

Trouble de la parole dans la maladie de Parkinson : effets des traitements médicamenteux, de la stimulation cérébrale profonde et de la rééducation.

C. Atkinson-Clement^{1,2}, A. Eusebio^{3,4}, S. Pinto^{1,2}

1 Aix-Marseille Université, CNRS, Laboratoire Parole et Langage, UMR 7309, Aix-En-Provence, France.

2 Aix-Marseille Université, CNRS, Brain and Language Research Institute, France.

3 Aix-Marseille Université, CNRS, Institut de Neurosciences de la Timone, UMR 7289, Marseille, France.

4 APHM, CHU Timone, Service de Neurologie et Pathologie du Mouvement, 13385 Marseille Cedex 05, France

Pour toutes correspondances : cyril.atkinson-clement@lpl-aix.fr

Résumé

La maladie de Parkinson induit de nombreux troubles moteurs et non moteurs. Une grande majorité d'entre eux peuvent être correctement pris en charge en début de maladie. Toutefois, certains répondent mal aux principales thérapeutiques. C'est le cas de la parole, tantôt améliorée, tantôt dégradée et parfois non affectée par les traitements. Alors que la proportion de patients présentant des difficultés liées à ce symptôme avoisine les 70%, les traitements pharmacologiques et neurochirurgicaux ont des effets mitigés. Seule la rééducation orthophonique semble être efficace, mais encore proposée à un faible nombre de patients. Dans de cet article nous avons eu pour objectif de synthétiser les effets de la stimulation cérébrale profonde sur ce trouble spécifique de la parole.

Introduction

La maladie de Parkinson (MP) est une affection neurodégénérative qui touche environ 2‰ des individus et peut atteindre 2,9% chez les plus de 80 ans (Pringsheim *et al.*, 2014). Il y aurait en France entre 100 000 et 150 000 patients (Tison *et al.*, 1994). Cette pathologie se caractérise par une triade symptomatique comprenant le tremblement de repos, l'akinésie et la rigidité (Marsden, 1994). La majeure partie des symptômes moteurs est dans un premier temps correctement prise en charge par les la dopathérapie (L-Dopa). Dans un second temps, la stimulation cérébrale profonde (SCP) représente une thérapeutique efficace pour les formes avancées de la maladie. Cependant, lorsque la parole est dégradée dans la MP, elle peut ne pas être améliorée de manière satisfaisante par ces traitements, et y répond de manière variable.

La dysarthrie hypokinétique

Dans le cadre de la MP, le trouble moteur de la parole est appelé *dysarthrie hypokinétique* selon la

classification effectuée par Darley et ses collaborateurs (1975). Cette terminologie fait référence à une diminution du nombre et de l'amplitude des mouvements articulatoires réalisés, ainsi qu'une diminution de la modulation prosodique. Viallet et Gayraud (2005) décrivent la voix dans la MP comme « *faible, rauque et/ou monotone et la parole comme trop lente avec articulation imprécise et démarrage difficile* ».

La dysarthrie représente un enjeu de santé publique majeur puisque l'on considère qu'elle affecte environ 70 à 80% des patients atteints de la MP (Hartelius et Svensson, 1994 ; Miller *et al.*, 2011) tout en étant jugée par 29% des patients comme étant le symptôme de la MP le plus handicapant au quotidien (Hartelius et Svensson, 1994). Ce pourcentage s'explique car la dysarthrie induit une dégradation des interactions sociales (Fox et Ramig, 1997) pouvant altérer la réalisation des activités de la vie quotidienne (Ma et Yiu, 2001) en isolant socialement le patient (Karlsen *et al.*, 2000) et en affectant sa qualité de vie (Martinez-Martin, 1998 ; Kuopio *et al.*, 2000).

Dysarthrie et dopa-thérapie

La dysarthrie est peu dopa-sensible, la parole ne répond pas ou peu aux principales thérapeutiques.

Ainsi, certaines études rapportent des améliorations perceptives (Wolfe *et al.*, 1975) ou laryngées à l'aide d'études acoustiques (paramètres phonatoires [Goberman *et al.*, 2002], électroglottographiques [Jiang *et al.*, 1999] électromyographiques [Gallena *et al.*, 2001] ; mouvements d'air de la cage thoracique et de l'abdomen [Vercueil *et al.*, 1999], pression des lèvres [Cahill *et al.*, 1998], mouvements de la mâchoire [Svensson *et al.*, 1993]).

Ces résultats ne sont pas toujours confirmés puisqu'il semble que la L-Dopa n'influence pas la durée de soutenance d'une voyelle (Poluha *et al.*, 1998) ni la ventilation observée à l'aide d'enregistrements électroglottographiques (Jiang *et al.*, 1999).

Enfin, certaines études semblent démontrer des dégradations perceptives (Benke *et al.*, 2000 ; Goberman et Blomgren, 2003), infra-laryngées (par l'analyse des mouvements de la cage thoracique et de l'abdomen [Vercueil *et al.*, 1999]) et supra-laryngées (par la mesure de la force des lèvres et de la langue [Gentil *et al.*, 1999 ; De Letter *et al.*, 2003]).

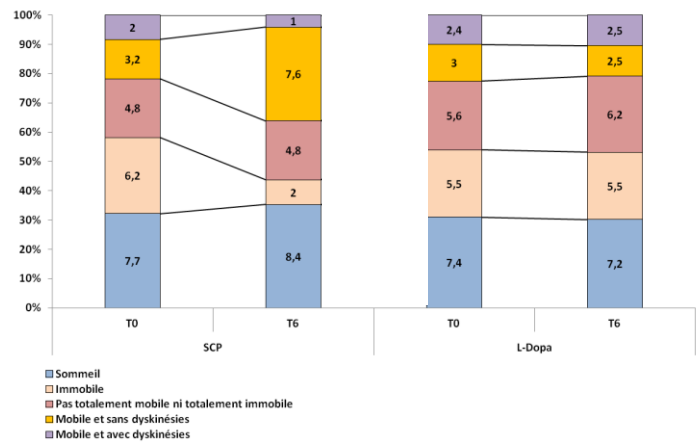
La stimulation cérébrale profonde - Historique

La SCP représente depuis la fin des années 1980' un espoir thérapeutique pour les patients atteints de la MP (Benabid *et al.*, 1987). Cette méthode consiste en l'implantation d'électrodes de stimulation dans une structure précise du cerveau. Ainsi, il est possible de stimuler le noyau ventral-intermédiaire médian du thalamus (Vim ; Benabid *et al.*, 1987), le *globus pallidus* interne (Gpi ; Siegfried et Lippitz, 1994), le noyau subthalamique (NST ; Benazzouz *et al.*, 1993) ou le noyau pédonculopontin (PPN ; Plaha et Gill., 2005). A l'heure actuelle, la SCP du Vim n'est que peu pratiquée pour la MP car seule la composante de tremblement est améliorée (Limousin, 1999). Elle reste réalisée pour les patients souffrant de tremblements massifs (autant pour la MP que pour d'autres pathologies comme les tremblements essentiels). La SCP du PPN est quant à elle à l'état d'essais cliniques pour les patients atteints de *freezing* de la marche (Kuo, 2008). La plupart des patients bénéficiant de la SCP sont donc stimulés soit dans le NST, soit dans le Gpi (principalement pour les patients ayant d'importantes dyskinésies), deux structures qui ont montré une amélioration de la

motricité et une réduction de la prise de L-Dopa (Moro, 2010 ; Volkmann, 2009). La Figure 1 illustre les effets induits par la SCP du NST comparativement au maintien du traitement dopaminergique.

Toutefois, bien que la SCP du NST permette d'améliorer nettement et durablement une grande partie de la symptomatologie liée à la MP, certains symptômes y répondent de manière variable. C'est le cas pour les symptômes, axiaux, et tout particulièrement la parole, tantôt améliorée, tantôt dégradée (Cf. pour revue : Pinto *et al.*, 2004).

Figure 1 : Comparaison des effets induits par la SCP du NST et par la L-Dopa, ainsi que leur évolution sur une durée de 6 mois (adapté de Deuschl *et al.*, 2006).



Les données présentées ici représentent une journée, et par conséquent le temps en heures durant lesquelles les patients dorment (bleu), sont immobile (blocage causé par la rigidité, rose clair), ne sont pas complètement mobiles ou immobiles (rose foncé), sont mobiles et n'ont pas de dyskinésies (jaune) et sont mobiles mais ont des dyskinésies (violet).

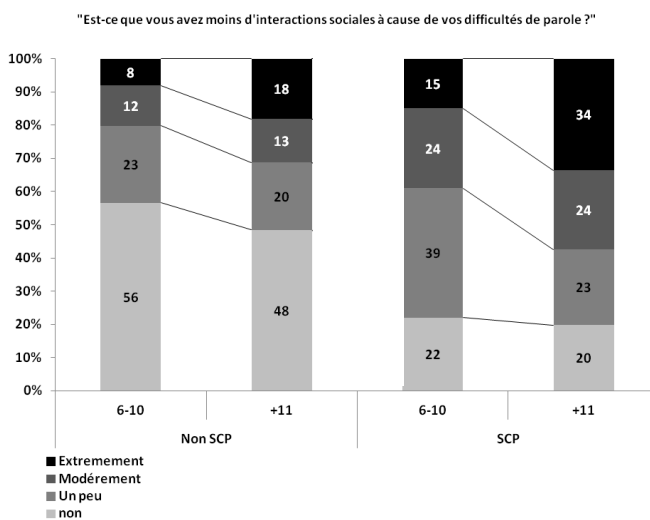
Dysarthrie et stimulation cérébrale profonde

Concernant la SCP du NST, les résultats sont très variables. Certaines améliorations ont pu être observées via des mesures électrophysiologiques (force musculaire des lèvres et de la langue [Pinto *et al.*, 2003 ; Gentil *et al.*, 1999]) et des analyses acoustiques (Gentil *et al.*, 2001). Parallèlement, des analyses acoustiques ont rapporté des effets négatifs de la SCP du NST sur la prosodie, l'articulation et donc l'intelligibilité mais uniquement lors d'une stimulation unilatérale gauche (Santens *et al.*, 2003). Des résultats similaires ont été rapporté pour une SCP bilatérale avec une dégradation de la parole pouvant se manifester par une dysarthrie de type spastique lorsque les fibres cortico-bulbaires sont malencontreusement stimulés (Tsuboi *et al.*, 2014). Au niveau perceptif, certaines études ont rapporté des améliorations de l'intelligibilité peu de temps

après l'opération (Limousin *et al.*, 1998) alors que d'autres ont rapporté une dégradation 5 ans après l'opération (Krack *et al.*, 2003). De plus, une étude de cas réalisée en 2005 (Pinto *et al.*) a permis de montrer que 3 des 4 patients avaient connus une dégradation de leur intelligibilité, expliquée par une augmentation des dyskinésies, un placement trop caudal de l'électrode de stimulation, et une stimulation involontaire des fibres cortico-bulbaires. D'après certaines études, il semblerait que plus l'intensité de la stimulation augmente, plus l'intelligibilité soit dégradée alors que les performances motrices globales sont améliorées (Tripoliti *et al.*, 2008). Selon ces mêmes auteurs, la dégradation observée de l'intelligibilité pourrait être causée par une stimulation involontaire des fibres cérébellothalamiques (McIntyre *et al.*, 2004) suite à un placement trop médian des électrodes.

Concernant le ressenti des patients, une étude à grande échelle réalisée récemment a permis de montrer qu'une importante proportion de ces derniers communiquaient moins à cause de leurs troubles de parole et avaient ainsi tendance à s'isoler socialement, résultat qui est d'autant plus probant chez les patients stimulés (Cf. Figure 2 ; Wertheimer *et al.*, 2014).

Figure 2 : Proportions de réponses à la question « Est-ce que vous avez moins d'interactions sociales à cause de vos difficultés de parole ? » pour des patients atteints de la MP depuis 6 à 10 ans et des patients atteints depuis plus de 11 ans, répartis en 2 groupes : stimulés ou non stimulés (adapté des données de Wertheimer *et al.*, 2014).



Dysarthrie et rééducation orthophonique

La dysarthrie hypokinétique représente un enjeu de santé majeur dans le cadre de la MP, la proportion de patients qui disent en souffrir étant importante, et celle de patients pris en charge étant particulièrement faible (entre 1,6 et 3% des patients [Miller *et al.*, 2011 ; Svensson et Hartelius, 1994]). Malgré ce constat, il existe plusieurs méthodes de rééducation orthophonique dont l'efficacité a parfois été démontrée. Toutefois, cette littérature scientifique est très hétérogène, ce qui explique la quasi absence de revues de la littérature ou de méta-analyses exhaustives. Il existe cependant deux méta-analyses récentes (Herd *et al.*, 2012a, 2012b) bien que pour des raisons méthodologiques et d'orientation théoriques, elles n'aient pris en compte qu'un très faible nombre de publications (entre 3 et 6 études pour l'analyse qualitative contre 2 et 0 pour l'analyse quantitative). Compte tenu de ces chiffres, ces deux revues concluent que les données prises en considération ne permettent pas de faire la démonstration de l'efficacité d'une méthode de rééducation.

Plus récemment, une équipe a publié une revue de la littérature et méta-analyses ayant pour objectif de comparer les méthodes de rééducation comportementales de la parole dans la MP (Atkinson-Clement *et al.*, *in press*). Cet article arrive à la conclusion que, sur le plan clinique, les méthodes ciblant un paramètre unique de la parole sont celles qui montrent les meilleurs résultats, tant sur l'hypophonie que sur la monotonie. Ainsi, la Lee Silverman voice treatment (LSVT®) est la méthode orthophonique la plus prometteuse aujourd'hui puisqu'elle semble être bénéfique jusqu'à deux années après la fin de la rééducation (Ramig *et al.*, 2001).

De fait, certaines études ont essayé d'additionner cette méthode à la SCP du NST avec l'objectif de pouvoir stimuler les patients tout en préservant voir améliorant leur parole. Ici encore les résultats sont hétérogènes puisque certaines publications font état d'une amélioration de la parole jusqu'à 6 mois après l'opération quand la LSVT® est réalisée avant la SCP (Spielman *et al.*, 2011). Ce résultat n'a toutefois pas été reproduit puisqu'une autre étude a montré des effets variables de la combinaison entre SCP et LSVT® pouvant parfois induire une détérioration de la parole (Tripoliti *et al.*, 2011). De fait, il semblerait que la combinaison entre SCP et L-Dopa induise des effets délétères sur la parole, ce qui laisse penser que

cette combinaison de traitements fasse perdre le potentiel bénéfique à long terme de la LSVT® (Pinto *et al.*, 2014).

Conclusion

Les différentes études portant sur la dysarthrie nous ont permis de remarquer que la L-dopa n'était pas toujours efficace, que la SCP avait des effets hétérogènes et que les rééducations orthophoniques restaient l'option la plus efficace.

Il est toutefois important de travailler tant sur des méthodes de rééducation ciblées et destinées à cette population qu'à la description de la parole pathologique avec et sans traitements, permettant de mieux comprendre comment la physiopathologie est impliquée pour y répondre de manière plus adéquate.

Bibliographie

Atkinson-Clement, C., Sadat, J., & Pinto, S. (2015). **Behavioural treatments for speech in Parkinson's disease: Meta-analyses and review of the literature.** *Neurodegener Dis Manag, In Press.*

Benabid, A.M., Pollak, P., Louveau, A., Henry, S., & de Rougemont, J. (1987). **Combined (thalamotomy and stimulation) stereotactoc surgery of the VIM thalamic nucleus for bilateral Parkinson disease.** *Appl Neurophysiol, 50 (1-6), 344 – 346.*

Benazzouz, A., Gross, C., Féger, J., Boraud, T., & Bioulac, B. (1993). **Reversal of rigidity and improvement in motor performance by subthalamic high-frequency stimulation in MPTP-treated monkeys.** *European Journal of Neuroscience, 50 (1-6), 344 – 346.*

Benke, T., Hohenstein, C., Poewe, W., & Butterworth, B. (2000). **Repetitive speech phenomena in Parkinson's disease.** *J Neurol Neurosurg Psychiatry, 69(3), 319 – 324.*

Cahill, L.M., Murdoch, B.E., Theodoros, D.G., Triggs, E.J., Charles, B.G., & Yao, A.A. (1998). **Effect of oral levodopa treatment on articulatory function in Parkinson's disease: preliminary results.** *Motor Control, 2, 161 – 172.*

Darley, F.L., Aronson, A.E., & Brown, J.R. (1975). **Motor Speech Disorders.** Philadelphia, W.B. Saunders.

De Letter, M., Santens, P., & Van Borsel, J. (2003). **The effects of levodopa on tongue strength and endurance in patients with Parkinson's disease.** *Acta Neurologica Belgica, 103, 35 – 38.*

Deuschl, G., Schade-Brittinger, C., Krack, P., Volkmann, J., Schäfer, H., Bötzel, K., Daniels, C., Deuschländer, A., Dillmann, U., Eisner, W., Gruber, D., Hamel, W., Herzog, J., Hilker, R., Klebe, S., Kloss, M., Koy, J., Krause, M., Kupsch, A., Lorenz, D., Lorenzl, S., Mehdorn, H.M., Moringlane, J.R., Oertel, W., Pinsker, M.O., Reichmann, H., Reuss, A., Schneider, G.H., Schnitzler, A., Steude, U., Sturm, V., Timmermann, L., Tronnier, V., Trottenberg, T., Wojtecki, L., Wolf, E., Poewe, W., & Voges, J. (2006). **German Parkinson Study Group, Neurostimulation Section. A randomized trial of deep-brain stimulation for Parkinson's disease.** *N Engl J Med, 355 (9), 896 – 908.*

Fox, C.M., & Ramig, L.O. (1997). **Vocal sound pressure level and self-perception of speech and voice in men and women with idiopathic Parkinson disease.** *Am J Speech Lang Pathol, 6(2), 85 – 94.*

Gallena, S., Smith, P.J., Zeffiro, T., & Ludlow, C.L. (2001). **Effects of levodopa on laryngeal muscle activity for voice onset and offset in Parkinson disease.** *J Speech Lang Hear Res, 4 (6), 1284 – 1299.*

Gentil, M., Tournier, C.L., Pollak, P., & Benabid, A.L. (1999). **Effect of bilateral subthalamic nucleus stimulation and dopatherapy on oral control in Parkinson's disease.** *European Neurology, 42, 136 – 140.*

Gentil, M., Chauvin, P., Pinto, S., Pollak, P., & Benabid, A.L. (2001). **Effect of bilateral stimulation of the subthalamic nucleus on parkinsonian voice.** *Brain and Language, 78, 233 – 240.*

Goberman, A.M., Coelho, C., & Robb, M. (2002). **Phonatory characteristics of parkinsonian speech before and after morning medication: the ON and off states.** *Journal of Communication Disorders, 35, 217 – 239.*

Goberman, A.M., & Blomgren, M. (2003). **Parkinsonian speech disfluencies: effects of L-dopa-related fluctuations.** *Journal of Fluency Disorders, 28, 55 – 70.*

Hartelius, L., & Svensson, P. (1994). **Speech and swallowing symptoms associated with Parkinson's disease and multiple sclerosis: a survey.** *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 46, 9 – 17.*

Herd, C.P., Tomlinson, C.L., Deane, K.H.O., Brady, M.C., Smith, C.H., Sackley, C.M., & Clarke, C.E. (2012a). **Speech and language therapy versus placebo or no intervention for speech problems in Parkinson's disease.** *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 8. Art No: CD002812.

Herd, C.P., Tomlinson, C.L., Deane, K.H.O., Brady, M.C., Smith, C.H., Sackley, C.M., & Clarke, C.E. (2012b). **Comparison of speech and language therapy techniques for speech problems in Parkinson's disease.** *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 8. Art No: CD002814.

Jiang, J., O'Mara, T., Chen, H.J., Stern, J.I., Vlagos, D., & Hanson, D. (1999). **Aerodynamic measurements of patients with Parkinson's disease.** *Journal of Voice, 13, 583 – 591.*

Karlsen, K.H., Tandberg, E., Arsland, D., & Larsen, J.P. (2000). **Health related quality of life in Parkinson's disease: a prospective longitudinale study.** *J Neurol Neurosurg Psychiatry, 69, 584 – 589.*

Krack, P., Batir, A., Van Blercom, N., Chabardes, S., Fraix, V., Ardouin, C., Koudsie, A., Limousin, P.D., Benazzouz, A., LeBas, J.F., Benabid, A.L., & Pollak, P. (2003). **Five-year follow-up of bilateral stimulation of the subthalamic nucleus in advanced Parkinson's disease.** *New England Journal of Medicine, 349, 1925 – 1934.*

Kuo, S.H., Kenney, C., & Jankovic, J. (2008). **Bilateral pedunculopontine nuclei strokes presenting as freezing of gait.** *Mov Disord, 23 (4), 616 – 619.*

Kuopio, A.M., Marttila, R.J., Helenius, H., Toivonen, M., & Rinne, U.K. (2000). **The quality of life in Parkinson's disease.** *Mov Disord, 15(2), 216 – 223.*

Limousin, P., Krack, P., Pollak, P., Benazzouz, A., Ardouin, C., Hoffmann, D., & Benabid, A.L. (1998). **Electrical stimulation of the subthalamic nucleus in advanced Parkinson's disease.** *New England Journal of Medicine, 339 (16), 1105 – 1111.*

Limousin, P., Speelman, J.D., Gielen, F., & Janssens, M. (1999). **Multicentre European study of thalamic stimulation in parkinsonian and essential tremor.** *J Neurol Neurosurg Psychiatry, 66 (3), 289 – 296.*

- Ma, E.P.M., & Yiu, E.M.L. (2001). **Voice activity and participation profile: assessing the impact of voice disorder on daily activities.** *J Speech Lang Hear Res*, 44(3), 511 – 524.
- Marsden, C.D. (1994). **Parkinson's disease.** *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 57 (6), 672 – 681.
- Martinez-Martin, P. (1998). **An introduction to the concept of "quality of life in Parkinson's disease".** *J Neurol*, 245, 2 – 6.
- McIntyre, C.C., Savasta, M., Walter, B.L., & Vitek, J.L. (2004). **How does deep brain stimulation work? Present understanding and future questions.** *J Clin Neurophysiol*, 21, 40 – 50.
- Miller, N., Deane, K.H.O., Jones, D., Noble, E., & Gibb, C. (2011). **National survey of speech and language therapy provision for people with Parkinson's disease in the United Kingdom: therapists' practices.** *International Journal of Language & Communication Disorders*, 46 (2), 189-201.
- Moro, E., Lozano, A. M., Pollak, P., Agid, Y., Rehncrona, S., Volkmann, J., Kulisevsky, J., Obeso, J. A., Albanese, A., Hariz, M. I., Quinn, N. P., Speelman, J. D., Benabid, A. L., Fraix, V., Mendes, A., Welter, M.-L., Houeto, J.-L., Cornu, P., Dormont, D., Tornqvist, A. L., Ekberg, R., Schnitzler, A., Timmermann, L., Wojtecki, L., Gironell, A., Rodriguez-Oroz, M. C., Guridi, J., Bentivoglio, A. R., Contarino, M. F., Romito, L., Scerrati, M., Janssens, M. & Lang, A. E. (2010). **Long-term results of a multicenter study on subthalamic and pallidal stimulation in Parkinson's disease.** *Mov. Disord*, 25, 578 – 586.
- Pinto, S., Ferraye, M., Espesser, R., Fraix, V., Maillet, A., Guirchoum, J., Layani-Zemour, D., Ghio, A., Chabardès, S., Pollak, P., & Debù, B. (2014). **Stimulation of the pedunculopontine nucleus area in Parkinson's disease: effects on speech and intelligibility.** *Brain*, 137(10), 2759 – 2772.
- Pinto, S., Gentil, M., Sauleau, P., Fraix, V., Benabid, A.L., & Pollak, P. (2005). **Changes induced by levodopa and subthalamic nucleus stimulation on parkinsonian speech.** *Movement Disorders*, 20, 1507 – 1515.
- Pinto, S., Gentil, M., Fraix, V., Benabid, A.L., & Pollak, P. (2003). **Bilateral subthalamic stimulation effects on oral force control in Parkinson's disease.** *Journal of Neurology*, 250, 179 – 187.
- Pinto, S., Ozsancak, C., Tripoliti, E., Thobois, S., Limousin-Dowsey, P., & Auzou, P. (2004). **Treatments for dysarthria in Parkinson's disease.** *The Lancet Neurology*, 3, 547 – 556.
- Plaha, P., & Gill, S.S. (2005). **Bilateral deep brain stimulation of the pedunculopontine nucleus for Parkinson's disease.** *Neuroreport*, 16 (17), 1883 – 1887.
- Poluha, P.C., Teulings, H.L., & Brookshire, R.H. (1998). **Handwriting and speech changes across the levodopa cycle in Parkinson's disease.** *Acta Psychologica (Amsterdam)*, 100, 71 – 84.
- Pringsheim, T., Jette, N., Frolkis, A. & Steeves, T. D. L. (2014). **The prevalence of Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis.** *Mov Disord*, 29 (13), 1583 – 1590.
- Ramig, L.O., Countryman, S., Pawlas, A.A., O'Brien, C., Hoehn, M., & Thompson, L.L. (2001). **Intensive voice treatment (LSVT®) for patients with Parkinson's disease: a 2 year follow-up.** *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 71, 493 – 498.
- Santens, P., De Letter, M., Van Borsel, J., De Reuck, J., & Caemaert, J. (2003). **Lateralized effects of subthalamic nucleus stimulation on different aspects of speech in Parkinson's disease.** *Brain and Language*, 87, 253 – 258.
- Siegfried, J., & Lippitz, B. (1994). **Bilateral chronic electrostimulation of ventroposterolateral pallidum: a new therapeutic approach for alleviating all parkinsonian symptoms.** *Neurosurgery*, 35 (6), 1126 - 1129.
- Spielman, J., Mahler, L., Halpern, A., Gilley, P., Klepitskaya, O., & Ramig, L. (2011). **Intensive voice treatment (LSVT®LOUD) for Parkinson's disease following deep brain stimulation of the subthalamic nucleus.** *J Commun Disord*, 44, 688 – 700.
- Svensson, P., Henningson, C., & Karlsson, S. (1993). **Speech motor control in Parkinson's disease: a comparison between a clinical assessment protocol and a quantitative analysis of mandibular movements.** *Folia Phoniatrica (Basel)*, 45, 157 – 164.
- Tison, F., Dartigues, J.F., Dubes, F., Zuber, M., Alperovitch, A., & Henry, P. (1994). **Prevalence of Parkinson's disease in the elderly: a population study in Gironde, France.** *Acta Neurologica Scandinavica*, 6, 464 – 473.
- Tripoliti, E., Strong, L., Hickey, F., Foltynie, T., Zrinzo, L., Candelario, J., Hariz, M., & Limousin, P. (2011). **Treatment of dysarthria following subthalamic nucleus deep brain stimulation for Parkinson's disease.** *Mov Disord*, 26(13), 2434 – 2437.
- Tripoliti, E., Zrinzo, L., Martinez-Torres, I., Tisch, S., Frost, E., Borrell, E., Hariz, M.I., & Limousin, P. (2008). **Effects of contact location and voltage amplitude on speech and movement in bilateral Subthalamic Nucleus deep brain stimulation.** *Mov Disord*, 23(16), 2377 – 2383.
- Tsuboi, T., Watanabe H., Tanaka, Y., Ohdake, R., Yoneyama, N., Hara, K., Nakamura, R., Watanabe, H., Senda, J., Atsuta, N., Ito, M., Hirayama, M., Yamamoto, M., Fujimoto, Y., Kajita, Y., Wakabayashi, T., & Sobue, G. (2014). **Distinct phenotypes of speech and voice disorders in Parkinson's disease after subthalamic nucleus deep brain stimulation.** *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, doi: 10.1136/jnnp-2014-308043.
- Vercueil, L., Linard, J.P., Wuyam, B., Pollak, P., & Benchetrit, G. (1999). **Breathing pattern in patients with Parkinson's disease.** *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 118, 163 – 172.
- Viallet, F., & Gayraud, D. (2005). **Les troubles de la production de parole au cours de la maladie de Parkinson: présentation générale.** In Ozsancak C., Auzou P. *Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson.* Solal, Marseille. pp 99-109.
- Volkmann, J., Albanese, A., Kulisevsky, J., Tornqvist, A.L., Houeto, J.L., Pidoux, B., Bonnet, A.M., Mendes, A., Benabid, A.L., Fraix, V., Van Blercom, N., Xie, J., Obeso, J., Rodriguez-Oroz, M.C., Guridi, J., Schnitzler, A., Timmermann, L., Gironell, A.A., Molet, J., Pascual-Sedano, B., Rehncrona, S., Moro, E., Lang, A.C., Lozano, A.M., Bentivoglio, A.R., Scerrati, M., Contarino, M.F., Romito, L., Janssens, M., & Agid, Y. (2009). **Long-term effects of pallidal or subthalamic deep brain stimulation on quality of life in Parkinson's disease.** *Mov Disord*, 24 (8), 1154 - 1161.
- Wertheimer, J., Gottuso, A.Y., Nuno, M., Walton, C., Duboille, A., Tuchman, M., & Ramig, L. (2014). **The impact of STN deep brain stimulation on speech in individuals with Parkinson's disease: The patient's perspective.** *Parkinsonism Relat Disord*, 20 (10), 1065 - 1070.
- Wolfe, V.I., Garvin, J.S., Bacon, M., & Waldrop, W. (1975). **Speech changes in Parkinson's disease during treatment with L-dopa.** *Journal of Communication Disorders*, 8, 271 – 279.