LA NEUROSTIMULATION : quelle place dans les céphalées réfractaires?

D. MAGIS (1), J. SCHOENEN (2)

RESUME : La prise en charge des céphalées réfractaires, migraine ou «cluster headache», est souvent une gageure pour le praticien. Il s'agit le plus souvent de patients «désespérés», ayant épuisé la plupart des ressources médicamenteuses existantes. De nombreux progrès ont récemment été effectués dans l'approche thérapeutique de ces maladies, notamment avec l'avènement des techniques de neurostimulation. Dans cette revue de littérature, nous décrivons les différentes méthodes de neurostimulation ayant fait l'objet d'études ou d'essais cliniques dans les céphalées réfractaires. Les méthodes les plus étudiées et les plus efficaces sont la stimulation du nerf grand occipital (ONS) et la stimulation cérébrale profonde hypothalamique (DBS), cette dernière étant toutefois plus risquée sur le plan opératoire. Un nouvel espoir est donc offert aux patients céphalalgiques chroniques. De nombreux essais cliniques sont actuellement en cours.

MOTS-CLÉS : Neurostimulation - Cluster headache - Algie vasculaire de la face - Réfractaire - Stimulation du nerf grand occipital - Stimulation cérébrale profonde - Migraine

NEUROSTIMULATION: WHICH PLACE IN THE TREATMENT OF REFRACTORY HEADACHES ?

SUMMARY : The management of refractory headaches (migraine or cluster headache) is often challenging in clinical practice. Most of the time, these patients are "desperate" and have already tried all existing medications. Many progresses have recently been made in the therapeutic approach of these diseases, especially with the advent of neurostimulation techniques. In this review of the literature, we describe various neurostimulation methods which have been studied in clinical trials or case reports of refractory headaches. The most effective and best studied methods are occipital nerve stimulation (ONS) and hypothalamic deep brain stimulation (DBS), the latter being however at higher surgical risk. Hence, there is a new hope for patients with refractory headaches. Various clinical trials are still underway.

KEYWORDS : Neurostimulation - Cluster headache - Drug-resistant - Occipital nerve stimulation - Deep brain stimulation - Headache

INTRODUCTION

L'emploi de stimulations électriques dans le traitement des douleurs chroniques n'est guère un phénomène neuf. Dans l'Antiquité déjà, Scribonius Largus, médecin personnel de l'empereur romain Claude, soulageait son illustre patient de ses céphalées et arthralgies en apposant une raie électrique, la *Torpedo marmorata*, en regard de la zone douloureuse. Au 19^{ème} siècle, des machines d'électrothérapie étaient fabriquées en France et en Angleterre pour le traitement des rages de dents et des migraines.

De nos jours, la neurostimulation est une technique thérapeutique utilisée de plus en plus fréquemment dans le traitement des douleurs neuropathiques chroniques, comme alternative à la chirurgie lésionnelle ou en complément du traitement médicamenteux (1), mais son usage dans le cas particulier des céphalées réfractaires est relativement récent.

Durant la dernière décennie, certains centres à la pointe dans le domaine des céphalées, dont celui de Liège, ont appliqué des procédures de neurostimulation existantes aux patients céphalalgiques réfractaires en se basant sur les découvertes physiopathologiques les plus récentes pour en déterminer la cible. Il s'agit essentiellement de patients souffrant de céphalées primaires telles que la migraine ou le «cluster headache» chroniques (2), dont les critères de résistance au traitement médicamenteux ont récemment été définis (3). Ainsi, une céphalée primaire ne sera qualifiée de réfractaire que si plusieurs traitements ont été administrés à posologie efficace et durant une période suffisante (Tableau I), en excluant les céphalées chronifiées par abus d'antalgiques (2).

Dans cet article, nous passerons en revue les méthodes de neurostimulation étudiées dans la migraine et le «cluster headache» chroniques réfractaires, dont les principales sont la stimulation du nerf grand occipital (ONS) et la stimulation cérébrale profonde hypothalamique (hDBS). Les autres procédures à l'étude sont la stimulation du ganglion sphéno-palatinal (SPGS), la stimulation électrique transcutanée (TENS), la stimulation susorbitaire (SNS), la stimulation du nerf vague (VNS) et la stimulation magnétique transcrânienne (TMS).

(1) Chef de Clinique Adjoint, Unité de Recherche sur les Céphalées, Service Universitaire de Neurologie, CHR Citadelle, Liège.

(2) Professeur Ordinaire, Unité de Recherche sur les Céphalées et GIGA Neurosciences, Service Universitaire de Neurologie, CHR Citadelle, Liège.

TABLEAU I. CÉPHALÉES RÉFRACTAIRES : CRITÈRES DIAGNOSTIQUES
(TRADUIT DE GOADSBY 2006)

Echec d'un traitement adéquat dont l'indication dans la pathologie est reconnue au niveau national
Traitement adéquat
Dose appropriée
Durée de traitement appropriée
Absence d'abus d'antalgiques
Echec
Absence d'effet thérapeutique ou insuffisant
Effets secondaires intolérables
Contre-indication à l'emploi de la molécule
Dans le «cluster headache», échec d'au moins 4 classes dont au moins 3 sont les molécules 1 à 4 :
1. Vérapamil
2. Lithium
3. Méthysergide
4. Mélatonine
5. Topiramate
6. Gabapentine
Dans la migraine, échec d'au moins 4 classes dont au moins 3 sont les molécules 1 à 4 :
1. Bêtabloquants
2. Antiépileptiques
3. Antagonistes calciques
4. Antidépresseurs tricycliques
5. Autres molécules ayant à leur actif au moins une étude randomisée positive
6. Antiinflammatoires non stéroïdiens
7. Activateurs métaboliques tels que la riboflavine (vitamine B2) ou le coenzyme Q10

STIMULATION DU NERF GRAND OCCIPITAL OU NERF D'ARNOLD (ONS)

Les bases physiopathologiques de l'utilisation de cette méthode de stimulation dans les céphalées sont doubles. D'une part, des travaux chez l'animal (4), puis indirectement chez l'homme (5), ont démontré la présence d'afférences communes cervicales et trigéminales (somatiques et méningées) au niveau des neurones responsables de la nociception dans le tronc cérébral. D'autre part, plusieurs essais cliniques ont révélé l'efficacité de l'infiltration du nerf grand occipital dans le traitement de céphalées primaires comme le «cluster headache» ou la migraine chronique (6-8).

Techniquement, la méthode consiste à implanter par voie chirurgicale une électrode-barrette de stimulation en sous-cutané, uni- ou bilatéralement, au niveau sous-occipital et en se basant soit sur des repères anatomiques (technique sous anesthésie générale), soit sur la topographie des paresthésies décrites par le patient dans le territoire de stimulation (anesthésie locale). L'électrode est ensuite raccordée à un boîtier de stimulation prépectoral ou abdominal.

Les études d'ONS sont actuellement peu nombreuses dans la migraine chronique. Matharu et coll. (9) ont implanté 8 patients, évalués après une moyenne de 1,5 ans, et ont décrit une réponse excellente à l'ONS chez 4 de ceux-ci (disparition des céphalées), tandis qu'elle était relativement favorable chez 2 autres patients (céphalées quotidiennes réduites en fréquence à 10 jours de douleur/mois). Schwedt et coll. ont étudié 15 patients avec céphalées chroniques dont 8 souffraient de migraines chroniques, et constaté une diminution de fréquence d'environ 1/3 chez 60% d'entre eux (10). Enfin, une étude d'ONS à large échelle dans la migraine chronique (ONSTIM) débute actuellement, et les données préliminaires sont encourageantes puisque 39% des 66 patients inclus ont une diminution de la fréquence de leurs céphalées supérieure à 50% et/ou une amélioration significative de l'intensité des crises (11).

L'ONS a également été étudiée dans le «cluster headache» chronique réfractaire, une pathologie peu fréquente, mais redoutable. Deux grandes études ont été publiées à ce jour, dont l'une, la seule prospective, a été réalisée dans le Service Universitaire de Neurologie du CHR Citadelle de Liège. Burns et al. (12) ont étudié 14 patients souffrant de «cluster headache» chronique réfractaire et traités bilatéralement par ONS. Après un suivi de 17,5 mois en moyenne, 3 patients sont améliorés de plus de 90% en termes de fréquence des crises, 3 ont une amélioration entre 40 et 60 % et 4 entre 20 et 30%. L'étude liégeoise a, dans un premier temps, recruté 8 patients, implantés du côté du «cluster headache» (13). Après 15,1 mois en moyenne, 2 de ces patients étaient devenus asymptomatiques tandis que 3 autres voyaient la fréquence de leurs crises décroître de plus de 90%. Un autre décrivait une amélioration plus modeste de 40%. L'inclusion de 7 patients supplémentaires et leur suivi à long terme (36,82 mois en moyenne, et jusque 5 ans pour certains) a permis de confirmer ces données encourageantes, puisqu'environ 80% des sujets traités par ONS sont améliorés de plus de 90%, et que 60% restent même asymptomatiques durant des périodes prolongées (plusieurs mois) (14).

Toutefois, nos données d'imagerie fonctionnelle cérébrale en 18-FDG-PET chez 10 patients implantés suggèrent que l'ONS n'est qu'un traitement symptomatique et n'agit probablement pas sur le *primum movens* de la pathologie. L'ONS exercerait plutôt une neuromodulation lente de régions centrales impliquées dans la douleur, plus particulièrement dépendantes du système opioïdodergique (15). En outre, le trai-

tement pharmacologique prophylactique a dû être poursuivi à l'identique chez la plupart des patients.

En ce qui concerne les effets indésirables de l'ONS, ceux-ci sont peu sévères. Certains patients ne tolèrent pas les sensations de paresthésies induites par la stimulation au niveau du cuir chevelu. Une proportion non négligeable de sujets, soit 36% dans notre série, a présenté occasionnellement des crises sous forme de signes autonomes isolés sans douleur associée et/ou des crises controlatérales sporadiques (14). Enfin, les intensités de stimulation nécessaires pour obtenir un soulagement efficace sont telles que plus de la moitié des patients a dû subir une intervention chirurgicale de remplacement de batterie, inconvénient heureusement évité actuellement par la mise sur le marché de dispositifs rechargeables par voie transcutanée.

STIMULATION CÉRÉBRALE PROFONDE (DBS)

Le principe est d'implanter une ou plusieurs électrode(s) de stimulation intracérébrale jusqu'à une région cible préalablement repérée par des coordonnées stéréotaxiques.

La DBS est utilisée de longue date dans le traitement symptomatique de la maladie de Parkinson et de certains mouvements anormaux (tremblement essentiel...), mais également dans la douleur réfractaire. Le mécanisme d'action de la DBS en général reste peu connu et sujet à de nombreuses controverses. La littérature la plus récente émet la possibilité d'une coexistence de plusieurs processus d'excitation/inhibition ou de régularisation d'un profil de décharge anormal de neurones cibles (16).

La DBS a été étudiée dans deux types de céphalées trigéminales autonomes, à savoir le «cluster headache» chronique et le SUNCT (Short Unilateral Neuralgiform headache attacks with Conjunctival injection and Tearing, sorte de variante du «cluster headache», beaucoup plus rare, dont les crises durent entre 5 et 240 secondes de 3 à 200 fois par jour). Dans le cas du SUNCT, il s'agit de case reports et nous n'aborderons pas le sujet ici.

La cible choisie est l'hypothalamus ventropostérieur, car les études de neuroimagerie montrent une activation préférentielle de cette région cérébrale pendant les crises de «cluster headache» (17). Une étude stéréotaxique récente a toutefois émis l'hypothèse d'une stimulation plus caudale, au niveau de la jonction diencephalo-mésencéphalique (18).

Les différentes études de DBS dans le «cluster headache», publiées sous forme d'articles ou d'abstracts, sont reprises dans le tableau II (19-29). Tous cas confondus, l'amélioration est estimée à 62%, ce qui est globalement similaire aux chiffres retrouvés en ONS. La plus vaste série est la cohorte milanaise de Leone et coll. (20), avec 16 patients implantés dont 10 sont asymptomatiques. A Liège, 5 patients ont bénéficié de la DBS entre 2002 et 2003, 2 étaient en rémission et 1 décrivait une amélioration >50% de la fréquence des crises (30). En 2009, 2 patients étaient toujours asymptomatiques (31).

Les études algométriques et électrophysiologiques menées chez ces patients suggèrent que la DBS dans le «cluster headache» n'exerce pas une action antalgique simple au niveau des voies trigéminales (30). En neuroimagerie, il a pu être démontré que la DBS hypothalamique modulait

TABLEAU II. REVUE DES RÉSULTATS DES ÉTUDES DE DBS DANS LE «CLUSTER HEADACHE»

Auteur	Nb patients	Nb rémission	Nb amélioration >50%	Durée de suivi (ans)
Schoenen et al., 2005	6	2	1	4
D'Andrea et al., 2006 (A)	3	2	0	2.5
Leone et al., 2006	16	10	0	4
Benabid et al., 2006 (A)	1	1	0	1
Starr et al., 2007	4	0	2	1
Owen et al., 2007	1	1	0	0.7
Nikkhah 2007 (NP)	2	0	0	2
Mateos et al., 2007 (A)	2	1	1	1
Black et al., 2007 (A)	2	0	2	2.6
Bartsch et al., 2008	6	2	1	1.4
Piacentino et al., 2008 (A)	4	3	1	>0.4
Fontaine et al., 2010	11	3	3	1
Total	58	25 (43%)	11 (19%)	1.8
= 62% améliorés				
(A) = abstract				
(NP) = résultats non publiés, cités avec permission dans Bartsch et al. 2009				

l'activité de plusieurs aires centrales impliquées dans la douleur (32).

Les effets indésirables les plus fréquents de la DBS hypothalamique sont les troubles oculomoteurs et certaines perturbations neurovégétatives (hypertension, tachycardie, polypnée...). Seul, un remplacement de batterie a été nécessaire. En dehors de ces effets secondaires relativement bénins et contrôlables en changeant les paramètres de stimulation, la DBS peut être la source de complications sérieuses en raison de son caractère invasif. Nous avons ainsi eu à déplorer un décès par hémorragie intracérébrale massive dans le postopératoire immédiat chez un des patients opérés à Liège (30). Dans les mouvements anormaux où l'expérience et les séries de patients traités par DBS sont plus longues, on évalue la prévalence des hémorragies intracérébrales à 1-2% (de la simple pétéchie à l'hémorragie parenchymateuse cataclysmique) (33).

STIMULATION DU GANGLION SPHÉNOPALATIN (SPGS)

Contrairement à l'ONS et à la DBS, il s'agissait initialement d'un traitement de crise, et non prophylactique.

Dans la migraine chronique, les résultats ne sont pas très encourageants, puisque 11 patients ont bénéficié d'une SPGS mais seulement 3 ont rapporté une diminution de la douleur (34). Une autre étude utilisant un dispositif amovible percutané concerne 6 patients avec «cluster headache» chronique réfractaire (35), et a obtenu de meilleurs résultats puisque la SPGS a été capable de résoudre complètement 11 crises et d'en soulager partiellement 5, sur les 18 traitées.

Une étude multicentrique a débuté dans le «cluster headache», incluant notamment des patients recrutés à Liège (Pathway CH-1). Elle utilise un microdispositif implanté au niveau du ganglion sphéнопалатин, activé ensuite par voie transcutanée au moyen d'une télécommande. Les résultats préliminaires sur 7 sujets ont été récemment présentés au 15^{ème} congrès de la société internationale de céphalées. Trois patients ont un soulagement complet de leurs crises; 2 patients observent un effet sur 80% et 2 sur 33% des crises. Un sujet a dû être explanté en raison d'une douleur neuropathique sévère dans le territoire du trijumeau. Initialement, il s'agissait d'un traitement de la crise de «cluster headache», mais 50% des patients ont mentionné une diminution de la fréquence des crises (36), et une utilisation en prophylaxie est donc envisagée.

STIMULATION ÉLECTRIQUE TRANSCUTANÉE (TENS)

D'autres méthodes sont actuellement à l'essai dans le traitement des migraines chroniques, basées sur le principe du TENS : serre-têtes frontaux, électrodes temporales ou cervicales autocollantes etc. Des essais cliniques objectifs sont en cours, notamment à Liège, pour évaluer leur efficacité exacte (37). Toutefois, les paramètres de stimulation employés restent hasardeux et souvent peu modulables. L'existence de ces dispositifs est toutefois prometteuse et pourrait offrir une alternative non médicamenteuse aux patients céphalalgiques.

AUTRES TECHNIQUES DE NEUROSTIMULATION

Une autre technique anecdotique est la stimulation du nerf susorbitaire (SNS). Un patient souffrant de «cluster headache» chronique est devenu asymptomatique après 2 mois de SNS continue (38), tandis que 7 patients souffrant de migraines chroniques ont été soulagés par une stimulation combinant SNS et ONS, avec un succès thérapeutique de près de 100% (39).

La stimulation du nerf vague (VNS), dévolue au départ au traitement de l'épilepsie réfractaire, a démontré un certain effet dans 5 cas de céphalées réfractaires (migraines et «cluster headache») (40).

Enfin, la stimulation magnétique transcrânienne (TMS) constitue une alternative non invasive attrayante dans le traitement des céphalées. Dans la migraine, une étude pilote de TMS répétitive du cortex préfrontal a montré une efficacité en prophylaxie contre placebo chez 11 patients migraineux chroniques (41), tandis qu'une TMS unique (single pulse) du cortex occipital était également supérieure au placebo en traitement de crise de migraine avec aura chez 164 patients (42).

CONCLUSION

La neurostimulation constitue une approche thérapeutique prometteuse dans le traitement des céphalées chroniques réfractaires, comme le démontrent de nombreuses publications récentes. Elle pourrait offrir un espoir à des patients souvent considérés comme des cas «désespérés», ayant le plus souvent épuisé la plupart des ressources pharmacologiques existantes (43-46).

Les techniques revues ci-dessus ne sont actuellement pas remboursées en Belgique, et le matériel employé est excessivement onéreux. La procédure chirurgicale n'est, en outre, pas dénuée

de risque, en particulier en ce qui concerne la DBS. Le meilleur profil risque-bénéfice est, à l'heure actuelle, celui offert par la stimulation du nerf grand occipital (ONS).

Il s'agit donc de solutions à employer avec parcimonie, chez une population soigneusement sélectionnée, sauf peut-être en ce qui concerne la TMS ou la TENS, dont l'usage reste confidentiel et souvent limité à des études cliniques.

De nombreux essais cliniques sont en cours, notamment à Liège, et de nouveaux résultats sont attendus avec impatience dans les prochains mois.

BIBLIOGRAPHIE

1. Cruccu G, Aziz TZ, Garcia-Larrea L, et al.— EFNS guidelines on neurostimulation therapy for neuropathic pain. *Eur J Neurol*, 2007, **14**, 952-970.
2. The International Classification of Headache Disorders.— 2nd edition. *Cephalalgia*, 2004, **2**, 9-160.
3. Goadsby PJ, Schoenen J, Ferrari MD, et al.— Towards a definition of intractable headache for use in clinical practice and trials. *Cephalalgia*, 2006, **26**, 1168-1170.
4. Bartsch T, Goadsby PJ.— Increased responses in trigemino-cervical nociceptive neurons to cervical input after stimulation of the dura mater. *Brain*, 2003, **126**, 1801-1813.
5. Busch V, Jakob W, Juergens T, et al.— Functional connectivity between trigeminal and occipital nerves revealed by occipital nerve blockade and nociceptive blink reflexes. *Cephalalgia*, 2006, **26**, 50-55.
6. Ambrosini A, Vandenheede M, Rossi P, et al.— Suboccipital injection with a mixture of rapid- and long-acting steroids in cluster headache : a double-blind placebo-controlled study. *Pain*, 2005, **118**, 92-96.
7. Peres MF, Stiles MA, Siow HC, et al.— Greater occipital nerve blockade for cluster headache. *Cephalalgia*, 2002, **22**, 520-522.
8. Weibelt S, Andress-Rothrock D, King W, et al.— Suboccipital nerve blocks for suppression of chronic migraine: safety, efficacy, and predictors of outcome. *Headache*, 2010, **50**, 1041-1044.
9. Matharu MS, Bartsch T, Ward N, et al.— Central neuromodulation in chronic migraine patients with suboccipital stimulators : a PET study. *Brain*, 2004, **127**, 220-230.
10. Schwedt TJ, Dodick DW, Hentz J, et al.— Occipital nerve stimulation for chronic headache long-term safety and efficacy. *Cephalalgia*, 2007, **27**, 153-157.
11. Saper JR, Dodick DW, Silberstein SD, et al.— Occipital nerve stimulation for the treatment of intractable chronic migraine headache : ONSTIM feasibility study. *Cephalalgia*, 2011, **31**, 271-285.
12. Burns B, Watkins L, Goadsby PJ.— Treatment of intractable chronic cluster headache by occipital nerve stimulation in 14 patients. *Neurology*, 2009, **72**, 341-345.
13. Magis D, Allena M, Bolla M, et al.— Occipital nerve stimulation for drug-resistant chronic cluster headache: a prospective pilot study. *Lancet Neurol*, 2007, **6**, 314-321.
14. Magis D, Gerardy PY, Remacle JM, et al.— Sustained effectiveness of occipital nerve stimulation in drug-resistant chronic cluster headache. *Headache*, 2011, **51**, 1191-1201.
15. Magis D, Bruno MA, Fumal A, et al.— Central modulation in cluster headache patients treated with occipital nerve stimulation: an FDG-PET study. *BMC Neurol*, 2011, **11**, 25.
16. Montgomery EB, Gale JT.— Mechanisms of action of deep brain stimulation (DBS). *Neurosci Biobehav Rev*, 2008, **32**, 388-407.
17. May A, Bahra A, Buchel C, et al.— Hypothalamic activation in cluster headache attacks. *Lancet*, 1998, **352**, 275-278.
18. Fontaine D, Lanteri-Minet M, Ouchchane L, et al.— Anatomical location of effective deep brain stimulation electrodes in chronic cluster headache. *Brain*, 2010, **133**, 1214-1223.
19. D'Andrea G, Nordera G, Piacentino M.— Effectiveness of hypothalamic stimulation in two patients affected by intractable chronic cluster headache. *Neurology*, 2006, A140 (abstract).
20. Leone M, Franzini A, Broggi G, et al.— Hypothalamic stimulation for intractable cluster headache : long-term experience. *Neurology*, 2006, **67**, 150-152.
21. Benabid A, Seigneuret E, Torres N.— Intraventricular stimulation for targets close to the midline : periaqueductal gray, posterior hypothalamus, anterior hypothalamus, subcommissural structures. *Acta Neurochir*, 2006, **148**, 1-64.
22. Starr PA, Barbaro NM, Raskin NH, et al.— Chronic stimulation of the posterior hypothalamic region for cluster headache : technique and 1-year results in four patients. *J Neurosurg*, 2007, **106**, 999-1005.
23. Owen SL, Green AL, Davies P, et al.— Connectivity of an effective hypothalamic surgical target for cluster headache. *J Clin Neurosci*, 2007, **14**, 955-960.
24. Mateos V, Seijo F, Lozano B, et al.— Deep brain stimulation in chronic refractory headaches : first national cases. *Neurologia*, 2007, **22**, 96.
25. Black D, Bartleson J, Torgrimson S, et al.— Two cases of chronic cluster headache treated successfully with hypothalamic deep brain stimulation. *Neurology*, 2007, P07.065.
26. Bartsch T, Pinsker MO, Rasche D, et al.— Hypothalamic deep brain stimulation for cluster headache : experience from a new multicase series. *Cephalalgia*, 2008, **28**, 285-295.
27. Bartsch T, Paemeleire K, Goadsby PJ.— Neurostimulation approaches to primary headache disorders. *Curr Opin Neurol*, 2009, **22**, 262-268.
28. Piacentino M, Gazzola L, Zambon G, et al.— Deep brain stimulation in cluster headache. In 59th Annual Meeting of the German Society of Neurosurgery (DGNC). 3rd Joint Meeting with the Italian Neurosurgical Society (SINch); Wurzburg, Germany. German Medical Science GMS Publishing House, 2008, Doc P 094.
29. Fontaine D, Lazorthes Y, Mertens P, et al.— Safety and efficacy of deep brain stimulation in refractory cluster headache : a randomized placebo-controlled double-blind trial followed by a 1-year open extension. *J Headache Pain*, 2010, **11**, 23-31.
30. Schoenen J, Di Clemente L, Vandenheede M, et al.— Hypothalamic stimulation in chronic cluster headache : a pilot study of efficacy and mode of action. *Brain*, 2005, **128**, 940-947.

31. Schoenen J, Allena M, Magis D.— Neurostimulation therapy in intractable headaches. *Handb Clin Neurol*, 2010, **97**, 443-450.
32. May A, Leone M, Boecker H, et al.— Hypothalamic deep brain stimulation in positron emission tomography. *J Neurosci*, 2006, **26**, 3589-3593.
33. Lyons KE, Wilkinson SB, Overman J, et al.— Surgical and hardware complications of subthalamic stimulation: a series of 160 procedures. *Neurology*, 2004, **63**, 612-616.
34. Tepper SJ, Rezai A, Narouze S, et al.— Acute treatment of intractable migraine with sphenopalatine ganglion electrical stimulation. *Headache*, 2009, **49**, 983-989.
35. Ansarinia M, Rezai A, Tepper S, et al.— Electrical stimulation of sphenopalatine ganglion for acute treatment of cluster headaches. *Headache*, 2010, **50**, 1164-1174.
36. Schoenen J, Jensen R, Lanteri-Minet M, et al.— Pathway ch-1 study : sphenopalatine ganglion stimulation for acute treatment of chronic cluster headache. *Cephalalgia*, 2011, **31**, 132.
37. Bolla M, De Pasqua V, Gerardy PY, et al.— Transcutaneous temporal electrotherapy in chronic migraine : a pilot study of short term efficacy and mode of action. *Cephalalgia*, 2007, **27**, 743-744.
38. Narouze SNKapural L.— Supraorbital nerve electric stimulation for the treatment of intractable chronic cluster headache : a case report. *Headache*, 2007, **47**, 1100-1102.
39. Reed KL, Black SB, Banta CJ, et al.— Combined occipital and supraorbital neurostimulation for the treatment of chronic migraine headaches : initial experience. *Cephalalgia*, 2010, **30**, 260-271.
40. Mauskop A.— Vagus nerve stimulation relieves chronic refractory migraine and cluster headaches. *Cephalalgia*, 2005, **25**, 82-86.
41. Brighina F, Piazza A, Vitello G, et al.— rTMS of the prefrontal cortex in the treatment of chronic migraine : a pilot study. *J Neurol Sci*, 2004, **227**, 67-71.
42. Lipton RB, Dodick DW, Silberstein SD, et al.— Single-pulse transcranial magnetic stimulation for acute treatment of migraine with aura : a randomised, double-blind, parallel-group, sham-controlled trial. *Lancet Neurol*, 2010, **9**, 373-380.
43. Magis D, Schoenen J.— Neurostimulation in chronic cluster headache. *Curr Pain Headache Rep*, 2008, **12**, 145-153.
44. Magis D, Schoenen J.— Occipital nerve stimulation for intractable chronic cluster headache : new hope for a dreadful disease? *Acta Neurol Belg*, 2011, **111**, 18-21.
45. Magis D, Schoenen J.— Treatment of migraine : update on new therapies. *Curr Opin Neurol*, 2011, **24**, 203-210.
46. Magis D, Schoenen J.— Peripheral nerve stimulation in chronic cluster headache. *Prog Neurol Surg*, 2011, **24**, 126-132.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Dr D. Magis, Service de Neurologie, CHR Citadelle, 4000 Liège, Belgique
E-mail : dmagis@chu.ulg.ac.be