

INTÉRÊT DE LA STIMULATION CÉRÉBRALE PROFONDE (SCP) DANS LE TRAITEMENT NEUROCHIRURGICAL DE LA DYSTONIE

BRAHIM MERROUCHE, L.MAHFOUF

*Service de neurochirurgie
EHS Salim zemirli*

GÉNÉRALITES- DÉFINITION

La dystonie (Fig.1) se définit comme un mouvement involontaire anormal caractérisé par des contractions musculaires persistantes ou intermittentes entraînant des mouvements répétitifs et de torsion (ou les deux). [1]



Figure n° 1 : Enfant dystonique

Ces contractions surviennent durant le mouvement volontaire qu'elles parasitent et peuvent persister au repos, entraînant des postures anormales (disparaissent pendant le sommeil) ou des déformations ostéo-articulaires persistantes. La physiopathologie de la dystonie est extrêmement complexe. Toutes les traitements disponibles ne sont à ce jour que symptomatiques et les progrès les plus récents ont été apportés par la neurochirurgie fonctionnelle, dont la stimulation cérébrale profonde a complètement transformé la prise en charge thérapeutique des patients présentant un syndrome dystonique généralisée.

TRAITEMENT CHIRURGICAL DE LA DYSTONIE PAR SCP

A. GÉNÉRALITÉS, DÉFINITION

En raison de l'importance des effets secondaires des techniques lésionnelles bilatérales, la stimulation cérébrale des structures profondes a été développée à partir des années 1950 [2]. Au cours des interventions de chirurgie lésionnelle, la

stimulation électrique était un moyen permettant d'identifier la cible stéréotaxique. Progressivement, le traitement de stimulation fut utilisé d'une façon chronique pendant des jours ou de semaines afin de sélectionner les électrodes les plus efficaces parmi plusieurs implantées avant de procéder à la chirurgie lésionnelle.

L'utilisation du traitement par SCP [8] en continu a évolué d'une façon parallèle à l'apparition des neurostimulateurs. Les premières observations rapportant une stimulation chronique intermittente utilisée dans le traitement de différents mouvements anormaux furent réalisées par Mundinger en 1977 (au niveau thalamique dans la dystonie cervicale) et par Cooper en 1980 (au niveau thalamique ou de la capsule interne). [4]

L'introduction de la SCP thalamique à haute fréquence pour le traitement du tremblement par l'équipe du CHU de Grenoble suivi quelques années plus tard de la stimulation du noyau sous thalamique (NST) dans la maladie de Parkinson (MP), ont eu un impact majeur dans le développement de la neurochirurgie fonctionnelle moderne.

B. MÉCANISME D'ACTION DE LA STIMULATION CÉRÉBRALE PROFONDE

La stimulation cérébrale est une stimulation extracellulaire qui peut «activer» plusieurs éléments neuronaux à la fois comme les corps cellulaires présents dans le noyau "cible", les axones afférents à la structure ou les axones de passage dans cette structure [6, 7].

Il existe de nombreuses hypothèses concernant le mécanisme d'action de la stimulation,

- Une première hypothèse est née avec Benabid et al. qui ont montré que la stimulation à haute fréquence du thalamus induisait les mêmes effets sur le tremblement de la maladie de Parkinson que sa destruction. [9]

- Deux explications ont été largement avancées dans plusieurs publications :

* La SCP génère une ablation fonctionnelle en supprimant ou en inhibant la structure qui est stimulée,

* La SCP résulte en une activation de la structure stimulée qui est transmise à travers le réseau.

- En considérant les deux grandes actions possibles (inhibition ou activation), plusieurs hypothèses ont été avancées:

* Blocage de la dépolarisation.

* Inhibition synaptique.

* Dépression synaptique.

* Stimulation induisant une modulation de l'activité du réseau pathologique.

- Il apparaît que le mécanisme thérapeutique engendré par la stimulation cérébrale dans le cadre du traitement des mouvements anormaux représente une combinaison de plusieurs phénomènes.

C. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA SCP

- Les avantages de la stimulation sont nombreux :

* Elle n'occasionne pas de dommage définitif dans un cerveau d'enfant en pleine croissance.

* Elle permet une adaptation du courant électrique (paramètres de la stimulation) à l'intensité des symptômes et aux besoins de l'individu. En effet, la stimulation cérébrale n'entraîne pas la destruction des cellules anormales, mais leur blocage par un courant électrique de faible intensité.

* Elle est totalement réversible en cas d'échec.

* La mise en place des électrodes et des stimulateurs comporte moins de risques que la pallidotomie.

* La nature des courants utilisés n'entraîne pas de lésion des tissus cérébraux.

* Les résultats de la chirurgie du GPI dans la dystonie sont très variables d'un patient à l'autre allant d'améliorations subtiles à des améliorations très significatives.

- Les inconvénients et risques de la stimulation sont :

* C'est une chirurgie qui a tous les risques généraux propres à la chirurgie et à l'anesthésie.

* Il y a une implantation d'un matériel donc risque d'hémorragie, infection et crise d'épilepsie.

* Problèmes mécaniques liés au matériel lui-même ou certains effets secondaires liés à la stimulation.

* C'est une technique qui reste plus ou moins chère d'autant plus que cette technique nécessite le changement du stimulateur à chaque fois qu'il arrive en fin de vie.

D. LES CRITÈRES D'INCLUSIONS (CRITÈRES DE SÉLECTION DES MALADES)

L'inclusion à un protocole de stimulation doit répondre à des critères de sélection définis, qui sont une étape essentielle à double titre. D'une part, elle permet de recruter au mieux les patients susceptibles d'avoir un résultat positif dans de bonnes conditions, et d'autre part, permet à l'équipe chirurgicale d'expliquer au patient et à leur entourage pourquoi cette intervention n'est pas souhaitable ou réalisable, dans le cas échéant.

* L'âge :

Minimum: Seule la morphologie des enfants, souvent victimes de retard staturo-pondéral dû à la maladie, est le critère important. En effet, les stimulateurs sont volumineux. Leur tolérance dépend de la taille de l'abdomen et de la panicule adipeuse.

Maximum : En chirurgie fonctionnelle, l'opérabilité est d'abord définie par l'anesthésiste et l'indice de Karnofsky, elle n'est pas fondée sur l'âge de manière absolue.

* Le syndrome Neuro-Orthopédique:

Il faut toujours opérer avant la survenue des complications ostéo-articulaires, car les déformations rencontrent souvent source de douleurs graves et gênent la récupération fonctionnelle.

* Le contexte familial:

L'implication de la famille au traitement reste un élément fondamental pour sa réalisation car il nécessite une surveillance rigoureuse et rapprochée, incluant consultation et hospitalisation afin de régler

ces paramètres. Par conséquent, le consentement familial à priori est un critère d'indication.

* La douleur:

Les résultats spectaculaires et précoces sur la douleur fait de ce critère un argument central de l'indication chirurgicale, notamment chez les enfants.

* La pharmaco-résistance

La nécessité d'augmenter précocement les doses doit être un critère d'orientation vers la chirurgie.

* L'imagerie cérébrale normale:

Généralement le Protocole : IRM Stéréotaxique se fait sous anesthésie générale afin d'avoir une bonne précision concernant le GPI, et une bonne appréciation du risque hémorragique lié à la mise en place des électrodes. L'étude analytique de l'imagerie permet de voir le caractère limité de l'atrophie cortico sous corticale et l'absence d'autres anomalies intéressant les noyaux gris centraux.

L'intégrité du thalamus qui le relais indispensable entre GPI et cortex est très importante. La présence de lésions n'est pas une contre-indication absolue à la chirurgie.

Les dystonies secondaires s'accompagnant de lésions focales à l'IRM sont souvent moins sensibles au traitement.

* La sémiologie

Présence de mouvements rapides (composante balistique) est un critère d'indication, certaines myoclonies cédant après stimulation. L'intégrité de la voie motrice (absence du syndrome pyramidal, absence du syndrome cérébelleux) et l'absence de détérioration cognitive semble être des éléments de pronostic important.

* Dans les dystonies segmentaires et focales : les résultats sont rapidement obtenus notamment dans les torticolis.

* Les formes moins graves récupèrent plus vite, plus facilement et plus radicalement.

* Les étiologies

Les dystonies en rapport avec la mutation DYT1 sont la meilleure indication. Dans les autres cas :- syndrome de PKAN (Hallervorden-Spatz) et certaines infirmités motrices cérébrales peuvent tirer bénéfice de cette opération (effet sur les douleurs et la déglutition).

E. LES CRITÈRES D'EXCLUSION

* Certaines formes de dystonies secondaires.

* Contre-indications chirurgicales.

* Contre-indications à l'anesthésie.

* Suivi impossible d'où l'intérêt d'un consentement familial.

* Altération cognitive.

* Contre-indication à l'IRM cérébrale (patients porteurs d'un stimulateur cardiaque ou un défibrillateur).

* Présence de maladies à potentiel évolutif à moyen terme : insuffisance hépatique ou rénale.

**F. DÉCISION MULTIDISCIPLINAIRE :
LA PRISE EN CHARGE DES DYSTONIES
NÉCESSITE UNE COLLABORATION MULTI-
DISCIPLINAIRE :**

G. PROCÉDURE CHIRURGICALE

- Introduction

La prise en charge chirurgicale de la dystonie est basée sur une bonne connaissance de l'anatomie radiologique qui s'appuie sur une bonne IRM et qui nécessite une bonne planification de la trajectoire de la cible.

Plusieurs cibles ont été utilisées mais le GPI reste le noyau du choix pour la prise en charge des syndromes dystoniques. [5]

La procédure chirurgicale de la SCP est bien codifiée. D'une durée de 06 heures, elle s'appuie sur plusieurs phases distinctes, l'étape initiale restant toujours le repérage anatomique, la 2^e étape c'est la planification et la 3^e étape est relative au geste chirurgical lui-même.

- Atlas et stéréotaxie

Un atlas stéréotaxie 3D a été conçu et proposé pour l'imagerie de coupe IRM ou TDM. Cela signifie l'acquisition de données issues de diverses modalités d'imagerie et leur transfert dans un système de coordonnées cartésiennes. (Fig.2)

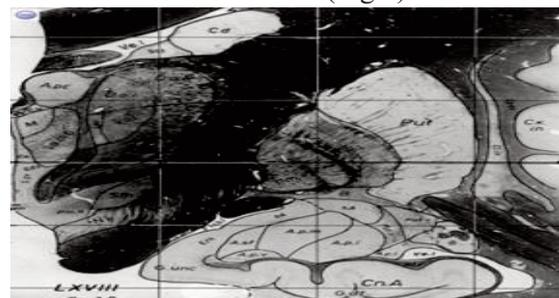


Figure n° 2. : Exemple de repérage stéréotaxique par des images d'atlas

Chaque structure est déterminée par ces coordonnées en X, Y, Z.

Cibles stéréotaxiques

Le choix des cibles se fait généralement par vision directe. Les cibles visibles sont définies directement sans l'assistance de cartes anatomiques comme le cas de GPI. C'est pourquoi, plusieurs séquences ont été proposées telle que la séquence densité proton ou inversion récupération. De ce point de vue, l'analyse peut bénéficier d'informations 3D en très haute définition.

L'imagerie stéréotaxique et L'imagerie par résonance magnétique

Dans notre pratique, la sélection de la cible et le contrôle postopératoire de la position de l'électrode sur l'IRM du malade (et non pas sur un atlas) sont des étapes cruciales pour l'obtention de l'effet thérapeutique [10]. En effet, on utilise une fusion d'images entre scanner cérébral et IRM cérébrale puis on établit la planification de notre cible et son trajectoire. Mais l'idéal est d'utiliser une IRM seule car ceci permet :

- une précision supérieure ou égale aux méthodes traditionnelles.
- une réduction du taux de complications liées à la non-utilisation de la ventriculographie.
- une réduction du taux de complications liées à la non utilisation des enregistrements par microélectrodes (hémorragie).
- un raccourcissement de la durée opératoire.
- une diminution du coût chirurgical.

Choix de la cible

Généralement la vision directe du GPI est plus précise et permet de mieux délimiter le volume du noyau à cibler.

Une bonne fusion d'images et l'exploration géométrique du GPI permet de mieux positionner l'électrode sur la cible stéréotaxique primaire. Cependant, des erreurs peuvent être repérées puis corrigées avant d'être validées.

Les méthodes de localisation de la cible (repérage anatomique)

L'avènement du scanner et L'IRM ont remplacé la ventriculographie, en effet plusieurs travaux ont été réalisés définissant des repères à partir de la structure de la ligne médiane telles que la limite postérieure du

3ème ventricule, la commissure postérieure (CP), la calcification de l'épiphyse; améliorée ensuite par l'atlas stéréotaxique, notamment l'atlas anatomique de Talairach qui a défini l'intérêt de la ligne bi-commissurale dans le repérage indirect des noyaux gris centraux, des régions mésencéphaliques sous-optiques et hypothalamiques.

L'atlas de Bailey et Schaltenbrand, à repris la ligne CA-CP (Fig. 3) mais en simplifiant le système d'axes par l'utilisation du plan des médiatrices du segment CA-CP, permettant de définir un seul point «zéro» comme origine du système de coordonnées cérébrales : le milieu de la ligne CA-CP.

La cible est définie par des coordonnées (en millimètres) et utilisée par certains auteurs en mesurant la distance entre la cible et des références internes CA-CP (commissure antérieure, commissure postérieure).

Les images pondérées T1 avec un temps de relaxation court, offrent une parfaite visualisation des ventricules ; l'image est ainsi directement obtenue dans les plans frontal et sagittal ou à partir d'acquisition en 3D.

Un Atlas basé sur des données anatomiques formatées en 3D est proposé.

Protocole d'anesthésie

Pour le bon déroulement de l'intervention chirurgicale, il est préférable de pratiquer une anesthésie générale suivant le protocole standard. Cette anesthésie générale est indispensable pour trois raisons:

- Le jeune âge de l'enfant ne pouvant supporter 06 heures d'anesthésie locale.
- Mouvements dystoniques généralisées douloureux et permanents, incompatibles avec une position allongée stable et durable sur le dos.

- Haut risque de mouvements de la tête et de contraintes sur le cadre pendant l'opération de ce type d'intervention stéréotaxique.

Néanmoins, certains auteurs préfèrent une anesthésie locale, anesthésie par injection de propofol, (recommandé) du fait de sa réversibilité à tout moment permettant la participation du patient à son contrôle clinique durant l'intervention.

Technique neurochirurgicale

Le patient doit bénéficier donc d'une IRM cérébrale sous sédation ou sous anesthésie

générale suivant le plan orbito-méatal avec des séquences T1, T2, T1 avec injection de gadolinium, des séquences de densité proton et des séquences inversion récupération. Des coupes de 1,5 mm (séquence T1-3D et une séquence T2 sont réalisées). Ceci va permettre de localiser notre cible sur les trois 3 plans : axial, coronal et sagittal, sachant qu'une cible stéréotaxique est définie par trois coordonnées : latérale, antéro-postérieure et verticale (X, Y, Z).

Dans le cas de la stéréotaxie, les axes représentent l'intersection deux à deux, de trois plans (coronal, axial et sagittal). Les coordonnées de la cible sont obtenues par projection orthogonale du point cible sur chacun des trois plans. Ainsi, un plan X-Y correspond à un plan axial, un plan X-Z correspond à un plan coronal, et un plan Y-Z définit un plan sagittal.

a. Cadres stéréotaxiques

L'avantage fondamental du cadre de stéréotaxie est de permettre l'immobilisation de la tête du patient et de fournir des points de repère pour mettre en concordance des images différentes des mêmes structures notamment des images IRM pré- et postopératoires. Il est nécessaire qu'ils doivent être compatibles avec le scanner ou l'IRM.

Après badigeonnage de la peau avec une solution antiseptique et sous anesthésie locale, le cadre de stéréotaxie de Leksell est mis en place suivant le plan orbitoméatal, ce qui permet d'atteindre la cible dans un espace bien défini et assure l'acquisition des bonnes images. (Fig. 4)

Cette procédure a montré un taux très bas de complications (0% d'hémorragie) et une grande précision.

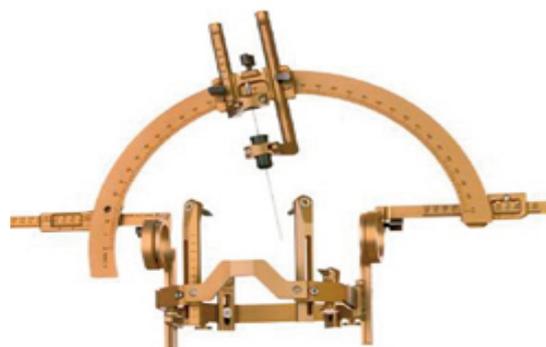


Fig.4. Cadre de stéréotaxie avec l'arceau multifonction

b. Règles d'identification du GPI

Pour le calcul de la cible et la trajectoire, on utilise le logiciel Tria Plus de Medtronic. Plusieurs étapes sont à suivre: (Fig.5, 6, 7,8)

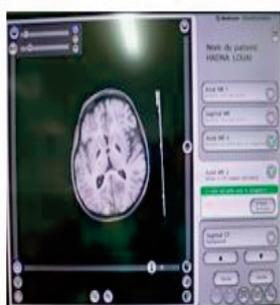


Fig.5. Téléchargement des données du patient



Fig.6. Planification - ligne CA-CP



Fig.7. Planification



Fig.8. Repérage de la cible

Ainsi on obtient les coordonnées de notre cible par rapport au cadre de stéréotaxique.

Y : Antéropostérieure X : latéral Z : vertical Arc : Ring :

c. Mise en place de l'arceau multifonction : (Fig. ; 9, 10, 11, 12, 13,14)

d. Incision cutanée et confection d'un trou de trépan : (Fig.15)

Mise en place du micro descendeur manuel (Fig. 16, 17) (leadpoint de Medtronic) : il

permet d'assurer une descente progressive vers la cible tout en assurant la trajectoire bien définie au préalable. De ce fait, des tubes guides sont utilisés au nombre de trois.

e. Micro-enregistrement

Introduction de macro et micro stimulation : relis par un câble au leadpoint et la descente commence au-dessus du plan bi commissural (-10mm) et se termine au niveau de la cible.



Fig. 9. Malade au bloc avec cadre en place



Fig. 10. Montre le X sur le cadre de stéréotaxie

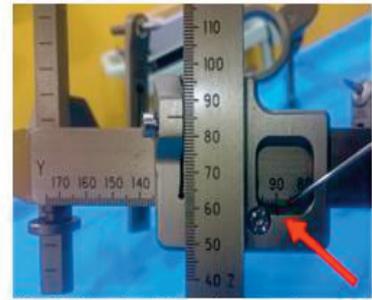


Fig. 11. Montre le Y sur le cadre de stéréotaxie

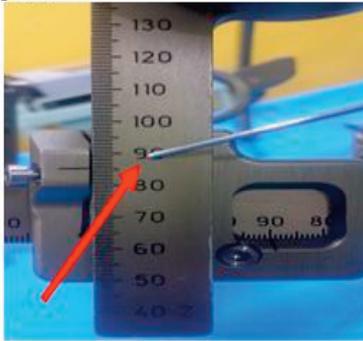


Fig. 12. Montre le Z sur le cadre de stéréotaxie



Fig. 13. Montre l'ARC sur le cadre de stéréotaxie

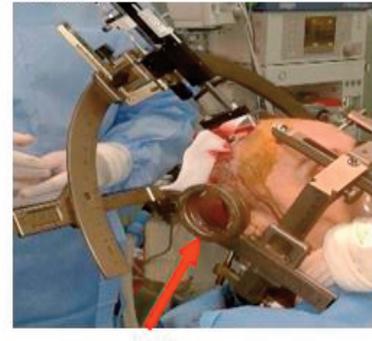


Fig. 14. Montre le RING sur le cadre de stéréotaxie



Fig. 15. Montre le Trou de trépan avec stimloc en place



Fig. 16. Introduction des Guides tube



Fig. 17. La descente vers la cible

Nous n'utilisons pas d'enregistrement par microélectrodes pour guider le choix définitif de la cible. En revanche, une fois le niveau de la cible atteint, la stimulation lumineuse au niveau des yeux permet de détecter si on est en contact du tractus optique (marquée par un changement dans l'activité électrophysiologique). (Fig. 18)

f. Mise en place de l'électrode définitive (Fig. 20, 21):

L'implantation de l'électrode de stimulation à la profondeur indiquée par le repérage anatomique électrophysiologique est réalisée sous contrôle radioscopique de profil strict afin de prévenir toute modification de la position des électrodes jusqu'à la fin de la procédure. L'électrode ensuite est fixée par le stimloc.

Les électrodes implantées sont des systèmes à quatre contacts, (Fig. 19) numérotés comme suit : 0 pour le contact le plus bas et 3 pour le contact le plus haut. La limite supérieure du contact 1 est strictement alignée avec la cible.

g. Contrôle de la position de l'électrode

Le repérage radiologique per opératoire permet de vérifier et confirmer le trajet et la position de la future électrode définitive. (Fig. 22, 23)

h. Mesure de l'impédance per opératoire :

Elle Permet de vérifier l'intégrité du circuit dans sa totalité : cible, électrode, extension. (Fig. 24)

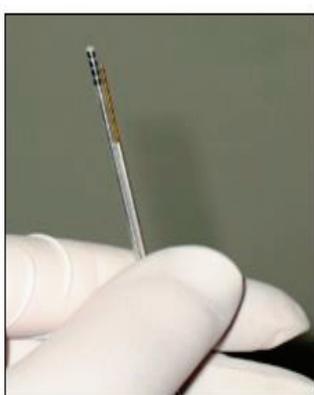


Fig.19. Préparation de l'électrode définitive

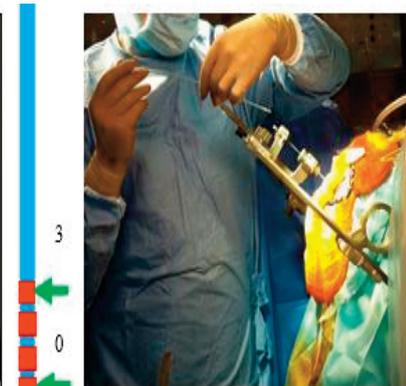


Fig.20. Introduction de l'électrode définitive

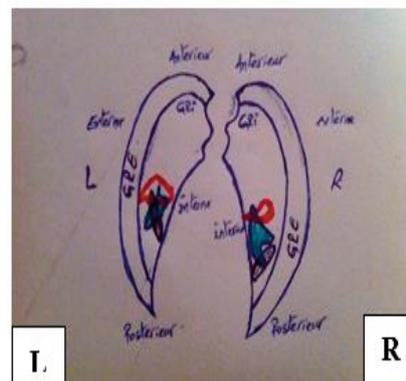


Fig.21. Partie Postéro ventrale du Gpi



Fig.22. Contrôle radioscopique de l'électrode



Fig.23. Stimulateur Dans la région pectorale ou abdominale

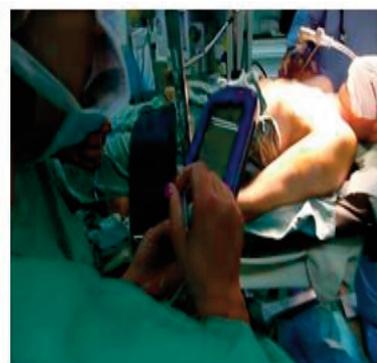


Fig.24. Vérification de l'impédance Per opératoire

i. Implantation du générateur :

Le neuro-stimulateur est implanté le jour même (ou parfois cinq Jours après avoir réalisé une IRM de contrôle) au niveau de la région pectorale ou abdominale. Les électrodes sont alors connectés à des prolongateurs tunnelisés sous la peau jusqu'à la région sous claviculaire avec constitution d'une poche sous cutanée. (Fig.25, 26).

L'excès de longueur des extensions permet de former également des boucles autour du neuro-stimulateur: le nombre de boucles est variable (de 0 à 3), avec une moyenne de 2

boucles par stimulateur (diamètre des boucles = 3.5cm).

j. Imagerie post opératoire

Elle Permet la vérification des effets secondaires et de rechercher une complication à type d'hémorragie due au trajet de l'électrode. Dans ce cas de figure, une TDM cérébrale peut être utile ou une IRM cérébrale avant l'implantation de la pile (risque de réchauffement du matériel).

Cette imagerie a comme objectif (Fig.27, 28) :



Fig.25. Neurostimulateur Kinetra et Activa PC de Medtronic



Fig.26. Neuro-stimulateur Libra XP et Brio de ST Jude médical

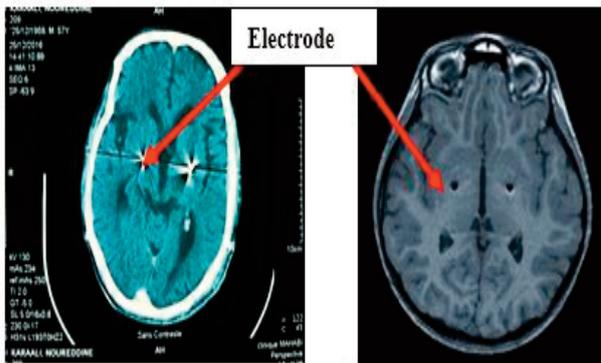


Fig. 27. TDM et IRM cérébrale Post opératoire : Electrode en place



Fig. 28. Contrôle radiologique du système de stimulation

Le contrôle de la position de l'électrode par rapport à la cible définie au préalable.

La visualisation de l'éventuelle migration de l'électrode, si cela se produit, il est nécessaire de la repositionner ou peut être de l'explanter pour la remplacer.

k. Faisabilité d'une IRM cérébrale chez les patients porteurs d'un système de stimulation cérébrale profonde

Une IRM de contrôle postopératoire immédiat avec le cadre de stéréotaxie en place est faite dans les mêmes conditions cliniques que l'IRM initiale. De cette façon, il est possible de détecter toute complication précoce, incluant les éventuels effets adverses liés à l'exposition du système de stimulation au champ magnétique. Mais il faut cependant nettement séparer :

- IRM de contrôle de position des électrodes, partie intégrante dans le protocole chirurgical, réalisée lors de l'implantation des électrodes et avant l'implantation des pacemakers.
- IRM cérébrale diagnostique effectuée avec la totalité du système implanté.

De nombreuses études ont été publiées portant sur les effets adverses potentiels dus à l'utilisation de l'IRM chez des patients porteurs des systèmes de neurostimulation. Les problèmes de sécurité évoqués concernent :

- Les interactions avec le champ magnétique.
- L'échauffement.
- Les courants électriques induits.
- Le dysfonctionnement des neurostimulateurs.

Cependant, les études cliniques concernant des protocoles incluant le contrôle IRM effectué chez des patients implantés avec des systèmes de neurostimulation sont très limitées.

l. La Gestion des paramètres électriques

La mise en marche du stimulateur se fait à l'aide d'une console permettant de programmer les différents paramètres (par télémetrie à travers la peau) (Fig.29), (Fig.30): le nombre de contacts activés (de 0 à 3), la polarité (positive ou négative).



Fig. 29. séance de réglage des paramètres

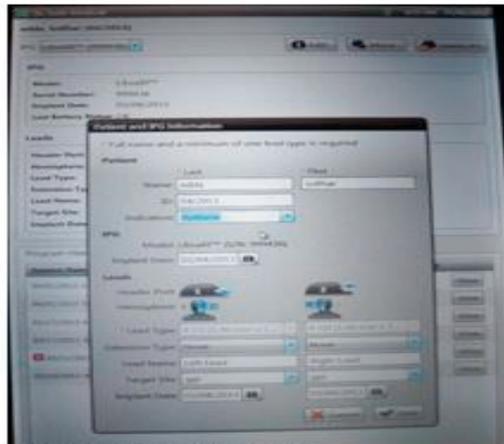


Fig. 30. Programmeur

L'amplitude (0 à 10,5 V), la largeur d'impulsion (60 à 450 μ s), la fréquence (2 ou 3Hz à 185 ou 250Hz selon le modèle) ainsi que le type de stimulation (mono-ou bipolaire) avec le ou les contact(s) le (s) plus efficace (s) et le(s) moins pourvoyeur(s) d'effets indésirables. Le mode de fonctionnement continue a toujours être choisi.

Le patient ne peut pas modifier les paramètres lui-même, les paramètres initiaux sont les suivants :

- Contact 1 négatif.
- Boîtier du stimulateur positif.
- Fréquence : 130Hz.

Résultats postopératoire



➤ *Pré opératoire*



➤ *Post opératoire*

Suivi postopératoire et complications

A-Surveillance postopératoire

Le bon positionnement des électrodes limite le risque de survenue d'effets indésirables qui peuvent être généralement évités par l'ajustement des paramètres de stimulation.

Le succès d'un traitement par SCP dépend de trois facteurs:

- La sélection des patients.
- Le positionnement des électrodes de stimulation.
- La prise en charge postopératoire des patients.

B. Surveillance postopératoire immédiate

Une IRM cérébrale sera réalisée quelques

jours après l'intervention et avant d'implanter le pacemaker pour s'assurer du positionnement des électrodes et servira à rechercher d'éventuelles complications (Hématome sous dural chronique, Hématome intra parenchymateux, pneumocéphalie.) liées à la chirurgie.

La stimulation cérébrale peut démarrer le plus souvent au 5ème jour post implantation dans le but d'objectiver le bon fonctionnement du montage, de s'assurer de l'absence des complications majeures liées à la stimulation ainsi que d'objectiver une efficacité clinique.

Le patient sera ensuite transféré dans le service de neurologie pour l'optimisation des réglages et adaptation thérapeutique.

C. Surveillance à long terme

La surveillance à long terme permet le réglage des paramètres (amplitude, fréquence, et la durée d'impulsion) en fonction de l'évolution clinique et de la détection des complications.

B-Complications postopératoire

A distance de la chirurgie, plusieurs types de complications (3) peuvent survenir en lien avec le matériel et/ ou l'acte chirurgical en lui-même.

1. Complications liée à la chirurgie

a. Les infections post opératoires

La fréquence de ces infections varie autour de 4 à 15 % selon les séries. Elles nécessitent la mise en place de soins locaux, d'une antibiothérapie ciblée et parfois même l'ablation partielle ou totale du matériel (dans la moitié des cas). Les complications à type d'abcès intra cérébraux sont exceptionnelles.

b. Pneumencéphalie

L'ouverture de la dure mère permet une évacuation du liquide céphalorachidien durant toute l'intervention chirurgicale responsable d'une pneumocéphalie. L'utilisation du sérum salé pendant le geste opératoire permet de diminuer ce risque.

2. Complication liée aux matériels implantés

a. Hématome intra parenchymateux : La bonne fusion des images et la bonne planification permet de diminuer ce risque.

b. Infections : l'implantation d'un matériel peut être à l'origine des infections:

- Soit cutanées liées au site opératoire ou à une érosion de la peau: ce sont les complications les plus fréquentes qui touchent essentiellement le boîtier (stimulateur) ou les connecteurs.

- Soit intracrâniennes touchant les électrodes (exceptionnelles).

c. Les fractures des électrodes et ou des connecteurs : Sont devenues des complications rares en raison de l'amélioration du matériel (les connecteurs sont devenus élastiques).

d. La durée de fonctionnement du neurostimulateur : La durée de fonctionnement d'un neurostimulateur est d'environ 4 à 5 ans, il est important de remplacer la pile avant son usure complète.

3. Complication liée à la stimulation : Il est très important de faire la part des choses entre:

a. Les effets secondaires dus à la mauvaise position de l'électrode: comme dans le GPe, la capsule interne ou le tractus optique, voir même un plot actif trop antérieur et médian pourrait être responsable d'une stimulation de la partie associative et/ou limbique du GPI et ainsi favoriser l'apparition de troubles neuropsychiques à type de changement de comportement (accès d'hypomanie, etc.) mais également des troubles thymiques.

b. Les effets secondaires liée à la stimulation de la structure visée par elle-même: soit elle est transitoire et bien supportée (le plus souvent), ou bien il y a une diffusion du courant à des structures adjacentes.

c. Prise de poids: c'est une complication fréquente (8,4%).

RÉFÉRENCES

1. FAHN, S. AND R. ELDRIDGE (1976). "Definition of dystonia and classification of the dystonic states." *Adv Neurol* 14: 1-5.
2. JANKOVIC J. Treatment of dystonia. *Lancet Neurol* 2006; 5:864-72.
3. HARIZ, M. I. (2002) «Complications of deep brain stimulation surgery." *Mov Disord* 17 Suppl 3: S162-6.
4. GUIOT G, BRION S. (1953). Traitement des mouvements anormaux par la coagulation pallidale. *Rev Neurol (Paris)*, 53: 78-80.
5. KRAUSS, JK. J. YIANNI, ET AL. (2004). "Deep brain stimulation for dystonia." *J Clin Neurophysiol* 21(1): 18-30.
6. RONDOT P. Pathophysiology of the basal ganglia . in : *Selecta Neurologica*. T.Caraceni, G.Nappi (eds).-Cluster press, ed. Milan, 1990, pp.5-22.
7. STARR PA, TURNER RS, RAU G, ET AL. Microelectrode-guided implantation of deep brain stimulators into the globus pallidus internus for dystonia : techniques, electrode locations, and outcomes. *J Neurosurg* 2006; 104: 488 –501.

8. VERCUEIL L, POLLAK P, FRAIX V, CAPUTO E, MORO E, BENAZZOUZ A ET AL. Deep brain stimulation in the treatment of severe dystonia. *J Neurol* 2001; 248: 695-700.
9. VITEK, J. L. (2002). "Mechanisms of deep brain stimulation: excitation or inhibition." *Mov Disord* 17 Suppl 3: S69-72.
10. X.A. VASQUES, C. T., L. CIF, B. BIOLSI, I. MALDONADO, A. BONAFE, E. Le Bars, P. Coubes (2008). "Cerebral Magnetic Resonance Imaging Feasibility in Patients with Implanted Neurostimulation System for Deep Brain Stimulation." *The Open Magnetic Resonance Journal* 1: 1-8