suivi de 5 semaines. Pour le groupe sham le temps augmente au suivi à 5 semaines comparé au début de l'étude. Il est équivalent après le traitement diminué à 10 semaines comparé au début de l'étude
16	Test de marche sur 12m	Pas de différence significative par rapport au temps mis pour parcourir les 12 m
	UPDRS-III	Une analyse ANOVA mixte ne montre pas de différences significatives entre les groupes : $F(1.650, 42.904) = 17.071$, $p = 0.277$, $\text{partial } \eta^2 = 0.048$
17	Test de marche sur 8m (analyse statistique)	Pas de différence significative pour la vitesse de marche au sein de chaque groupe après le traitement comparé aux valeurs du début de l'étude ($p > 0.05$)
18	Test de marche (analyse statistique)	Pas d'effet significatif de l'interaction du temps et du groupe. Cependant il y a un effet significatif en fonction du temps. Une analyse post hoc t-test apparié montre une augmentation significative de la vitesse de marche [$t(8) = -2.528$, $p = 0.035$] et de la cadence des pas [$t(8) = -3.291$, $p = 0.011$] après la stimulation du DLPFC
	TUG	Pas de différence significative d'effet du groupe [$F(3, 32) = 0.289$, $p = 0.832$], ni d'effet du temps [$F(3, 32) = 0.006$, $p = 0.939$], ni de l'interaction entre les deux : groupe*temps interactions [$F(3, 32) = 1.174$, $p = 0.335$] Pas de différence significative dans les comparaisons intra-groupe
19	Test de marche (analyse statistique)	Tous les groupes ont significativement augmenté leur vitesse de marche de 0.09 à 0.15m/sec après l'intervention ($p < 0.05$)
	UPDRS (analyse statistique)	Les scores de l'UPDRS-II et III ont diminué de manière significative au sein de chaque groupe après 2 et 4 semaines de traitement comparé aux scores du début de l'étude. Les scores UPDRS ne montrent pas de différences significatives entre les groupes après l'intervention. Les groupes tDCS et sham ont un score UPDRS-II significativement inférieur à 8 semaines.

3.3 QUALITE METHODOLOGIQUE DES ETUDES INCLUSES

Le score de chaque étude est détaillé en annexe 5. Les études incluses ont obtenu un score PEDro allant de qualité bonne (n = 4) à excellente (n = 15), avec une médiane de 7 (voir Annexe 5).

La qualité des 19 études a été évaluée à l'aide du ROB 2 (voir Annexe 4). La quasi-totalité des études (80.95 %, n = 17) a montré un faible risque de biais pour la randomisation, les 19.05 % (n = 4) restants étant à moyen de risque de biais. Concernant les déviations des interventions prévues, 33.33 % (n = 7) des études ont montré un faible risque de biais et 52.38 % (n = 11) des études ont montré un risque de biais modéré, les 14.2 % (n = 3) restants étant à haut risque de biais. Concernant les données de résultats manquantes, 90.48 % (n = 19) des études présentaient un faible risque de biais et 9.52 % (n = 2) ont montré un haut risque de biais. La majorité des articles 76.19 % (n = 16) a montré un faible risque de biais pour les mesures des résultats, les 23.81 % (n = 5) restants ont montré un haut risque de biais. Par rapport à la sélection du résultat rapporté, 100 % (n = 21) des études ont montré un risque de biais modéré. Les risques globaux de biais montrent donc que 66.67% (n=14) présente un risque modéré de biais et 33.33% (n=7) un risque de biais élevé.

3.4 EFFETS DE LA TDCS SUR LA FONCTION MOTRICE

La vitesse de marche :

Comme le montre la Figure 2, 9 essais (61, 63, 64, 66, 72, 74, 77-79), totalisant 106 personnes atteintes de TNC, ont été regroupés pour étudier l'effet de la tDCS sur la vitesse de marche. Son efficacité n'apparaît pas significativement supérieure à celle des thérapies conventionnelles (DMS : 0.20 ; 95% IC : -0.07 à 0.47 ; p = 0.15). L'hétérogénéité statistique entre les différentes études incluses dans cette analyse n'est pas importante ($I^2 = 0\%$; $\text{Chi}^2 = 3.55$; $P = 0.90$) et le niveau d'évidence est faible (Tableau 2).

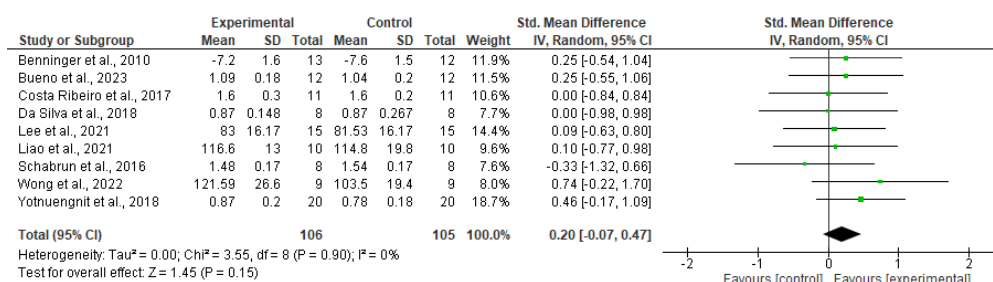


Figure 2: Graphe en forêt illustrant la différence d'efficacité entre les programmes comprenant de la tDCS et la thérapie conventionnelle concernant la vitesse de marche

La mobilité fonctionnelle :

Comme indiqué dans la Figure 3, quatre études (64, 65, 72, 75), rassemblant 75 participants atteints de TNC ont été incluses car elles évaluaient la mobilité fonctionnelle après l'administration de tDCS. L'effet des programmes incluant de la tDCS ne semble pas non plus supérieur à celui des thérapies conventionnelles concernant la mobilité fonctionnelle (DMS : 0.09 ; 95% IC : -0.24 à 0.43 ; P = 0.59) (voir Figure 4). L'hétérogénéité statistique n'est pas importante (I² = 5% ; Chi² = 3.17 ; P = 0.37) et le niveau d'évidence reste faible (Tableau 2).

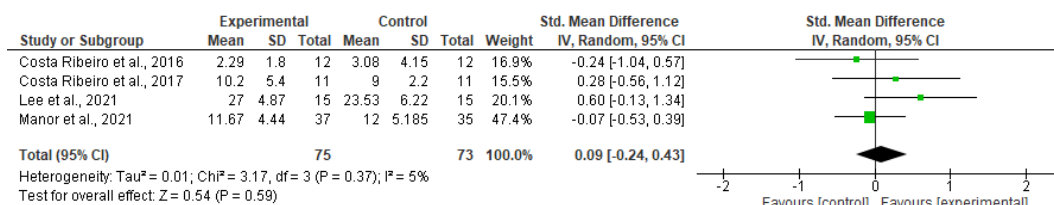


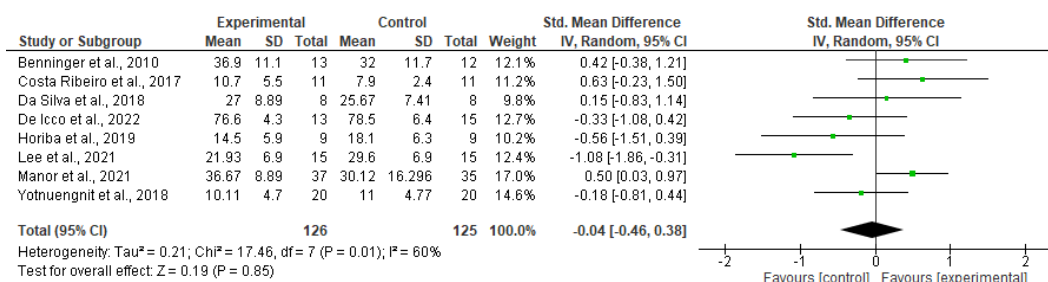
Figure 3: Graphe en forêt illustrant la différence d'efficacité entre les programmes comprenant de la tDCS et la thérapie conventionnelle concernant la mobilité fonctionnelle

L'échelle MDS-UPDRS (Movement Disorders Society - Modified Unified Parkinson's Disease Rating Scale):

Comme le montre la Figure 4, l'effet des programmes comprenant de la tDCS ne semble pas supérieure à celui de la thérapie conventionnelle en ce qui concerne l'évolution de la maladie de Parkinson, telle que mesurée par les différentes échelles et sous-échelles du MDS-UPDRS (DMS : -0.04 ; 95% IC : -0.46 à 0.38 ; P = 0.85). Néanmoins, l'hétérogénéité statistique des différentes

études incluses est substantielle ($I^2 = 60\%$; $\text{Chi}^2 = 17.46$; $P = 0.01$). L'analyse de sensibilité (voir Annexe 7) semble indiquer que l'exclusion des résultats aberrants (Lee et al., 2021) améliore l'hétérogénéité statistique ($I^2 = 30\%$; $\text{Chi}^2 = 8.63$; $P = 0.20$), sans affecter l'effet observé (DMS : 0.13 ; 95% CI : -0.21 à 0.46 ; $P = 0.45$). Le niveau d'évidence est très faible (Tableau 2).

Figure 4: Graphe en forêt illustrant la différence d'efficacité entre les programmes comprenant de la tDCS et la thérapie conventionnelle concernant le score MDS-UPDRS



Le niveau d'évidence a été réduit par le niveau de constance (lorsque l'hétérogénéité était supérieure à 30 %) et par le niveau de précision, réduit lui-même à mesure que l'intervalle de confiance de la DMS se chevauchait entre les traitements expérimentaux et le traitement conventionnel. Le nombre d'observations, a également contribué à la moindre qualité des données probantes (voir le tableau 2).

Tableau 2. Résumé des résultats et niveau d'évidence

Variable	Type d'étude	N	Risque de biais	Inconstance	Authenticité	Imprécision	n	Niveau d'évidence
Vitesse de marche	ECR	9	Sérieux	Pas sérieux	Pas sérieux	Sérieux ^b	211	Faible
Mobilité fonctionnelle	ECR	4	Sérieux	Pas sérieux	Pas sérieux	Sérieux ^b	148	Faible
MDS-UPDRS	ECR	8	Sérieux	Sérieux	Pas sérieux	Sérieux ^b	251	Très faible

MDS-UPDRS = Movement Disorders Society (MDS) Modified Unified Parkinson's Disease Rating Scale; ECR = Essai Contrôlé Randomisé; N = nombre d'études incluses dans l'analyse; n = nombre de participants; ^a= Hétérogénéité importante ($I^2 > 30\%$); ^b= Effet neutre ($p > 0.05$) ou $n < 400$.

PEM (potentiels évoqués moteurs) :

Trois études (62, 65, 73) ont examiné les impacts de la stimulation transcrânienne à courant direct (tDCS) sur les PEM chez des patients.

La première étude (62), n'a montré aucune différence statistiquement significative dans les PEM entre les groupes tDCS et sham chez des personnes souffrant de troubles neurocognitifs (TNC) sous médication, avec une valeur de p de 0.52. De plus, aucune interaction significative n'a été décelée dans cette étude ($F(1, 22) = 1.208, p = 0.284$).

La deuxième étude (65) n'a révélé aucune différence significative après l'intervention, ni lors du suivi un mois après la fin du traitement, indépendamment de la prise de médicaments ($\chi^2 = 1.727; p = 0.422$) ou en absence de médication ($\chi^2 = 0.302; p = 0.860$).

Enfin, la troisième étude (73), n'a détecté aucun changement significatif après deux semaines de traitement. Cependant, après six semaines, une augmentation significative de la plasticité a été observée dans le groupe tDCS ($F=4.87, p=0.029$), mais pas dans le groupe sham ($F=0.05, p=0.819$).

aMT (seuil moteur actif):

Deux études (65, 71) ont été menées pour évaluer l'efficacité de la tDCS sur le score aMT, indicateur de l'excitabilité corticale.

Dans la première étude (65), une diminution du score aMT a été observée dans les deux groupes après la série de sessions de traitement. Cette observation suggère que l'intervention, qu'elle soit appliquée au groupe expérimental ou au groupe témoin, a initialement augmenté l'excitabilité corticale chez tous les participants. Cependant, une différence notable réside dans la persistance de cet effet. Pour le groupe expérimental, la diminution de l'aMT a été maintenue après l'intervention et lors du suivi un mois plus tard, indiquant un effet durable de l'intervention sur l'excitabilité corticale dans ce groupe. En revanche, pour le groupe témoin, cet effet n'a pas persisté. La signification statistique de la différence entre les deux groupes au suivi de un mois ($t = 2.245; p = 0.036$) confirme que l'effet observé dans le groupe expérimental est non seulement

maintenu mais aussi significativement différent de celui observé dans le groupe témoin.

Dans la deuxième étude (71), l'impact de la tDCS sur les aMT des hémisphères cérébraux gauche et droit a été examinée. L'aMT est utilisé comme un indicateur de l'excitabilité corticale, mesurant la quantité minimale de stimulation nécessaire pour provoquer une réponse motrice minimale dans les muscles controlatéraux. Pour l'hémisphère gauche, les résultats montrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les différents groupes de traitement, c'est-à-dire entre les groupes recevant une stimulation anodale, cathodale ou sham (placebo). Les valeurs de p obtenues ($p=0.80$ pour les comparaisons entre les groupes, $p=0.13$ pour le groupe anodal, $p=0.39$ pour le groupe cathodal, et $p=0.13$ pour le groupe sham) indiquent que la tDCS, quel que soit le type d'électrode utilisée, n'a pas modifié de manière significative l'excitabilité corticale de l'hémisphère gauche. En revanche, pour l'hémisphère droit, bien qu'il n'y ait pas de différences significatives entre les groupes dans leur ensemble ($p=0.4$), des analyses intra-groupes révèlent des résultats différents. Aucun changement significatif n'a été observé dans le groupe sham ($p=0.203$), suggérant que la stimulation placebo n'affecte pas l'excitabilité corticale de l'hémisphère droit. Cependant, des diminutions significatives de l'aMT ont été détectées dans les groupes recevant une stimulation anodale ($p=0.02$) et cathodale ($p=0.023$), indiquant que ces formes de tDCS ont effectivement augmenté l'excitabilité corticale de l'hémisphère droit.

Activité motrice des membres supérieurs :

L'évaluation de la Précision grip task et de la Rapid arm movement task, dans l'étude de De Albuquerque de 2020 (67), dans le cadre du traitement par tDCS chez les TNC, permet de mesurer précisément les capacités motrices fines et la vitesse des mouvements du bras. Ces tests offrent des informations cruciales sur l'efficacité de la tDCS à améliorer la coordination et la fluidité des mouvements, ainsi que sur l'adaptation des protocoles de traitement pour une approche plus personnalisée. Concernant la tâche de précision grip, l'erreur de force ne diffère pas de manière significative entre les groupes tDCS et témoins

($p=0.861$). Cependant, une diminution significative de cette erreur est observée dans le groupe expérimental par rapport au début de l'étude ($p=0.005$), suggérant une amélioration de la précision de la prise après l'intervention. En ce qui concerne la tâche de mouvement rapide du bras, la vitesse du mouvement ne présente pas de différence significative entre les groupes ($p=0.994$). Ces résultats indiquent qu'aucun effet significatif de la tDCS n'a été observé sur la vitesse des mouvements du bras par rapport au groupe témoin.

3.5 EFFETS DE LA TDCS SUR LA QUALITE DE VIE

Les deux études ont examiné l'effet du traitement par tDCS sur la qualité de vie des personnes atteintes de TNC majeurs. Ces études ont présenté des résultats contrastés. Dans l'étude menée par Benninger D. H. (61), l'évaluation de la QdV par le questionnaire SF-12V2 n'a pas révélé de différence significative dans les scores entre le groupe expérimental et le groupe témoin. Les valeurs de p pour les différentes périodes post-intervention (un jour, un mois et trois mois) étaient toutes supérieures à 0,05, indiquant une absence de différence significative dans les scores de qualité de vie entre les groupes.

L'étude menée par Costa Ribeiro A. (64) a utilisé l'échelle PDQ-39 et démontre les mêmes conclusions. L'analyse de variance (ANOVA) a montré une variation non significative des scores de l'échelle PDQ-39 entre les différentes périodes de temps (ligne de base, post-intervention et suivi), avec une valeur de F de 11.02 ($p < 0.0001$). Ces résultats suggèrent une diminution significative du score au sein des deux groupes après l'intervention mais cet effet n'est pas conservé dans le groupe expérimentale un mois après l'intervention, contrairement au groupe contrôle

3.6 EFFETS DE LA TDCS SUR LA SECURITE

Parmi les 19 études, 12 ont mentionné la présence ou l'absence d'effets secondaires suite à l'administration de tDCS. Cinq études ont rapporté des effets secondaires tels que des brûlures de premier degré (probablement dues à un mauvais positionnement des électrodes) (61, 79), rougeurs et des gonflements temporaires au site d'application des électrodes (73), des sensations de picotement (77), un flash visuel de quelques secondes (77), des maux de tête(71), des vertiges (71) et des démangeaisons (71). Cependant, la plupart de ces effets secondaires étaient de nature mineure et se sont résolus spontanément ou après une courte période de temps. Il est à noter qu'un accident vasculaire cérébral (AVC) est survenu chez un participant, mais l'étude a déclaré que celui-ci a été jugé non lié à l'intervention de tDCS (79).

4. Discussion:

Cette revue systématique et méta-analyse résume les connaissances actuelles sur l'utilisation de la tDCS chez les personnes atteintes de TNC. L'objectif de ce mémoire était d'évaluer l'impact de cette approche thérapeutique sur les symptômes moteurs des TNC et sur la qualité de vie, ainsi que de mettre en évidence la sécurité du traitement pour les patients. Au total, 19 études ont été incluses. Les résultats de cette méta-analyse suggèrent que l'efficacité de la tDCS, comparés aux thérapies conventionnelles, ne dépasse pas significativement les standards actuels de soin dans les domaines de la vitesse de marche, de la mobilité fonctionnelle, de l'amélioration des scores moteurs liés à l'évolution de la maladie et de la QdV.

4.1 PRINCIPAUX RESULTATS

Tout d'abord, en ce qui concerne la vitesse de marche et la mobilité fonctionnelle, les données probantes suggèrent que la tDCS ne fournit pas une amélioration significative par rapport aux thérapies conventionnelles. Cette conclusion est appuyée par une hétérogénéité statistique minimale, indiquant une certaine cohérence entre les études, malgré des configurations diversifiées de traitement.

Concernant l'évolution de la maladie de Parkinson, mesurée par différentes échelles et sous-échelles du MDS-UPDRS, nos résultats indiquent également que l'effet de la tDCS ne montre aucune supériorité par rapport à la thérapie conventionnelle.

On retrouve les mêmes conclusions dans l'évaluation motrice par le PEM, l'aMT ou encore le Précision grip task et le Rapid arm movement task. La robustesse de ces résultats est limitée par la faible quantité d'observations et une qualité de preuve réduite.

Aucun résultat n'a montré un effet significativement supérieur à la thérapie fonctionnelle. Ainsi, la tDCS, seule ou combinée à d'autres thérapies, semble avoir un impact équivalent à celui de la thérapie conventionnelle sur la mobilité fonctionnelle des personnes atteintes de TNC. Cette constatation est également corroborée par une hétérogénéité substantielle entre les études,

signalant que différentes configurations de l'intervention ont potentiellement affecté les résultats.

En effet, de nombreux facteurs peuvent modifier les effets de la tDCS, tels que la polarité, la durée et la fréquence des stimulation (80, 81), la densité de courant (intensité du courant et surface de l'électrode)(82), les emplacements des électrodes de l'anode et de la cathode (83), la neuroanatomie, la pathologie, ainsi que la co-administration de médicaments ou traitements (84). Ces facteurs reflètent certains aspects de la relation non linéaire entre les paramètres de la tDCS et les effets obtenus.

L'influence de la durée de la stimulation

Dans notre étude, la durée d'administration semble influencer la vitesse de marche. Un temps de stimulation supérieur ou égal à 20 minutes produit un effet significatif, à l'exception de l'étude de Schabrun (77) où 20 minutes de stimulation n'ont pas montré d'effet significatif pour le groupe expérimental. En effet les études de Costa Ribeiro de 2017 (64) et Da Silva (66) qui ont utilisé respectivement 13 et 15 minutes de stimulation, ne démontre pas d'effet significatif comparé à la thérapie conventionnelle. Au-delà de 20 minutes, il n'y a pas de différence majeure entre les études. Dans la littérature, les durées de stimulation varient généralement entre 5 et 30 minutes. Des durées plus longues et une stimulation plus fréquente entraînent souvent des effets prolongés (85). La tDCS pendant plus de 3 minutes semble nécessaire pour induire une excitabilité corticale et des altérations de l'activité, qui durent plus longtemps que la stimulation (86). Ainsi, au moins dans certaines limites, des protocoles de stimulation prolongée induisent une prolongation des effets qui en résultent. La tDCS de 3 à 7 minutes entraîne des altérations de l'excitabilité spécifiques à la polarité pendant quelques minutes après la fin de la stimulation, tandis que la tDCS anodale pendant 13 min et la tDCS cathodale pendant 9 min entraînent des effets secondaires d'environ 1 h dans le cortex moteur (85, 87). Cette relation entre la durée de la stimulation et la durée des effets n'est cependant pas linéaire dans toutes les conditions : en effet, il a été démontré qu'après environ 26 minutes de stimulation anodale, un effet inhibiteur apparaissait au lieu d'une excitation

(81). De même, une stimulation cathodale de 2 mA pendant 20 minutes a entraîné des changements excitateurs (82). Traditionnellement, la stimulation anodale augmente l'excitabilité corticale et la stimulation cathodale la diminue, mais les effets semblent dépendre des paramètres d'administration. Donc la durée de la stimulation influence l'effet de la polarité ainsi que la durée de la plasticité induite par la tDCS (80)

L'influence de la période d'administration de la tDCS

Les résultats de cette méta-analyse soulignent la complexité de l'influence de la tDCS sur la plasticité corticale et suggèrent qu'une période de traitement plus longue pourrait être nécessaire pour observer des changements significatifs. Cela est particulièrement observé dans l'évaluation de l'évolution de la maladie de Parkinson. Aucune des études avec une période d'administration égale ou inférieure à deux semaines (quel que soit le nombre de stimulations) n'a montré d'effet significatif par rapport au groupe contrôle. Deux exceptions sont notables : l'étude de Da Silva (66), où avec une seule séance de tDCS administrée, on observe des résultats favorables sur l'évolution de la maladie, mais avec un effet significativement inférieur aux autres études avec des périodes supérieures à deux semaines et l'étude de Lee (72), où la période d'administration est supérieure à deux semaines mais l'effet est significativement équivalent à celui du groupe contrôle. Cette observation est également corroborée par l'étude de Li (73), qui grâce au PEM, a évalué l'effet de la tDCS sur 2 semaines puis sur 6 semaines. Cette étude a démontré que la tDCS a un effet significativement équivalent à la thérapie conventionnelle, observable seulement après 6 semaines. La période du traitement semble avoir un impact sur les personnes atteintes de TNC. Ces hypothèses sont en accord avec la littérature. En effet, les interventions tDCS à dose unique ont des effets relativement courts. Plusieurs séances de stimulation sont nécessaires pour induire une manipulation significative de l'efficacité synaptique (80). En fait, des séances répétées de tDCS peuvent avoir des effets cumulatifs associés à une plus grande ampleur et à une plus grande durée. Plus précisément, une deuxième séance de stimulation effectuée pendant les effets de

la première est adaptée pour prolonger et améliorer l'ampleur de la diminution de l'excitabilité induite par la tDCS.

L'influence du placement des électrodes :

L'effet de la tDCS peut varier en fonction de l'emplacement de l'électrode et de l'hémisphère cérébral ciblé. Les tâches doivent recruter des neurones dans la région cible, afin d'observer les changements de comportement liés à la stimulation. Dans l'étude de De Albuquerque de 2020 (67), sur la mobilité fonctionnelle du membre supérieur, la tDCS sur le cervelet semble bénéfique pour améliorer la précision de la prise dans la tâche de précision grip, mais n'a pas d'impact significatif sur la vitesse des mouvements du bras dans la tâche de mouvement rapide du bras. Cette observation souligne la spécificité de la localisation des électrodes de la tDCS. En effet, le placement des électrodes est très sensible car une étude a suggéré qu'un déplacement de 5 % peut modifier la précision et l'intensité du courant vers les zones corticales souhaitées (88). Ceci démontre la sensibilité du placement des électrodes.

Dans les différentes études incluses, on observe des techniques de montage différentes. La stimulation « double », où le positionnement des deux électrodes cibles est important pour inhiber une zone (courant cathodique) et exciter (courant anodal) la zone parallèle dans l'hémisphère opposé. Par exemple, si l'hypothèse concerne les sorties motrices, on peut concentrer la double stimulation sur les deux cortex moteurs comme dans l'étude de Benninger (61). Dans ce modèle, la distance entre les deux électrodes influence les effets de la tDCS. Si cette distance est de 5 cm ou moins, le courant serait très sensible à un effet de dérivation (89); ce qui peut expliquer une différence entre les études malgré que les mêmes régions cérébrales ciblées soient les mêmes.

La distance entre les électrodes peut être maximale si l'électrode de référence est placée de manière extracéphale (non sur la tête), comme dans l'étude de Park (76) sur le bras controlatéral. L'avantage majeur de cette configuration est qu'elle permet d'exclure l'effet de l'électrode de référence sur la

modulation corticale, focalisant considérablement le courant dans l'électrode active.

Par conséquent, les changements cliniques apportés par la tDCS peuvent fortement varier en fonction de nombreuses considérations et relations techniques.

L'influence du type d'électrodes :

Dans l'étude de Kehdr de 2014 (71), l'auteur a examiné la différence d'efficacité entre les électrodes cathodales et anodales, et a constaté que leurs effets sont similaires. Pour des raisons qui ne sont pas encore claires, à 2 mA, la ctDCS a le même effet excitateur sur le cortex moteur que l'atDCS (82).

En 2013 Khedr (90) a observé les mêmes observations, en concluant que la tDCS anodale sur l'hémisphère affecté peut être aussi efficace que la tDCS cathodique sur l'hémisphère non affecté pour améliorer la récupération après un accident vasculaire cérébral ischémique subaigu.

Les variabilités interindividuelles :

Des études ont démontré que la distribution du courant pouvait varier d'un sujet à l'autre, même lorsque le montage des électrodes est maintenu constant, en raison de caractéristiques anatomiques telles que l'épaisseur et la composition du crâne (91). De nombreux facteurs anatomiques affectent la réactivité de la tDCS, et ces facteurs peuvent changer au fur et à mesure que le cerveau se développe. Les effets de la tDCS semblent donc également différer selon l'âge. L'âge doit donc être pris en compte lors de l'analyse ou apparié le plus étroitement possible entre les groupes expérimentaux.

Tous ces facteurs pourraient expliquer les résultats variables fournis par les essais tDCS dans des conditions pathologiques. Ils doivent être pris en compte pour concevoir des protocoles de stimulation et interpréter les effets de la tDCS lorsqu'elle est appliquée chez des patients atteints de maladies neuropsychiatriques. L'application thérapeutique personnalisée des techniques de stimulation cérébrale pourrait être développée à l'avenir, en particulier à la lumière de nouvelles découvertes, qui montrent une profonde variabilité

interindividuelle des changements d'excitabilité corticale en réponse à la stimulation corticale à l'aide de la tDCS.

En termes de qualité de vie, les résultats des 2 études suggèrent que la tDCS n'a pas d'effets significatif comparé au groupe contrôle. Ces résultats sont difficilement interprétable en raison de la petite taille des échantillons et de la variabilité des échelles utilisées. Dans ces études, la qualité de vie ne semble pas être impacté par l'amélioration des fonctions motrices dans les deux études. Ces résultats indiquent un besoin approfondi d'études standardisées et bien contrôlées pour évaluer plus précisément les bénéfices de la tDCS sur la qualité de vie des personnes atteintes de TNC. En revanche de nombreuses études s'interrogent sur la fiabilité d'une auto-évaluation chez les personnes atteintes de TNC (92, 93).

Bien que la tDCS soit généralement considérée comme sûre, il y a toujours des préoccupations concernant les effets secondaires potentiels. Il est important de discerner les aspects de tolérance et de sécurité au sens strict. La tolérance fait référence à la présence d'effets inconfortables et non intentionnels (par exemple, picotements et démangeaisons sous les électrodes), qui dans le cas de la tDCS n'induisent toutefois pas de dommages structurels ou fonctionnels, tandis que la sécurité fait référence à des effets dommageables.

Il n'y a aucune indication signalée d'effets indésirables graves avec l'utilisation de la tDCS 1-2 mA (94). Cependant, des effets secondaires temporaires légers peuvent survenir, tels que des maux de tête, une sensation cutanée aux sites de stimulation, une fatigue modérée, une rougeur de la peau sous le tampon d'électrodes, des difficultés de concentration, des changements d'humeur aigus et des nausées (36, 95). Ces effets sont autodéclarés chez environ 17 % des personnes en bonne santé (95). Cependant, des symptômes tels qu'une fatigue modérée peuvent être liés à la participation à une expérience, plutôt qu'à la tDCS elle-même. L'effet secondaire le plus fréquemment signalé est une sensation cutanée (95), bien que celle-ci ait tendance à s'atténuer une fois que le courant se stabilise (96). Il peut également être réduit en appliquant une solution saline modérée sur le sac de rétention, en utilisant une procédure de montée en puissance

et en descente lors de l'activation ou de la désactivation de la tDCS (97) et en utilisant des électrodes de plus petite taille (98).

Dans leur revue systématique de l'innocuité de la tDCS, Brunoni (99) ont inclus une sous-analyse de l'influence de la fréquence des séances sur les résultats indésirables et ont obtenu un résultat non significatif.

4.2 LIMITES

Notre étude présente certaines limites. D'un point de vue méthodologique, même si notre travail a été mené conformément aux directives PRISMA pour les revues systématiques, aucune méthode n'a été utilisée pour détecter les essais non publiés. En outre, cette étude s'est restreinte aux essais randomisés contrôlés, alors que de nombreux autres types d'études ont signalé des événements indésirables liés à l'utilisation de nouvelles technologies. Par conséquent, il est possible que des informations pertinentes aient été perdues en raison des critères de sélection appliqués dans cette revue. Certains essais randomisés ont mentionné des effets sur la motricité que nous n'avons pas pu inclure dans notre analyse quantitative en raison d'un manque de données statistiques. Cependant, malgré ces limitations, il convient de noter que cette méta-analyse a été réalisée par trois examinateurs. Nous avons donc pu réaliser des consensus durant les différentes étapes, notamment lors de la sélection d'articles, de l'extraction des données, de l'évaluation de biais et de la cotation PEDro. De plus, elle s'est appuyée sur des essais randomisés contrôlés, considérés comme offrant un niveau de preuve scientifique élevé. Pour garantir une bonne qualité méthodologique, les articles retenus ont été évalués à l'aide de l'échelle PEDro et du risque de biais Cochrane par ROB2. Les études incluses dans cette méta-analyse varient largement en termes de qualité méthodologique, comme en témoignent les scores. Le degré de certitude selon l'approche GRADE concernant l'effet sur la capacité motrice lors de l'utilisation de tDCS allait de très faible à faible selon les variables étudiées, ce qui pourrait réduire la confiance dans les conclusions de la méta-analyse. La plupart des études présentaient une qualité méthodologique modérée à mauvaise,

avec un score PEDro médian de 7. La faible qualité méthodologique globale des articles inclus dans cette revue pourrait réduire la force des conclusions rapportées.

Ces facteurs contribuent à la poursuite des débats sur l'adéquation de la tDCS comme traitement de la TNC, soulignant le besoin de recherches plus poussées pour clarifier son efficacité, ses mécanismes d'action, ses effets à long terme, et ses implications éthiques. Malgré ces limites, cette première revue systématique montre des résultats encourageants pour la poursuite de la recherche et des décisions en milieu clinique.

4.3 PERSPECTIVES

La tDCS, en tant qu'outil non invasif, continue de susciter un intérêt pour le traitement des TNC. Bien que la tDCS présente des avantages théoriques basés sur son mécanisme d'action, cette méta-analyse ne parvient pas à démontrer une efficacité supérieure par rapport aux traitements conventionnels dans l'amélioration des fonctions motrices et de la qualité de vie chez les patients atteints de TNC. La généralisation de ces résultats est limitée par le petit nombre d'articles disponibles pour chaque population et pour chaque type de résultat, comme indiqué ci-dessus. Pour mieux comprendre l'impact potentiel de la tDCS sur les TNC, il est crucial d'effectuer des recherches supplémentaires avec des designs d'étude améliorés, une standardisation des protocoles de tDCS, et des échantillons de taille plus conséquente avec les caractéristiques de leur population plus détaillée (gravité de la TNC..). Pour améliorer la comparabilité des résultats des ECR, il convient d'identifier des évaluations de référence et d'établir un consensus sur les définitions de « thérapie conventionnelle » et de « soins habituels » pour la réadaptation des patients atteints de TNC. L'exploration de l'efficacité de la tDCS en combinaison avec une thérapie conventionnelle pourrait également offrir des perspectives enrichissantes pour optimiser les traitements des TNC. Des études supplémentaires, de préférence sous la forme d'essais contrôlés randomisés de haute qualité, sont donc nécessaires pour évaluer plus précisément

l'efficacité et la sécurité de la tDCS dans cette population, ainsi que pour identifier les sous-groupes de patients qui pourraient bénéficier le plus de cette intervention.

5. Conclusion :

La raison d'être de la stimulation cérébrale non invasive dans la pratique clinique est d'apporter un bénéfice supplémentaire au-delà du traitement conventionnel. Les études actuelles suggèrent un potentiel thérapeutique possible, mais les effets cliniques ont jusqu'à présent été divergents en ce qui concerne les effets de la motricité et de la qualité de vie.

Cette revue systématique et méta-analyse présente des preuves de qualité faibles à modérées concernant l'impact de la tDCS sur les symptômes moteurs des patients atteints de TNC. Cette option thérapeutique semble au moins aussi efficace que les traitements conventionnels pour améliorer les activités et fonctions motrices. De plus, la tDCS semble contribuer positivement à la QdV des patients et se révèle être un traitement sûr. Toutefois, des études supplémentaires de meilleures qualités sont nécessaires pour valider ses effets sur le long terme.

Annexes :

ANNEXE 1 : Tableau Critères PRISMA 2020 (50)

1. Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	p.1
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	/
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	p.5-6-7
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	p.7
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	p.8-9
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	p.8
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	p.8; 45-46-47
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	p.9
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	p.9-10
Data items	10	List and define all outcomes for which data were	p.8-9

1. Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
	a	sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10 b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	/
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	p.10
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	p.10-11
Synthesis methods	13 a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	/
	13 b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	/
	13 c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	p.10-11
	13 d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	p.10-11
	13 e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	/
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	p.11
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	p.10
Certainty	15	Describe any methods used to assess certainty (or	p.11

1. Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
assessment		confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16 a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	p.12-13
	16 b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	/
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	p.13 to 24
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	p.25
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	p.25 to 31
Results of syntheses	20 a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	/
	20 b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	p.25 to 31
	20 c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	/
	20 d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	Annex e 7 (p.52)
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	p.25
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	p.27
DISCUSSION			
	23	Provide a general interpretation of the results in the	p.33-

1. Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Discussion	a	context of other evidence.	39
	23 b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	p.39-40
	23 c	Discuss any limitations of the review processes used.	p.39-40
	23 d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	p.40-41
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24 a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	p.8
	24 b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	/
	24 c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	/
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	/
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	/
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	/

De: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

ANNEXE 2 : Equations de recherche

Pubmed :

("dementia"[MeSH Terms] OR "dementia*"[Title/Abstract] OR "alzheimer disease"[MeSH Terms] OR "alzheimer disease"[Title/Abstract] OR "alzheimer s disease"[Title/Abstract] OR "dementia, vascular"[MeSH Terms] OR "dementia vascular"[Title/Abstract] OR "vascular dementia"[Title/Abstract] OR "parkinson disease"[MeSH Terms] OR "parkinson disease"[Title/Abstract] OR "parkinson's disease"[Title/Abstract] OR "lewy bodies"[MeSH Terms] OR "lewy bodies"[Title/Abstract] OR "lewy body"[Title/Abstract] OR "DLB"[Title/Abstract] OR "mixed dementias"[MeSH Terms] OR "mixed dementia*"[Title/Abstract] OR "cognitive dysfunction"[MeSH Terms] OR "cognitive dysfunction*"[Title/Abstract] OR "cognitive impairment*"[Title/Abstract] OR "MCI"[Title/Abstract] OR "Mild Cognitive Impairment*"[Title/Abstract] OR "frontotemporal dementia"[MeSH Terms] OR "frontotemporal dementia"[Title/Abstract]) AND ("transcranial direct current stimulation"[MeSH Terms] OR "transcranial direct current stimulation"[Title/Abstract] OR "tDCS"[Title/Abstract] OR "tDCS"[MeSH Terms] OR "Transcranial Electrical Stimulation"[Title/Abstract] OR "Transcranial Electrical Stimulation"[MeSH Terms] OR "Transcranial Alternating Current Stimulation"[Title/Abstract] OR "Transcranial Alternating Current Stimulation"[MeSH Terms] OR "Transcranial Electrical Stimulations"[Title/Abstract] OR "Transcranial Electrical Stimulations"[MeSH Terms] OR "Repetitive Transcranial Electrical Stimulation"[Title/Abstract] OR "Repetitive Transcranial Electrical Stimulation"[MeSH Terms]) AND (randomizedcontrolledtrial[Filter])

Embase :

((dementia)/exp) OR ((dementia*):ti,ab,kw) OR (('alzheimer disease')/exp) OR (('alzheimer disease'):ti,ab,kw) OR (('alzheimer s disease'):ti,ab,kw) OR (('dementia, vascular')/exp) OR (('dementia vascular'):ti,ab,kw) OR

(('vascular dementia'):ti,ab,kw) OR (('parkinson disease')/exp) OR
 (('parkinson disease'):ti,ab,kw) OR (('parkinsons disease'):ti,ab,kw) OR
 (('lewy bodies')/exp) OR (('lewy bodies'):ti,ab,kw) OR (('lewy body'):ti,ab,kw)
 OR ((DLB):ti,ab,kw) OR (('mixed dementias')/exp) OR (('mixed
 dementia*'):ti,ab,kw) OR (('cognitive dysfunction')/exp) OR (('cognitive
 dysfunction*'):ti,ab,kw) OR (('cognitive impairment*'):ti,ab,kw) OR
 ((MCI):ti,ab,kw) OR (('Mild Cognitive Impairment*'):ti,ab,kw) OR
 (('frontotemporal dementia')/exp) OR (('frontotemporal dementia'):ti,ab,kw)
 AND (('transcranial direct current stimulation')/exp) OR (('transcranial direct
 current stimulation'):ti,ab,kw) OR ((tDCS):ti,ab,kw) OR ((tDCS)/exp) OR
 (('transcranial electrical stimulation'):ti,ab,kw) OR (('transcranial electrical
 stimulation')/exp) OR (('transcranial alternating current stimulation')/exp) OR
 (('transcranial alternating current stimulation'):ti,ab,kw) OR (('transcranial
 electrical stimulations'):ti,ab,kw) OR (('transcranial electrical
 stimulations')/exp) OR (('repetitive transcranial electrical stimulation')/exp)
 OR (('repetitive transcranial electrical stimulation'):ti,ab,kw) AND
 (('randomized controlled trial'):ti,ab,kw)

Scopus :

(TITLE-ABS-KEY ("dementia*" OR "Alzheimer disease" OR "alzheimer's
 disease" OR "dementia vascular" OR "dementia vascular" OR "vascular
 dementia" OR "parkinson disease" OR "parkinson's disease" OR "lewy
 bodies" OR "lewy body" OR "dlb" OR "mixed dementia*" OR "cognitive
 dysfunction*" OR "cognitive impairment*" OR "mci" OR "mild cognitive
 impairment*" OR "frontotemporal dementia")) AND (TITLE-ABS-KEY
 ("transcranial direct current stimulation" OR "tdcs" OR "transcranial
 electrical stimulation" OR "transcranial alternating current stimulation" OR
 "transcranial electrical stimulations" OR "repetitive transcranial electrical
 stimulation")) AND (TITLE-ABS-KEY ("randomized controlled trial" OR
 "rct"))

Cochrane:

Title Abstract Keyword : “dementia” OR “dementias OR “dementia's” OR “alzheimer disease OR “alzheimer's disease” OR “dementia, vascular” OR “dementia vascular” OR “vascular dementia” OR “ parkinson disease” OR “parkinson's disease” OR “lewy bodies” “lewy body” OR “dlb” OR “mixed dementias” OR “mixed dementia” OR “mixed dementias” OR “cognitive dysfunction” OR “cognitive dysfunctions” OR “ cognitive impairment” OR “cognitive impairments” OR “mci” OR “mild cognitive impairment” OR “mild cognitive impairments” OR “frontotemporal dementia” AND

Title Abstract Keyword : “transcranial direct current stimulation” OR “tdcs” OR “transcranial electrical stimulation” OR “transcranial alternating current stimulation” OR “transcranial electrical stimulations” OR “repetitive transcranial electrical stimulation” AND

Title Abstract Keyword : “randomized controlled trial” OR “rct”

ANNEXE 3 : Critères PICO de la tDCS chez les personnes atteintes de TNC

Population	Adults with major neurocognitive disorder	dementia, dementia*, Alzheimer's disease, vascular dementia, Parkinson's disease, Dementia with Lewy Body, DLB, mixed dementia, cognitive impairment, MCI, frontotemporal dementia
Intervention	tDCS (in add. to / subst. of usual care)	transcranial direct current stimulation
Comparaison	Usual care or SHAM tDCS	
Résultats	Motor function, activity, quality of life and safety	Motor function (UDPRS III), Gait, functional gait (Timed-Up and Go Test, Functional Gait Assessment), Activity (LL - Step Count, UL - Pegboard)
Type d'étude	RCTs	Randomized controlled trial, RCT, randomized control trial, controlled trial, randomization

ANNEXE 4 : Risque de biais

<u>Study ID</u>	<u>Randomisation process</u>	<u>Deviations from the intended interventions</u>	<u>Missing outcome data</u>	<u>Measurement of the outcome</u>	<u>Selection of the reported result</u>	<u>Overall</u>
Benninger et al., 2010	+	+	+	+	!	!
Buenno et al., 2023	+	+	+	+	!	!
Costa Ribeiro et al., 2017	+	!	+	+	!	!
Da Silva et al., 2018	+	!	+	+	!	!
Lee et al., 2021	+	!	+	+	!	!
Liao et al., 2021	+	+	+	+	!	!
Schabrun et al., 2016	!	!	+	+	!	!
Wong et al., 2022	+	+	+	+	!	!
Yotnuengnit et al., 2018	+	-	+	+	!	-
Costa ribeiro et al., 2016	!	-	+	-	!	-
Costa Ribeiro et al., 2017	+	!	+	+	!	!
Lee et al., 2021	+	!	+	+	!	!
Manor et al., 2021	!	!	-	-	!	-
Benninger et al., 2010	+	+	+	+	!	!
Costa ribeiro et al., 2017	+	+	+	+	!	!
Da Silva et al., 2018	+	!	+	+	!	!
De Icco et al., 2022	+	+	+	-	!	-
Horiba et al., 2019	+	!	+	-	!	-
Lee et al., 2021	+	!	+	+	!	!
Manor et al., 2021	!	!	-	-	!	-
Yotnuengnit et al., 2018	+	-	+	+	!	-

 Low risk
 Some concerns
 High risk

Figure 5 a :Risk of bias summary: review authors' judgements about each risk of bias item for each included study (quantitative analysis)

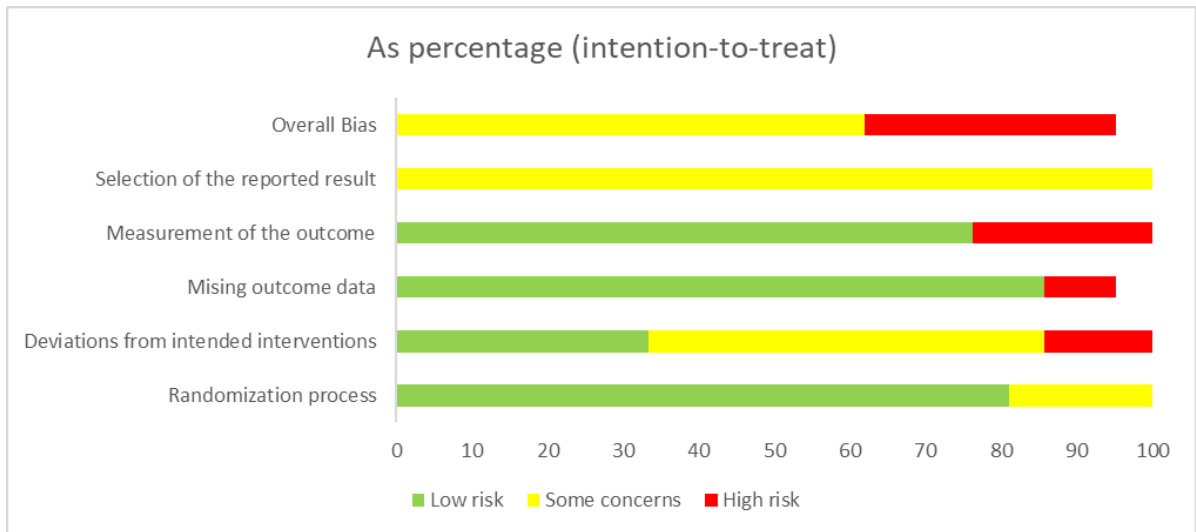


Figure 6 a : Risk of bias graph: review authors' judgements about each risk of bias item presented as percentages across all included studies (quantitative analysis)

<u>Study ID</u>	<u>Randomisation process</u>	<u>Deviations from the intended interventions.</u>	<u>Missing outcome data</u>	<u>Measurement of the outcome</u>	<u>Selection of the reported result</u>	<u>Overall</u>
Benninger et al., 2010	+	+	+	+	!	!
Broeder et al., 2023	+	+	+	+	!	!
Costa Ribeiro et al., 2017	+	!	+	+	!	!
Costa Ribeiro et al., 2016	+	!	+	+	!	!
Costa Ribeiro et al., 2016	+	!	+	+	!	!
De Albuquerque et al., 2020	+	+	+	+	!	!
De Albuquerque et al., 2020	!	!	+	+	!	!
De Albuquerque et al., 2022	+	+	+	+	!	!
De Albuquerque et al., 2022	+	-	+	+	!	-
Khedr et al., 2014	!	-	+	-	!	-
Li et al., 2023	+	!	+	+	!	!
Park et al., 2022	+	!	+	+	!	!
Park et al., 2022	!	!	-	-	!	-
Wong et al., 2022	+	+	+	+	!	!

+ Low risk
! Some concerns
- High risk

Figure 7 b :Risk of bias summary: review authors' judgements about each risk of bias item for each included study (qualitative analysis)

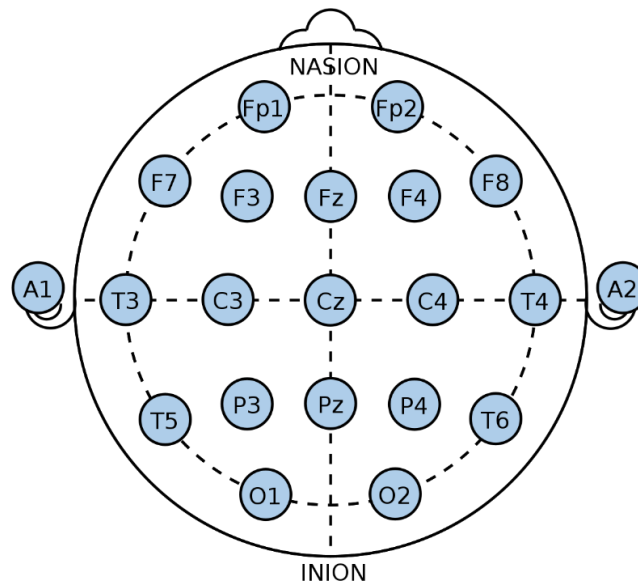


Figure 8 b : Risk of bias graph: review authors' judgements about each risk of bias item presented as percentages across all included studies (qualitative analysis)

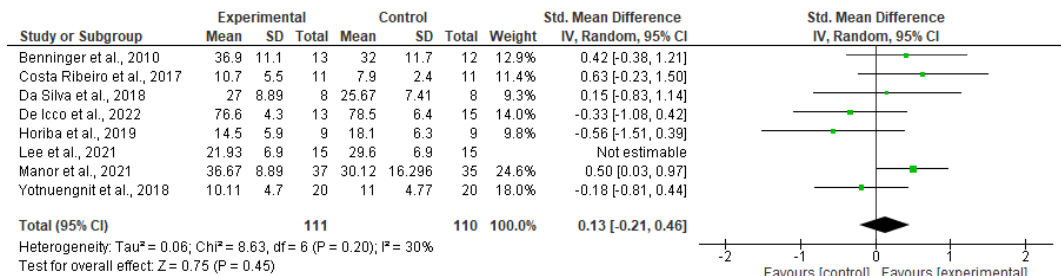
ANNEXE 5 : Tableau Score PEDro

Study	Eligibility criteria	Rando allocation	Concealed allocation	Baseline group similarity	Blinding of subject	Blinding of therapist	Blinding of assessors	85% allocated subjects measured	"Intention to treat" analysis	Between group statistical comparison	Point measure and measure variability	Total score (X/10)
Benninger et al.,2010	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Broeder et al.,2023	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	5
Bueno et al.,2023	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Costa Ribeiro et al.,2016	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	4
Costa Ribeiro et al.,2017	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8
Da Silva et al.,2018	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	7
De Albuquerque et al.,2020	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	5
De Albuquerque et al.,2022	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	8
De Icco et al.,2022	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Horiba et al.,2019	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	5
Khedr et al.,2014	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Lee et al.,2021	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	6
Li et al.,2023	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	7
Liao et al.,2021	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Manor et al.,2021	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Park , 2022	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	7
Schabrun et al.,2016	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8
Wong et al.,2022	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Yotuegnit et al.,2018	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6

ANNEXE 6 : système 10-20 pour les placements d'électrodes



ANNEXE 7 : Analyse de sensibilité impliquant l'exclusion des résultats aberrants



Bibliothèque :

1. éd. tpJ-DGeM-ACe. DSM-5 :manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux: Elsevier Masson
2. carquillata. Organisation mondiale de la santé, conseil exécutif pont 6.1 de l'ordre du jour : démence 2016 [
3. Hugo J, Ganguli M. Dementia and cognitive impairment: epidemiology, diagnosis, and treatment. Clin Geriatr Med. 2014;30(3):421-42.
4. McGregor MM, Nelson AB. Circuit Mechanisms of Parkinson's Disease. Neuron. 2019;101(6):1042-56.
5. Mayo MC, Bordelon Y. Dementia with Lewy Bodies. Semin Neurol. 2014;34(02):182-8.
6. Gale SA, Acar D, Daffner KR. Dementia. Am J Med. 2018;131(10):1161-9.
7. Gehrman P, Gooneratne NS, Brewster GS, Richards KC, Karlawish J. Impact of Alzheimer disease patients' sleep disturbances on their caregivers. Geriatr Nurs. 2018;39(1):60-5.
8. OMS. Dementia 2023 [Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>].
9. Hand MD. Every Three Seconds: A Review of an Innovative Documentary on Research and Stigma Surrounding Dementia Across the Globe. Journal of Gerontological Social Work. 2019;62(3):369-73.
10. Organization WH. Global status report on the public health response to dementia 2021 [
11. Démence : Facteurs de risque et prévention - Canada.ca 2024 [Available from: <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/demence/facteurs-risque-prevention.html>].
12. International AsD. World Alzheimer Report 2015, The Global Impact of Dementia: An analysis of prevalence, incidence, cost and trends 2015 [
13. Vieillissement et santé [Available from: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>].
14. Nichols E, Steinmetz JD, Vollset SE, Fukutaki K, Chalek J, Abd-Allah F, et al. Estimation of the global prevalence of dementia in 2019 and forecasted prevalence in 2050: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. The Lancet Public Health. 2022;7(2):e105-e25.
15. Dorsey ER, Elbaz A, Nichols E, Abbasi N, Abd-Allah F, Abdelalim A, et al. Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. The Lancet Neurology. 2018;17(11):939-53.

16. McKeith IG, Boeve BF, Dickson DW, Halliday G, Taylor J-P, Weintraub D, et al. Diagnosis and management of dementia with Lewy bodies. *Neurology*. 2017;89(1):88-100.
17. David BHMD, Peter Bailey MD, Sandra Black MD, Anne Carswell MP, Howard Chertkow MD, Barry Clarke MD, et al. Diagnosis and treatment of dementia: 5. Nonpharmacologic and pharmacologic therapy for mild to moderate dementia. *Canadian Medical Association Journal*. 2008;179(10):1019.
18. Livingston G, Huntley J, Sommerlad A, Ames D, Ballard C, Banerjee S, et al. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *Lancet*. 2020;396(10248):413-46.
19. Berg-Weger M, Stewart DB. Non-Pharmacologic Interventions for Persons with Dementia. *Mo Med*. 2017;114(2):116-9.
20. Watt JA, Porter J, Tavilsup P, Chowdhury M, Hatch S, Ismail Z, et al. Guideline Recommendations on Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia: A Systematic Review. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2024;25(5):837-46.e21.
21. Varadharajan A, Davis AD, Ghosh A, Jagtap T, Xavier A, Menon AJ, et al. Guidelines for pharmacotherapy in Alzheimer's disease - A primer on FDA-approved drugs. *J Neurosci Rural Pract*. 2023;14(4):566-73.
22. Perng C-H, Chang Y-C, Tzang R-F. The treatment of cognitive dysfunction in dementia: a multiple treatments meta-analysis. *Psychopharmacology*. 2018;235(5):1571-80.
23. Kales HC, Gitlin LN, Lyketsos CG, the Detroit Expert Panel on the A, Management of the Neuropsychiatric Symptoms of D. Management of Neuropsychiatric Symptoms of Dementia in Clinical Settings: Recommendations from a Multidisciplinary Expert Panel. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2014;62(4):762-9.
24. Watts KE, Storr NJ, Barr PG, Rajkumar AP. Systematic review of pharmacological interventions for people with Lewy body dementia. *Aging & Mental Health*. 2023;27(2):203-16.
25. Jankovic J. Complications and limitations of drug therapy for Parkinson's disease. *Neurology*. 2000;55(12 Suppl 6):S2-6.
26. Jankovic J. Levodopa strengths and weaknesses. *Neurology*. 2002;58(suppl_1):S19-S32.
27. Stocchi F, Tagliati M, Olanow CW. Treatment of levodopa-induced motor complications. *Movement Disorders*. 2008;23(S3):S599-S612.
28. Ninot G, Abad S, Minet M, Nogues M. Définition du terme « intervention non médicamenteuse » (INM). *Kinésithérapie, la Revue*. 2024.
29. Brodaty H, Arasaratnam C. Meta-analysis of nonpharmacological interventions for neuropsychiatric symptoms of dementia. *Am J Psychiatry*. 2012;169(9):946-53.

30. Gupta A, Prakash NB, Sannyasi G. Rehabilitation in Dementia. *Indian Journal of Psychological Medicine*. 2021;43(5_suppl):S37-S47.
31. Okada Y, Ohtsuka H, Kamata N, Yamamoto S, Sawada M, Nakamura J, et al. Effectiveness of Long-Term Physiotherapy in Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Parkinsons Dis*. 2021;11(4):1619-30.
32. Ströhle A, Schmidt DK, Schultz F, Fricke N, Staden T, Hellweg R, et al. Drug and Exercise Treatment of Alzheimer Disease and Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis of Effects on Cognition in Randomized Controlled Trials. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2015;23(12):1234-49.
33. Cations M, Laver KE, Crotty M, Cameron ID. Rehabilitation in dementia care. *Age and Ageing*. 2018;47(2):171-4.
34. Laver KE, Crotty M, Low L-F, Clemson L, Whitehead C, McLoughlin J, et al. Rehabilitation for people with dementia: a multi-method study examining knowledge and attitudes. *BMC Geriatrics*. 2020;20(1):531.
35. Groot C, Hooghiemstra AM, Raijmakers PG, van Berckel BN, Scheltens P, Scherder EJ, et al. The effect of physical activity on cognitive function in patients with dementia: A meta-analysis of randomized control trials. *Ageing Res Rev*. 2016;25:13-23.
36. Brunoni AR, Amadera J, Berbel B, Volz MS, Rizzerio BG, Fregni F. A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*. 2011;14(8):1133-45.
37. Stagg CJ, Nitsche MA. Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation. *The Neuroscientist*. 2011;17(1):37-53.
38. Nonnekes J, Arroggi A, Munneke MA, van Asseldonk EH, Oude Nijhuis LB, Geurts AC, et al. Subcortical structures in humans can be facilitated by transcranial direct current stimulation. *PLoS One*. 2014;9(9):e107731.
39. Cheng CP, Chan SS, Mak AD, Chan WC, Cheng ST, Shi L, et al. Would transcranial direct current stimulation (tDCS) enhance the effects of working memory training in older adults with mild neurocognitive disorder due to Alzheimer's disease: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2015;16:479.
40. Conceição NR, Gobbi LTB, Nóbrega-Sousa P, Orcioli-Silva D, Beretta VS, Lirani-Silva E, et al. Aerobic Exercise Combined With Transcranial Direct Current Stimulation Over the Prefrontal Cortex in Parkinson Disease: Effects on Cortical Activity, Gait, and Cognition. *Neurorehabil Neural Repair*. 2021;35(8):717-28.
41. Lau C-i, Liu M-N, Chang K-C, Chang A, Bai C-H, Tseng C-S, et al. Effect of single-session transcranial direct current stimulation on cognition in Parkinson's disease. *CNS Neuroscience & Therapeutics*. 2019;25(11):1237-43.

42. Elsner B, Kugler J, Pohl M, Mehrholz J. Transcranial direct current stimulation (tDCS) for idiopathic Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016(7).
43. Lee HK, Ahn SJ, Shin YM, Kang N, Cauraugh JH. Does transcranial direct current stimulation improve functional locomotion in people with Parkinson's disease? A systematic review and meta-analysis. *J Neuroeng Rehabil*. 2019;16(1):84.
44. Orrù G, Baroni M, Cesari V, Conversano C, Hitchcott PK, Gemignani A. The effect of single and repeated tDCS sessions on motor symptoms in Parkinson's disease: a systematic review. *Arch Ital Biol*. 2019;157(2-3):89-101.
45. Simpson MW, Mak M. The effect of transcranial direct current stimulation on upper limb motor performance in Parkinson's disease: a systematic review. *J Neurol*. 2020;267(12):3479-88.
46. Cammisuli DM, Cignoni F, Ceravolo R, Bonuccelli U, Castelnuovo G. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) as a Useful Rehabilitation Strategy to Improve Cognition in Patients With Alzheimer's Disease and Parkinson's Disease: An Updated Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Front Neurol*. 2021;12:798191.
47. de Oliveira PCA, de Araújo TAB, Machado D, Rodrigues AC, Bikson M, Andrade SM, et al. Transcranial Direct Current Stimulation on Parkinson's Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Neurol*. 2021;12:794784.
48. Pol F, Salehinejad MA, Baharlouei H, Nitsche MA. The effects of transcranial direct current stimulation on gait in patients with Parkinson's disease: a systematic review. *Translational Neurodegeneration*. 2021;10(1):22.
49. Madrid J, Benninger DH. Non-invasive brain stimulation for Parkinson's disease: Clinical evidence, latest concepts and future goals: A systematic review. *Journal of Neuroscience Methods*. 2021;347:108957.
50. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.
51. Amir-Behghadami M, Janati A. Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study (PICOS) design as a framework to formulate eligibility criteria in systematic reviews. *Emergency Medicine Journal*. 2020:emermed-2020-209567.
52. Organization WH. The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: clinical descriptions and diagnostic guidelines: World Health Organization; 1992.
53. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2019;366:l4898.

54. de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother.* 2009;55(2):129-33.
55. Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother.* 2020;66(1):59.
56. Lin L, Aloe AM. Evaluation of various estimators for standardized mean difference in meta-analysis. *Statistics in Medicine.* 2021;40(2):403-26.
57. Murad MH, Wang Z, Chu H, Lin L. When continuous outcomes are measured using different scales: guide for meta-analysis and interpretation. *BMJ.* 2019;364:k4817.
58. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Research Synthesis Methods.* 2010;1(2):97-111.
59. Lipsey MW, Wilson DB. *Practical meta-analysis.* Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc; 2001. ix, 247-ix, p.
60. Higgins JPT, Thompson SG. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine.* 2002;21(11):1539-58.
61. Benninger DH, Lomarev M, Lopez G, Wassermann EM, Li X, Considine E, et al. Transcranial direct current stimulation for the treatment of Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2010;81(10):1105-11.
62. Broeder S, Vandendoorent B, Hermans P, Nackaerts E, Verheyden G, Meesen R, et al. Transcranial direct current stimulation enhances motor learning in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Journal of Neurology.* 2023;270(7):3442-50.
63. Bueno MEB, Silva TCO, de Souza RJ, Volpe RP, Moura FA, Smaili SM. Acute effects of transcranial direct current stimulation combined with physical therapy on the balance and gait in individuals with Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Clinical Neurology and Neurosurgery.* 2023;226.
64. Costa-Ribeiro A, Maux A, Bosford T, Aoki Y, Castro R, Baltar A, et al. Transcranial direct current stimulation associated with gait training in Parkinson's disease: A pilot randomized clinical trial. *Dev Neurorehabil.* 2017;20(3):121-8.
65. Costa-Ribeiro A, Maux A, Bosford T, Tenorio Y, Marques D, Carneiro M, et al. Dopamine-independent effects of combining transcranial direct current stimulation with cued gait training on cortical excitability and functional mobility in Parkinson's disease. *Journal of rehabilitation medicine.* 2016;48(9):819-23.
66. Da Silva DCL, Lemos T, De Sá Ferreira A, Horsczaruk CHR, Pedron CA, De Carvalho Rodrigues E, et al. Effects of Acute Transcranial Direct Current Stimulation on Gait Kinematics of Individuals with Parkinson Disease. *Topics in Geriatric Rehabilitation.* 2018;34(4):262-8.

67. de Albuquerque LL, Pantovic M, Clingo M, Fischer K, Jalene S, Landers M, et al. An acute application of cerebellar transcranial direct current stimulation does not improve motor performance in Parkinson's disease. *Brain Sciences*. 2020;10(10):1-15.
68. de Albuquerque LL, Pantovic M, Clingo MG, Fischer KM, Jalene S, Landers MR, et al. Long-Term Application of Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation Does Not Improve Motor Learning in Parkinson's Disease. *Cerebellum*. 2022;21(3):333-49.
69. De Icco R, Putorti A, Allena M, Avenali M, Dagna C, Martinelli D, et al. Non-Invasive Neuromodulation in the Rehabilitation of Pisa Syndrome in Parkinson's Disease: a Randomized Controlled Trial. *Frontiers in neurology*. 2022;13:849820.
70. Horiba M, Ueki Y, Nojima I, Shimizu Y, Sahashi K, Itamoto S, et al. Impaired motor skill acquisition using mirror visual feedback improved by transcranial direct current stimulation (tDCS) in patients with Parkinson's disease. *Frontiers in neuroscience*. 2019;13(JUN).
71. Khedr EM, Gamal NF, El-Fetoh NA, Khalifa H, Ahmed EM, Ali AM, et al. A double-blind randomized clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of Alzheimer's disease. *Front Aging Neurosci*. 2014;6:275.
72. Lee SA, Kim MK. The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation Combined with Visual Cueing Training on Motor Function, Balance, and Gait Ability of Patients with Parkinson's Disease. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(11).
73. Li X, Chen L, Yu K, Zhuang W, Zhu H, Xu W, et al. Impact of twice-a-day transcranial direct current stimulation intervention on cognitive function and motor cortex plasticity in patients with Alzheimer's disease. *Gen Psychiatr*. 2023;36(6):e101166.
74. Liao YY, Liu MN, Wang HC, Walsh V, Lau CI. Combining Transcranial Direct Current Stimulation With Tai Chi to Improve Dual-Task Gait Performance in Older Adults With Mild Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2021;13.
75. Manor B, Dagan M, Herman T, Gouskova NA, Vanderhorst VG, Giladi N, et al. Multitarget Transcranial Electrical Stimulation for Freezing of Gait: A Randomized Controlled Trial. *Mov Disord*. 2021;36(11):2693-8.
76. Park JE, Hallett M, Jang HR, Kim LU, Park KJ, Kim SK, et al. Effects of anodal stimulation and motor practice on limb-kinetic apraxia in Parkinson's disease. *Exp Brain Res*. 2022;240(4):1249-56.
77. Schabrun S, Lamont R, Brauer S. A pilot, randomized, double-blind, sham-controlled trial of transcranial direct current stimulation to enhance dual-task gait training in people with Parkinson's disease. *Journal of Parkinson's disease*. 2016;6:203-4.

78. Wong PL, Yang YR, Huang SF, Fuh JL, Chiang HL, Wang RY. Transcranial Direct Current Stimulation on Different Targets to Modulate Cortical Activity and Dual-Task Walking in Individuals With Parkinson's Disease: A Double Blinded Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2022;14.
79. Yotnuengnit P, Bhidayasiri R, Donkhan R, Chaluaysrimuang J, Piravej K. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation Plus Physical Therapy on Gait in Patients With Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2018;97(1):7-15.
80. Monte-Silva K, Kuo M-F, Liebetanz D, Paulus W, Nitsche MA. Shaping the Optimal Repetition Interval for Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). *Journal of Neurophysiology*. 2010;103(4):1735-40.
81. Monte-Silva K, Kuo M-F, Hessenthaler S, Fresnoza S, Liebetanz D, Paulus W, et al. Induction of Late LTP-Like Plasticity in the Human Motor Cortex by Repeated Non-Invasive Brain Stimulation. *Brain Stimulation*. 2013;6(3):424-32.
82. Batsikadze G, Moliadze V, Paulus W, Kuo M-F, Nitsche MA. Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans. *The Journal of Physiology*. 2013;591(7):1987-2000.
83. Chelette K, Carrico C, Nichols L, Salyers E, Sawaki L, editors. Effects of electrode configurations in transcranial direct current stimulation after stroke. 2014 IEEE 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom); 2014 15-18 Oct. 2014.
84. Nitsche MA, Fricke K, Henschke U, Schlitterlau A, Liebetanz D, Lang N, et al. Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *J Physiol*. 2003;553(Pt 1):293-301.
85. Nitsche MA, Paulus W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*. 2001;57(10):1899-901.
86. Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol*. 2000;527 Pt 3(Pt 3):633-9.
87. Nitsche MA, Nitsche MS, Klein CC, Tergau F, Rothwell JC, Paulus W. Level of action of cathodal DC polarisation induced inhibition of the human motor cortex. *Clin Neurophysiol*. 2003;114(4):600-4.
88. Woods AJ, Bryant V, Sacchetti D, Gervits F, Hamilton R. Effects of Electrode Drift in Transcranial Direct Current Stimulation. *Brain Stimulation*. 2015;8(3):515-9.
89. Rush S, Driscoll DA. Current distribution in the brain from surface electrodes. *Anesth Analg*. 1968;47(6):717-23.

90. Khedr EM, Shawky OA, El-Hammady DH, Rothwell JC, Darwish ES, Mostafa OM, et al. Effect of Anodal Versus Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation on Stroke Rehabilitation: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2013;27(7):592-601.
91. Opitz A, Paulus W, Will S, Antunes A, Thielscher A. Determinants of the electric field during transcranial direct current stimulation. *NeuroImage*. 2015;109:140-50.
92. Selwood A, Thorgrimsen L, Orrell M. Quality of life in dementia--a one-year follow-up study. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2005;20(3):232-7.
93. Ready RE, Ott BR. Quality of Life measures for dementia. *Health Qual Life Outcomes*. 2003;1:11.
94. Arul-Anandam AP, Loo C, Sachdev P. Transcranial direct current stimulation - what is the evidence for its efficacy and safety? *F1000 Med Rep*. 2009;1.
95. Poreisz C, Boros K, Antal A, Paulus W. Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. *Brain Research Bulletin*. 2007;72(4):208-14.
96. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimulation*. 2008;1(3):206-23.
97. Au - DaSilva AF, Au - Volz MS, Au - Bikson M, Au - Fregni F. Electrode Positioning and Montage in Transcranial Direct Current Stimulation. *JoVE*. 2011(51):e2744.
98. Turi Z, Ambrus GG, Ho K-A, Sengupta T, Paulus W, Antal A. When Size Matters: Large Electrodes Induce Greater Stimulation-related Cutaneous Discomfort Than Smaller Electrodes at Equivalent Current Density. *Brain Stimulation*. 2014;7(3):460-7.
99. Nikolin S, Huggins C, Martin D, Alonzo A, Loo CK. Safety of repeated sessions of transcranial direct current stimulation: A systematic review. *Brain Stimulation*. 2018;11(2):278-88.

Contexte : Les troubles neurocognitifs (TNC) majeurs sont associés à une dégradation progressive des fonctions cognitives, comportementales et motrices. Bien que la pharmacologie et la réadaptation soient majoritaire dans sa prise en charge, il existe un besoin considérable d'options thérapeutiques. La stimulation transcranienne par courant direct (tDCS) émerge comme un traitement innovant. Cette méta-analyse a donc été menée pour quantifier ses effets moteurs et sa sécurité dans le cadre de la réadaptation des personnes atteintes TNC.

Méthodes : Une recherche systématique a été menée dans 7 bases de données. Les critères d'inclusion comprenaient les ECRs qui évaluaient les effets moteurs de la tDCS seul ou combiné à une thérapie conventionnelle sur les adultes atteints de TNC. Des analyses statistiques ont été effectuées pour déterminer l'effet de la tDCS à l'aide d'un modèle à effets aléatoires.

Résultats : Dans l'ensemble la tDCS n'est pas significativement supérieure à la thérapie conventionnelle, en ce qui concerne la vitesse de marche (DMS: 0.20; P=0.15), la mobilité fonctionnelle (DMS: 0.09; P=0.59) et la MDS-UPDRS (DMS: -0.04; P=0.85). De plus, la tDCS semble avoir un impact positif sur la de QdV, bien que la robustesse de ces résultats soit de faible évidence. Aucun effet secondaire grave n'a été rapporté dans les études incluses.

Conclusion : La tDCS est une intervention comparable à la thérapie conventionnelle sur le plan moteur chez les personnes atteintes de TNC.