



# Utilisation des dispositifs nanotechnologiques dans les pathologies dégénératives cérébrales

## Étude prospective sur 28 patients atteints de sclérose en plaques

### *The use of nano-technological devices in degenerative cerebral pathologies*

### *Perspective study on 28 patients with multiple sclerosis*

**Alberto Lomeo, Giuseppe Cacciaguerra, Domenico Garsia, Antonio Scolaro**

Service de Chirurgie Vasculaire, Hôpital Cannizzaro – Catane (Italie)

[vascolter@gmail.com](mailto:vascolter@gmail.com)

#### Résumé

Le but de cette étude est d'évaluer l'utilisation des dispositifs nanotechnologiques dans le contrôle postural, la gamme des mouvements articulaires et le bien-être global des patients atteints de sclérose en plaques (SP).

Nous avons étudié 28 patients consécutifs auxquels nous avons appliqué deux Taopatch® suivant un protocole rigoureux avec utilisation du test SF36 (questionnaire sur l'état de la santé du patient), calcul de l'EDSS (*Expanded Disability Status Scale* : Échelle d'évaluation de l'invalidité utilisée pour les patients atteints de Sclérose en Plaques) et test avec accéléromètre.

À trois mois, nous avons enregistré des améliorations significatives qui se sont maintenues lors des contrôles à un an avec tous les tests utilisés.

Cette étude a démontré que le recours à cette technologie améliore le mouvement, la proprioception et l'équilibre et peut donc s'avérer extrêmement utile pour les patients atteints de sclérose en plaques.

#### Mots clés

Sclérose en plaque ; Réhabilitation ; Proprioception ; Troubles du mouvement ; Nanotechnologie

#### Abstract

*The aim of this study is to evaluate the use of nanotechnological devices for posture control, range of motion of the joints and general well-being on patients affected by Multiple Sclerosis (MS). We studied 28 consecutive patients to whom we applied two Taopatch® devices (Tao Technologies, Italy) by means of a rigid protocol using self-evaluating test SF 36 (a questionnaire concerning the patient's state of health), the calculation of the international index EDSS (Expanded Disability Status Scale used for patients affected by Multiple Sclerosis) and an accelerometer test.*

*Significant improvements were recorded at three 3 months in all the tests and these were maintained in a follow-up after a year.*

*This study has shown, in our opinion, that the use of a technology which improves movement, proprioception and balance can be extremely useful for patients affected by Multiple Sclerosis.*

#### Keywords

*Multiple sclerosis; Rehabilitation; Proprioception; Movement disorders; Nanotechnology*



## Introduction

L'interaction entre les champs électromagnétiques et les structures biologiques du corps humain a été largement étudiée et très souvent utilisée en physiothérapie et en réadaptation pour obtenir des résultats positifs sur différentes parties du corps, sur l'inflammation articulaire, et sur les articulations traumatisées [1-10].

Les champs électromagnétiques induisent une réponse biochimique permettant la guérison des tissus atteints. En ce qui concerne les champs électromagnétiques, la recherche au niveau de la réadaptation est actuellement facilitée par le développement de petits dispositifs nanotechnologiques.

Un dispositif médical récemment mis sur le marché, le Taopatch® permet de transformer les photons dans les infrarouges produits par le corps et par la lumière extérieure en autres photons ayant une longueur d'onde similaire à celle utilisée pour la "low level et ultra low level laser therapy" (905 nm-670 nm) [11].

Dans Medline, de nombreux articles (> 3200, dont 1700 au cours des cinq dernières années) sont indexés sous la rubrique "low level laser therapy" (100-200 mW) et "very low level laser therapy" (< 5 mW).

Concernant cette dernière, la méta-analyse de Chow *et al.* a démontré l'efficacité de ces méthodes physiques au niveau des douleurs au cou [12]. Toutefois, l'intégralité du spectre des effets bénéfiques reste encore à découvrir.

Les effets bénéfiques des champs magnétiques de faible intensité sur l'équilibre du corps et sur la posture ont stimulé un intérêt au niveau de l'amélioration de la performance sportive et des protocoles de rééducation [13, 14].

## Matériel et Méthodes

Le Taopatch® [1] est un dispositif médical nanotechnologique qui se présente sous la forme d'une micropuce circulaire de 16 mm de diamètre et de moins de 1 mm d'épaisseur. Il s'applique sur la peau au moyen d'un sparadrap et doit être maintenu toute la durée du traitement.

Le revêtement est un matériau hypoallergénique (Mylar®) à l'intérieur duquel sont incorporés des éléments de nanotechnologie, les composants principaux étant des nanocristaux appelés quantum dots, des nanocristaux permettant une conversion ascendante (*upconverting nanocrystals*) et des nanotubes de carbone [15-17].

Les nanocristaux sont excités par la chaleur du corps (photons dans l'infrarouge) et transformés en photons d'une longueur d'onde similaire à celles utilisées pour la *Low-level-laser Therapy* ou pour la *Ultra-low-level-laser therapy* (par exemple 904 nm, 670 nm) [11].

De mai 2015 à février 2016, nous avons recruté 28 patients consécutifs atteints de sclérose en plaque dont 12 secondaires progressives (SP) et 16 récurrentes rémittentes (RR) représentant 13 femmes et 15 hommes. 18 patients étaient en thérapie, 10 n'étaient soumis à aucun traitement.

L'âge était compris entre 30 et 68 ans (moyenne : 46,5). L'EDSS était de 7 à 4,5 (moyenne : 4,9). Nous avons évité l'inclusion des patients avec EDSS bas ou très élevé.

Après une première évaluation à T0 nous avons appliqué le Taopatch® (TP) à tous les patients sur la même zone (un sous l'appendice xiphoïde et un au-dessous de C7 durant 4 heures la première semaine, 8 heures la deuxième, 12 heures la troisième, puis 24 heures sur 24 après la troisième).

Les patients ont été testés à T0 (sans TP), T1 (après 30 minutes d'application de TP), T2 (après un mois), T3 (à 3 mois) et T4 (à 1 an) à l'aide des tests suivants :

- ▶ EDSS score à T0, T3 et T4 ;
- ▶ SF36, test d'autoévaluation, à T0, T3 et T4 ;
- ▶ Test avec l'accéléromètre sur les membres inférieurs, sur la flexion lombaire et sur les mouvements de la tête à T0, T1, T2, T3 et T4 (SYSMOTION, système produit par Microlab avec logiciel Sysmotion-cerv et Sysmotion-body).



## Résultats

### Test par accéléromètre

En ce qui concerne les mouvements de la tête, les mouvements d'inflexion latérale, d'inflexion antérieure et postérieure sont restés constants, alors qu'on a pu noter une augmentation significative de la rotation de T0 à T4,  $p < 0,0009$  (Fig. 1).

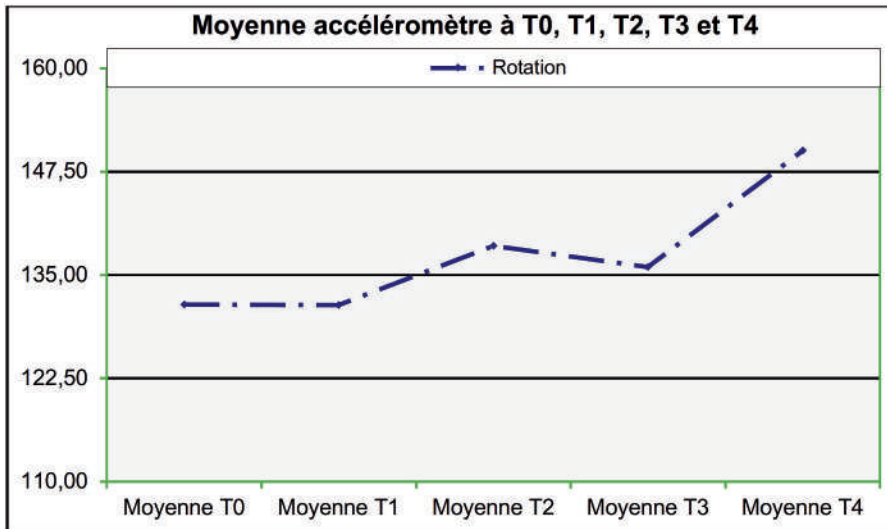


Figure 1

Fig. 1

Nous avons observé des améliorations significatives de T0 à T4 de l'inflexion de la hanche droite, ( $p < 0,05$ ) et de la hanche gauche ( $p < 0,01$ ) et plus important, des augmentations de la flexion lombaire ( $p < 0,0009$ ) (Fig. 2).

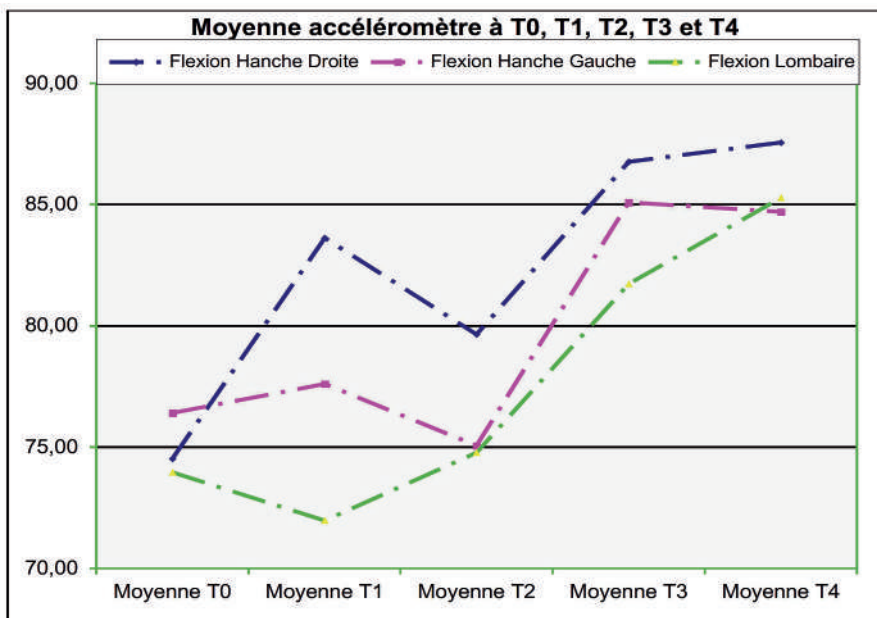


Figure 2

Fig. 2

À noter que les améliorations se manifestent à 3 mois et se maintiennent au contrôle à 1 an, mettant ainsi en évidence la constance des effets.

La comparaison entre les pathologies RR et SP montre des améliorations plus évidentes chez les patients avec SP qui par ailleurs, présentent des déficits plus graves à T0 comparés aux patients avec RR à T0 (Fig. 3 et 4).

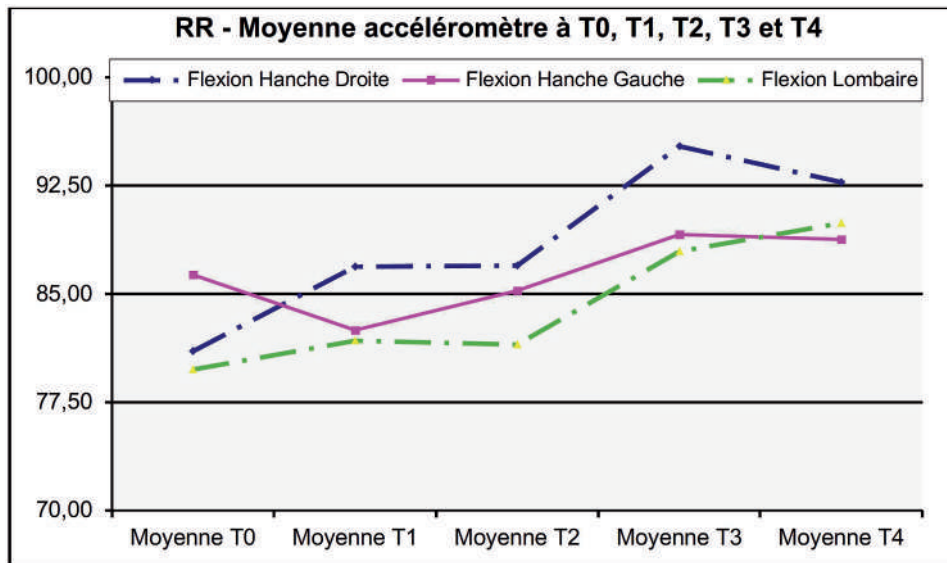


Figure 3

Fig. 3

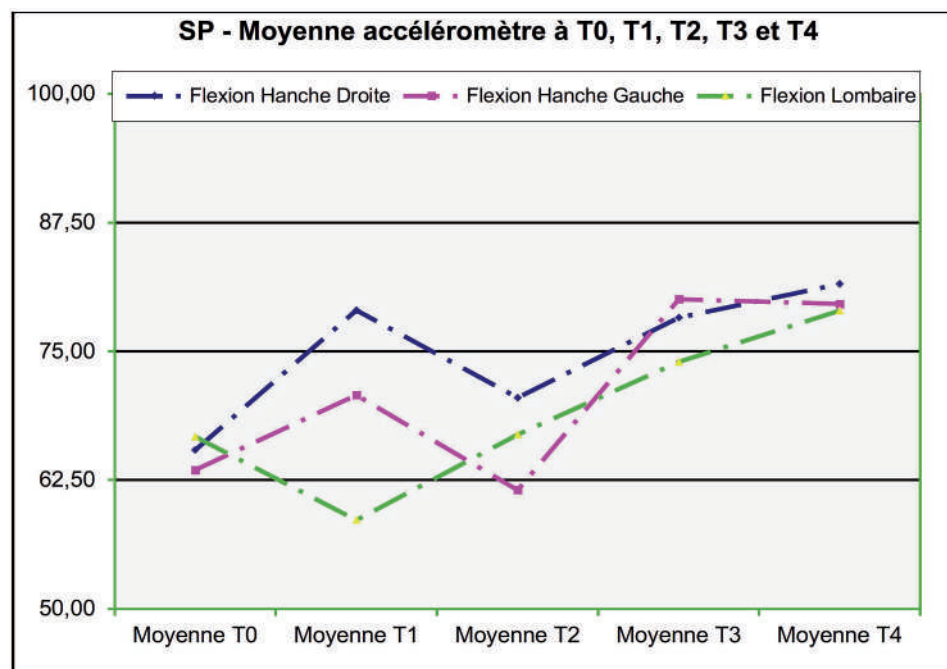


Figure 4

Fig. 4

## SF 36

Avec le test d'évaluation SF 36, les patients ont montré des améliorations significatives à 3 mois qui restent constantes au contrôle à 1 an. Ces améliorations ont été notées au niveau physique mais également au niveau émotionnel et social, où elles étaient les plus significatives (Fig. 5).

En particulier, sont améliorés l'activité physique, la douleur, la santé en général, la vitalité et l'indice de santé physique (ISF) en ce qui concerne la sphère physique.

Au niveau de la sphère émotionnelle-sociale, on note également des améliorations des activités sociales, de l'impact émotionnel, de la santé mentale et de l'indice de la santé mentale (ISM).

Ces données démontrent que les bénéfices constatés ont redonné confiance aux patients quant à leur qualité de vie future.



### SF 36 - Moyenne à T0, T3 et T4

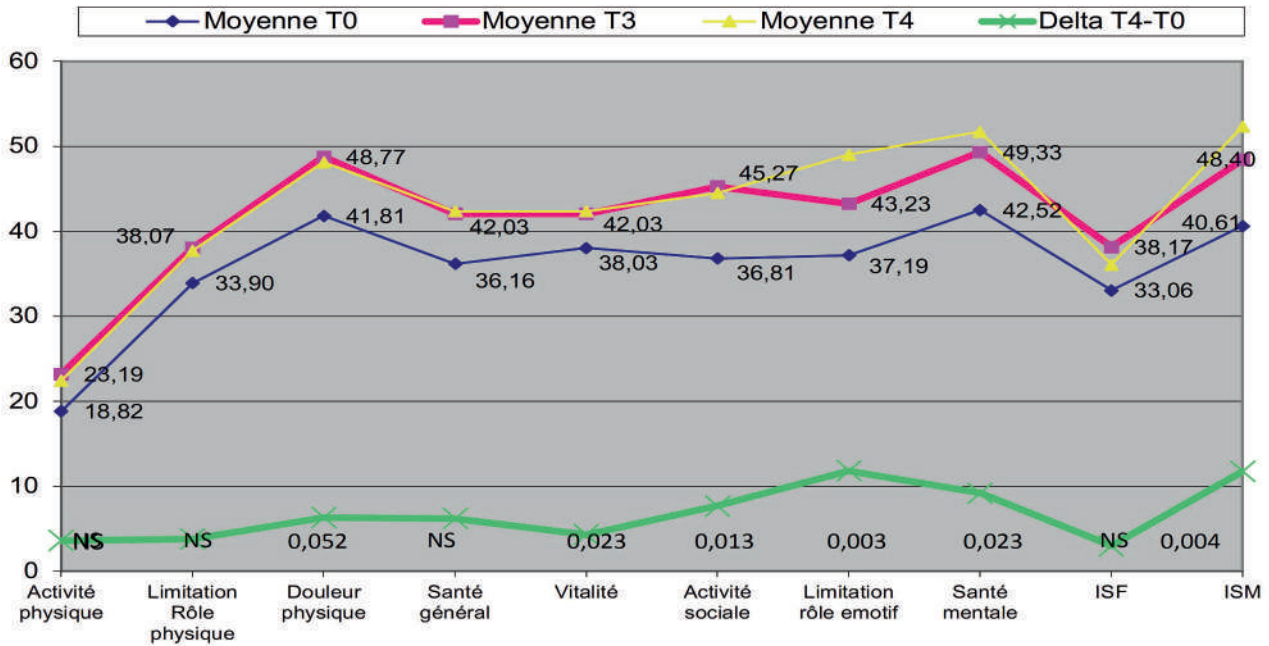


Figure 5

Fig.5

## EDSS

Le score EDSS a montré une amélioration qui, bien que minime, (moyenne 4,90 à T0-4,71 à T4) est très significative ( $p < 0,002$ ), (Fig. 6).

### EDSS à T0, T3 et à T4

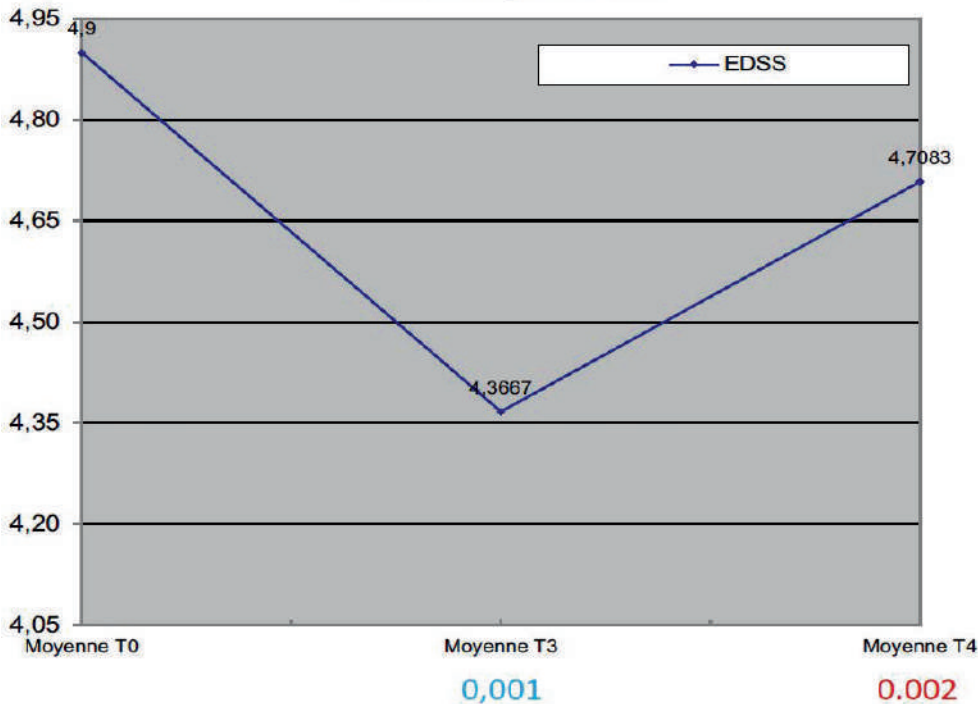


Figure 6

Fig. 6



Par ailleurs, en examinant séparément les deux pathologies, on note une amélioration très importante à 1 an pour le groupe RR (moyenne 4,06 à T0-3,47 à T4 avec  $p < 0,0008$ , Fig. 7) alors que dans le groupe SP, après une amélioration à 3 mois (moyenne 5,75 à T0-5,25 à T3 avec  $p < 0,011$ ), une aggravation est constatée à 1 an (moyenne T4, 5,64, NS, même si  $< T0$ , Fig. 8).

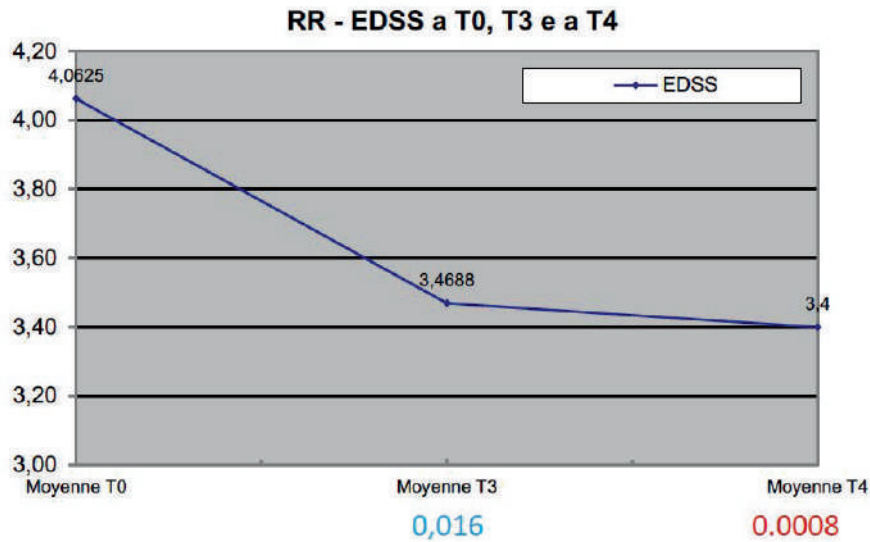


Fig. 7

Figure 7

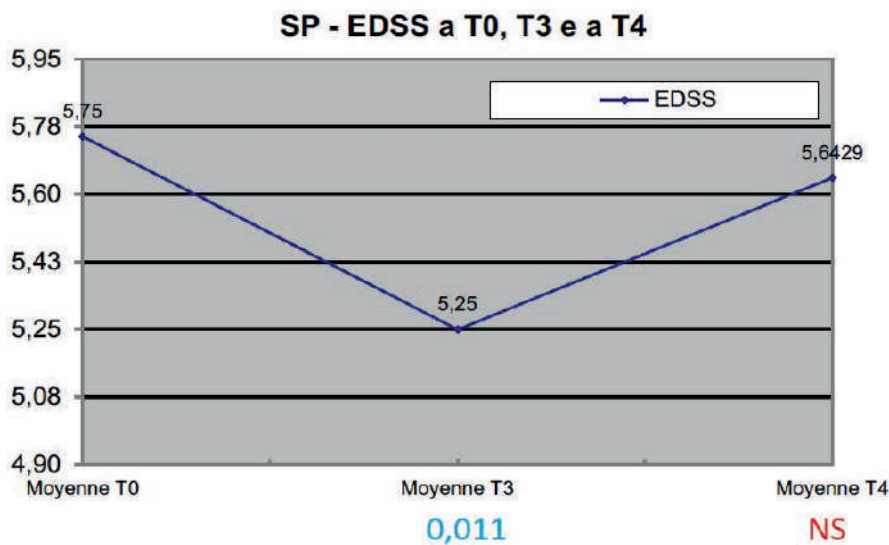


Fig. 8

Figure 8

## Commentaires

La sclérose en plaques est une maladie complexe qui affecte les patients vers la moitié de la vie sans que l'on en connaisse la cause. Cette maladie provoque des handicaps physiques mais aussi un syndrome dépressif qui aggrave ultérieurement leur état de santé. En outre, les symptômes de la sclérose en plaques sont imprévisibles et dépendent de l'état émotionnel ainsi que d'autres facteurs y compris les fluctuations du climat.





Jusqu'à ce jour, toutes les thérapies, traitements médicaux ou chirurgicaux n'ont pas démontré de bénéfices durables dans le temps statiquement vérifiables.

Notre groupe a constaté également des résultats favorables avec deux autres techniques déjà décrites dans différents congrès nationaux et internationaux, mais dont nous n'avons pas publié les données car les résultats positifs s'estompaient au bout de 6 mois.

Récemment, l'étude Brave Dreams a confirmé que l'angioplastie des veines du cou en présence de CCSVI chez les patients atteints de SP n'était pas utile [13].

Les bénéfices du Taopatch® - amélioration des mouvements, de la posture et de l'équilibre - nous ont incités à effectuer cette étude prospective dans le but de pouvoir au moins, arrêter la progression de la maladie.

Les résultats ont dépassé nos espérances, en ce sens que la maladie n'a pas progressé et que les patients ont constaté de légères améliorations qui leur ont redonné confiance.

Il est particulièrement intéressant de noter que les tests avec l'accéléromètre ont donné des résultats meilleurs chez les patients les plus atteints, alors que l'EDSS a donné de bien meilleurs résultats chez les patients aux pathologies moins lourdes.

Le questionnaire SF36 n'a pas montré de différences entre les deux groupes de patients mais il a démontré davantage d'améliorations significatives au niveau émotionnel que physique. Cela confirme le rôle très important de la composante dépressive sur les symptômes de ces patients qui s'accrochent à tous les espoirs possibles pour améliorer leur état.

On a pu expliquer aussi la raison pour laquelle la méthode Zamboni et la résection du muscle omoïdien avaient donné des résultats encourageants au début mais qui disparaissaient dans les 6 mois. En fait, l'espoir de voir leur état s'améliorer était tel qu'il générait chez les patients un puissant effet placebo qui s'estompait dans le temps.

Pour cette raison, nous avons souhaité étendre notre étude à 1 an, afin de démontrer que les améliorations notées avec l'application de Taopatch® n'étaient pas dues à l'effet placebo mais constituaient des améliorations réelles du système proprioceptif.

Depuis la fin de l'étude, nous avons continué à suivre ces patients ainsi que d'autres en étudiant leurs déséquilibres électriques, en établissant des protocoles spécifiques pour chaque patient et aussi en cherchant à améliorer leur style de vie et en portant une attention particulière à leur alimentation.

En accord avec des études récentes [19-31], nous avons la conviction que l'étiopathologie de la sclérose en plaques de même que d'autres maladies neurodégénératives est à attribuer à un défaut d'élimination des déchets cérébraux durant la phase du sommeil profond. C'est pourquoi il nous semble crucial de chercher à diminuer cette production de déchets, à améliorer l'alimentation, l'hydratation et le style de vie des patients.

## Conclusion

Cette étude a démontré que l'utilisation de la technologie améliore le mouvement, la proprioception et l'équilibre et peut être très utile pour les patients atteints de sclérose en plaques. En outre, l'effet purificateur et drainant supposé des Taopatch® pourrait être la raison des améliorations et de la non-progression de la maladie que nous avons pu observer.

De nouvelles études utilisant des protocoles spécifiques pour chaque patient sont actuellement en cours de développement.

## Références

1. Malchiodi Abedi G, Corna S, Aspesi V, Clerici D, et alii. Effects of nanotechnologies-based devices on postural control in healthy Subjects, The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness, 2017, sept 5. Del: 10.23736/S0022-4707.17.07530-2.
2. Sutbeyaz ST, Sezer N, Koseoglu BF. The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of cervical osteoarthritis: a randomized, double-blind, sham-controlled trial. Rheumatol Int 2006;26(4): 320-4.



3. Watson T. Narrative Review: Key concepts with electrophysical agents. *Physical Therapy Reviews* 2010;15(4): 351-9.
4. Aziz Z, Cullum N, Flemming K. Electromagnetic therapy for treating venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;(3): CD002933.
5. Hannemann P, Göttgens KW, van Wely BJ, Kolkman KA, Werre AJ, Poeze M, Brink PR. Pulsed Electromagnetic Fields in the treatment of fresh scaphoid fractures. A multicenter, prospective, double blind, placebo controlled, randomized trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2011;12:90.
6. Isahov et al. Electromagnetic stimulation of stump wounds in diabetic amputees. *J-Rehabil-Sci* 1996;9(2): 46-48.
7. Lee PB, Kim YC, Lim YJ et al. Efficacy of pulsed electromagnetic therapy for chronic lower back pain: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *J Int Med Res* 2006; 3
8. Trock DH. Electromagnetic fields and magnets. *Investigational treatment for musculoskeletal disorders. Rheum Dis Clin North Am* 2000;26(1):51-62, viii.
9. Vallbona C, Hazlewood CF, Jurida G. Response of pain to static magnetic fields in postpolio patients: a double-blind pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78: 1200-1203. 4(2): 60-167.
10. Weintraub MI. 1999 *Am J Pain Manag* 9: 8-17. Alfonsi 2015, Magnetic bio-stimulation in painful diabetic peripheral neuropathy: a novel intervention - a randomized double-placebo crossover study.
11. Baratto L, Calzà L, Capra R, Gallamini M, Giardino L, Giuliani A, Lorenzini L, Traverso S. Ultra-low-level laser therapy. *Lasers Med Sci* 2011 Jan; 26(1):103-12. doi: 10.1007/s10103-010-0837-2.
12. Chow RT, Johnson MI, Lopes Martins RA, Bjordal JM. Efficacy of low-level laser therapy in the management of neck pain: a systematic review and meta-analysis of randomised placebo or active treatment controlled trials. *Lancet* 2009;374;1897-1908.
13. Glover PM, Cavin I, Qian W, Bowtell R, Gowland PA. Magnetic-field-induced Vertigo: A theoretical and Experimental Investigation. *Bioelectromagnetics* 2007;28:349-61.
14. Gallamini M, D'Angelo G, Belloni G. Treating balance disorders by ultra-low-level laser stimulation of acupoints. *Acupunct Meridian Study* 2015;6(2):119-23. doi:10.1016/j.jams.2013.003
15. Quantum dots - [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_dot](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_dot)
16. Photon up-conversion and up converting materials [https://en.wikipedia.org/wiki/Photon\\_upconversion](https://en.wikipedia.org/wiki/Photon_upconversion)
17. Carbon nanotubes [https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_nanotube](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_nanotube)
18. Zamboni P, Tesio L, Galimberti S et al. Efficacy and Safety of Extracranial Vein Angioplasty in Multiple Sclerosis. A Randomized Clinical Trial. *JAMA Neurol*. Published online November 18, 2017. doi:10.1001/jamaneurol.2017.3825
19. Gallamini M. Treating balance disorders by ultra-low-level laser stimulation of acupoints. *J Acupunct Meridian Stud* 2013 Apr;6(2):119-23. doi: 10.1016/j.jams.2013.01.003. Epub 2013 Feb 4.
20. Nedergaard M, s.a. Goldman. *Le Scienze*-2016
21. O'Donnell J et al. Distinct Functional States of astrocytes during sleep and Wakefulness: Is Norepinefrin the master regulator? *Current Medicine Reports* vol 1, pp 1-8 marzo 2015.
22. Simon MJ et al. Regulation of Cerebrospinal Fluid In Neurodegenerative and Neuroinflammatory Disease. *Biochimica e Biofisica Acta: Basis of Disease*, Pubblicato on line ottobre 2015.
23. Jessen NA et al. The Glymphatic System: A Beginners Guide. *Neurochemical Research*, 2015;40[12]:2583-99.
24. Mary Inn Liebert, Inc. Significant Improvement in Cognition in Mild to Moderately Severe Dementia Cases Treated with Transcranial Plus Intranasal Photobiomodulation: Case Series Report. Anita E. Saltmarche, *Photomedicine and Laser Surgery* 2017;20[20]:1-10 DOI: 10.1089/pho.2016.4227
25. Popp FA, Li K, Gu Q. Recent advances in biophoton research and its application, *World scientific* 1992;1-18.
26. Stefanov M, Potroz M, Kim J, Lim J, Cha R, Nam MH. The primo vascular system as a new anatomical system. *J Acupunct Meridian Stud*. 2013 Dec;6(6):331-8. doi: 10.1016/j.jams.2013.10.001. Epub 2013 Oct 24.
27. Iliff JJ, Wang M, Liao Y, et al. A paravascular pathway facilitates CSF flow through the brain parenchyma and the clearance of interstitial solutes, including amyloid  $\beta$ . *Sci Transl Med*. 2012; 4: 147ra111.
28. Iliff JJ, Nedergaard M. Is there a cerebral lymphatic system? *Stroke* 2013; 44(6 suppl 1):S93-S95.
29. Yang L, Kress BT, Weber HJ, et al. Evaluating glymphatic pathway function utilizing clinically relevant intrathecal infusion of CSF tracer. *J Transl Med* 2013; 11: 107. Nardone A, 30. Tarantola J, Giordano A, Schieppati M. Fatigue effects on body balance. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997;105(4):309-20.
31. Cohen S, PoppFA. Biophoton emission of the human body. *Journal of Photochemistry and Photobiology B. Biology* 1997;40(2):187-189.
32. Glover PM, Cavin I, Qian W, Bowtell R, Gowland PA. Magnetic-Field-Induced Vertigo: A Theoretical and Experimental Investigation. *Bioelectromagnetics* 2007;28:349-361.

**Lien d'intérêt : aucun**