

ELECTROMYOGRAPHIE DE SURFACE DANS LE NETWORK SPINAL ANALYSIS

Ce projet de recherche, qui implique des sujets humains, a été approuvé par le
University Park Institutional Review Board (IRB)
de l'Université de Southern Californie
(cas USC UPIRB#01-01-009)

NB : le texte de taille réduite représente la partie technique de l'article. Elle n'a pas forcément d'intérêt pour nous commun des mortels.

Le Network Spinal Analysis (NSA) est une technique dans laquelle le praticien applique une pression légère sur des points précis de la colonne vertébrale ; points qui sont corrélés avec les niveaux vertébraux où la dure-mère (méninge) s'attache. Bien que chaque patient soit unique, la colonne vertébrale commence, dès 1 à 3 mois de soins, de développer un mouvement ondulatoire qui n'est pas enclenché volontairement, mais qui peut être volontairement arrêté. Des études rétrospectives et longitudinales ont montré que ces soins avaient de nombreux bénéfices, dont une amélioration de la souplesse et de la stabilité physique de la colonne vertébrale. Ce type de soin semble aussi réduire les tensions mécaniques adverses de la moelle épinière. La Tension Mécanique Adverse dans le système nerveux central est une théorie développée par Alf Breig, un neurochirurgien de Stockholm en Suède. De plus grande importance, ce genre de soins semble apporter le même type de mouvement répétitif qui ont permis, dans le cas très médiatisé de Christopher Reeve, une récupération sensorielle et motrice partielle tardive d'une lésion de la moelle épinière.

Les fondations théoriques du NSA reposent sur la théorie de la Tension Mécanique Adverse de la moelle épinière d'Alf Breig. Dans cette théorie, les zones d'attachement de la dure-mère sur les vertèbres cervicales créent des tensions pathologiques dans la moelle épinière dans le cas de perte d'alignement vertébral ou de problèmes posturaux. Dans le NSA, les zones d'attachement dure-mère/vertèbres sont utilisées pour créer une oscillation qui produit le même genre de mouvement répétitif qui a été associé à une récupération partielle d'une lésion de la moelle épinière dans le cas médiatisé de Christopher Reeve. L'oscillation se situe d'abord dans la zone vertébrale, puis se propage le long de toute la colonne. De même, les attachements du filum terminale au coccyx et dans la zone du sacrum créent aussi une oscillation qui remontent le long de la colonne. Ces ondes montantes et descendantes le long de la colonne créent l'ondulation vertébrale typique du NSA. En plus de son application possible dans la récupération des lésions de la moelle épinière, ces ondes créent un exercice intense pour la musculature du dos, qui ne peut pas être produit par les moyens physiothérapeutiques classiques.

Lors du mouvement ondulatoire, une quantité importante d'activité électromyographique de surface est présente le long de la colonne. Les signaux sEGM enregistrés aux niveaux cervicaux, dorsaux, lombaires et sacré montrent des « burst » d'activité EMG qui semblent chaotique et qui durent de quelques secondes à une minute.

Modélisation précoce du signal non-linéaire du sEMG

Notre première tentative a été de mieux comprendre ce phénomène neurophysiologique en performant une modélisation dynamique non-linéaire du signal sEMG dans sa phase de « burst » (éclat). L'approche mathématique « False Near Neighbor ou FNN », popularisée par Ruelle dans la littérature sur le chaos en tant que méthode permettant d'estimer les dimensions d'un attracteur, n'a rien permis de révéler d'autre qu'une séquence pseudo-aléatoire. Cependant, des techniques reconnues d'analyse, telles que la « Nonlinear Canonical Correlation Analysis (CCA) » et la « Alternating Conditional Expectation (ACE) » ont révélés la présence d'un phénomène non-linéaire, et ces deux techniques ont suggéré de manière consistante une dynamique non-linéaire de dimension proche de 6 ou 7. La CCA a révélé une augmentation subtile mais claire (sautant de 0.1 à 0.8) des 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} coefficients de corrélation canonique sous distorsion non-linéaire du passé et du futur, alors que la ACE a révélé un certain degré de saturation dans les fonctions régressives qui prédisent le futur et le passé.

Modélisation « Switching ARIMA »

Malgré la non-linéarité du signal sEMG, la possibilité d'une modélisation linéaire nous est parue possible ; tout d'abord parce qu'elle pourrait clarifier la question de l'aspect stationnaire du signal ; et ensuite parce que en raison de l'aspect marqué des « burst on top of background » du signal, il semblait plausible que le signal serait plus ou moins bien représenté par deux modèles linéaires (un pour le « burst » et l'autre pour le « background » qui se passent le relais d'un à l'autre. La discrimination entre le « burst » et le « background » s'est faite sur la base des séquences de corrélation et de corrélation partielle. Étonnamment, le signal de fond (« background ») semble moins stationnaire, parce que sa séquence de corrélation ne disparaît pas aussi vite qu'elle devrait. Le signal de « burst » apparaît plus stationnaire car sa séquence de corrélation disparaît rapidement. Un critère de relais, basé sur les corrélations, a été développé et il semblerait que le signal global peut être modélisé de manière fiable par les deux modèles linéaires prenant le relais entre eux.

Analyse spatio-temporelle du phénomène ondulatoire

Nous avons ensuite effectué une analyse spatio-temporelle des signaux enregistrés à divers endroits de la colonne pour déterminer si un « schéma d'onde » est présent dans le rachis.

La première méthode se base sur la CCA du passé du signal pur en un point S (la « source ») et une version inversée du temps (« time-shift ») du futur du signal en un autre point T (« target »= cible). Plus précisément, en partant des coefficients de corrélation canonique, l'information mutuelle de Akaike est calculée contre l'inversion de temps et, si l'information mutuelle montre un maximum pour une inversion de temps t_s , nous pouvons donc conclure que l'onde a besoin d'un temps t_s pour parcourir la distance de S à T. À partir de cette analyse, il semble que la source est le sacrum, parce que l'analyse de corrélation montre une quantité croissante de temps pour que l'onde s'étende aux lombaires, aux dorsales et, finalement, aux cervicales. Le fait que le sacrum semble être la source est probablement dû à l'attachement du filum terminale sur le coccyx. Inversement, l'analyse de corrélation ne montre pas le même schéma lorsque les cervicales sont utilisées comme source. Cela est probablement dû au fait que le mécanisme d'attachement est bien plus compliqué au niveau cervical qu'au niveau du sacrum.

Ensuite, nous avons développé une analyse simplifiée basée sur la corrélation qui existe entre les sous-bandes des ondelettes du signal. La raison pour laquelle nous avons mis l'accent sur certaines sous-bandes est que certaines sous-bandes semblent n'être que du « bruit » et n'ont donc pas d'importance. La partie du signal la plus importante du phénomène ondulatoire est le signal de la sous-bande D_8 de la décomposition des ondelettes de Daubechies d'un niveau d'ordre 3 à 8. La corrélation entre les sous-bandes du signal s'est révélée être bien plus importante que la corrélation entre les signaux purs, ce qui nous donne plus de confiance dans notre affirmation qu'il existe une corrélation entre les signaux à différents points, ce qui renforce notre affirmation qu'il existe bel et bien un phénomène ondulatoire.

L'analyse spatio-temporelle a été effectuée sur un patient quadriplégique qui a subi le même type de lésion cervicale que Christopher Reeve. Ce patient reçoit des soins NSA depuis environ une année et a regagné un certain contrôle des doigts des mains et des pieds. Le but de cette étude était de confirmer la récupération partielle de la lésion de la moelle en utilisant une analyse spatio-temporelle des signaux sEMG qui parcourent la colonne vertébrale. La même analyse a été faite sur un sujet de contrôle, dans le même cadre expérimental et selon le même protocole que le patient quadriplégique. Le patient quadriplégique montre une corrélation plus faible au niveau des signaux de la nuque, comme nous nous y attendions, mais l'existence d'une corrélation entre deux signaux aussi distants que le sacrum et les cervicales, avec un niveau de confiance de 99%, révèle une récupération partielle de la lésion de la moelle épinière.