

Proprioception du rachis cervical : une approche actualisée

RÉSUMÉ | SUMMARY

La reprogrammation du rachis cervical fait partie intégrante de notre arsenal thérapeutique de par la fréquence des patients cervicalgiques en pratique quotidienne présentant des altérations des capacités proprioceptives. Elle consiste à obtenir les conditions analytiques suffisantes (amplitudes, force et endurance notamment) à la mise en place d'exercices, visant à améliorer la stabilité de la région ainsi que sa coordination notamment oculo-céphalogyre.

Il existe des stratégies particulièrement intéressantes issues de recherches scientifiques de qualité.

Proprioceptive re-training of the cervical spine is one of our treatment options for patients presenting with neck pain and altered proprioception. Re-training requires adequate analytical conditions (range of motion, force and endurance, notably) in order to put into place exercises which are aimed at stabilizing the region as well as training eye-head coordination.

There are very interesting strategies described in the scientific literature.

Arnaud CEROLI

Kinésithérapeute
cadre de Santé
Certifié en thérapie manuelle (MTM)
Formateur en IFMK (CEERRF, EFOM, AP-HP, ENKRE, Reims) et en thérapie manuelle (ITMP)

Damien PHILIPPEAU

Kinésithérapeute
Thérapeute manuel
au Groupe hospitalier Diaconesses
Croix Saint-Simon de Paris
Formateur en formation initiale et en continue à l'ITMP

Gilles BARETTE

Kinésithérapeute
Directeur général
ITMP de Paris

Fabrice BARILLEC

Kinésithérapeute
Directeur technique
ITMP de Paris

Xavier DUFOUR

Kinésithérapeute
Ostéopathe D.O.
Directeur de l'ITMP de Paris

Les auteurs déclarent ne pas avoir un intérêt avec un organisme privé industriel ou commercial en relation avec le sujet présenté

MOTS CLÉS | KEYWORDS

► Cervicalgie ► Kinésiophobie ► Oculo-céphalogyre
► Proprioception ► Reprogrammation

► Neck pain ► Kinesiophobia (fear of movement)
► Eye-head coordination ► Proprioception ► Reprogrammation

L'évaluation objective de la stabilité articulaire et donc de la qualité neuromusculaire du patient est un élément fondamental mais difficile à mettre en place pour le thérapeute. En dehors des tests de laxité articulaire et de quantification de la force musculaire, l'évaluation objective du versant proprioceptif reste complexe et mal définie.

La proprioception signifie littéralement « perception de soi ». En 1906, dans sa description originelle, Sherrington [1] évoque l'existence de récepteurs capables d'enregistrer les transformations internes du corps et de répondre aux stimulations du monde extérieur, par des réactions qui peuvent être corrigées ou renforcées *via* les transformations internes du corps. Les différents messages issus de propriocepteurs des tensions musculaires, du jeu des articulations, des récepteurs cutanés, servent à accompagner la décision ou la volonté de se mouvoir.

Le rachis cervical assure la liaison entre l'extrémité céphalique et le reste du corps. De ce fait, il assure deux grands rôles :

- positionnement de la tête et des organes des sens par rapport au reste du corps et à un espace environnant ;
- protection des structures nerveuses, notamment le diencéphale et la moelle épinière.

La proprioception du rachis cervical est en lien avec l'équilibre car il assure la stabilité de la tête qui contient des éléments importants impliqués dans le contrôle de l'équilibre, à savoir la vue et le vestibule (tab. I).

La rééducation proprioceptive est un concept de traitement rééducatif qui vise à provoquer des réponses motrices à partir de stimulation sensitive et sensorielle ; pour ce faire, elle nécessite au préalable d'avoir obtenu des conditions analytiques favorables notamment dans le domaine de l'amplitude articulaire disponible et de la force musculaire [2].

► Tableau I

Revue rapide de la littérature

Schiepatti M *et al.* Neck muscle fatigue affects postural control in man. *Neuroscience* 2004;128(3):665.

Vaillant JJ. Influence de stimulations nociceptives sur le sens du repositionnement céphalique. *Ann Réadapt Méd Phys* 2008;51:257-62.

Jull G *et al.* Whiplash, headache and neck pain: Research-based directions for physical therapies. Churchill Livingstone, Elsevier, 2008.

PARTICULARITÉS ANATOMO- PHYSIOLOGIQUES DU RACHIS CERVICAL

Comme nous l'avons déjà précisé, l'information proprioceptive du rachis est transmise par les mécano-récepteurs présents dans les structures ligamentaires, les facettes articulaires en particulier postérieures, les disques intervertébraux, les muscles et le système aponévrotique. Leur concentration ainsi que la discrimination de l'information semblent plus importante au niveau du rachis cervical, notamment dans la partie haute.

Une autre particularité réside dans l'importance des muscles rotateurs autour du rachis où l'on retrouve une forte concentration de fuseaux neuromusculaires. La majeure partie des sensations kinesthésiques est transmise par ces récepteurs, surtout dans des positions dites intermédiaires du tronc.

Les mécano-récepteurs articulaires sont activés préférentiellement dans des angles articulaires extrêmes lorsque les structures ligamentaires sont étirées ou que les facettes articulaires se retrouvent en compression. Dans la course moyenne, l'information provient essentiellement des fibres musculaires [3].

Comme dans toutes les structures anatomiques, les capteurs sont situés à différents niveaux et, en résumé, le système nerveux est l'organe de l'équilibre au sens large du terme [4, 5].

■ Au niveau musculaire

Les muscles fléchisseurs sont regroupés en deux plans : un plan superficiel (SCOM et scalènes) et un plan profond (long de la tête et du cou...). Les muscles superficiels induisent une flexion du rachis cervical bas sur le tronc. Les muscles profonds sont responsables de la flexion cranio-cervicale [6].

Les muscles extenseurs sont regroupés en trois parties : une colonne médiale ou profonde, une colonne intermédiaire et une colonne latérale [7].

Les principaux récepteurs, connus de tous, sont situés dans les fuseaux neuromusculaires mais aussi dans la peau, ainsi qu'au niveau des articulations. Ces différents récepteurs envoient des informations au cerveau sur le positionnement du rachis cervical par rapport au tronc. Il semble que ces récepteurs soient plus nombreux au niveau profond [7].

■ Au niveau articulaire

Au niveau des récepteurs articulaires, les études montrent qu'ils jouent un rôle complémentaire aux récepteurs musculaires [8]. Cependant, ils sont peu nombreux au niveau du rachis cervical par rapport aux articulations périphériques [9].

■ Au niveau vestibulaire

Le système vestibulaire est très important pour le rachis cervical. La composante périphérique de ce système détecte les accélérations rotatoires de la tête grâce aux canaux semi-circulaires et les accélérations linéaires de la tête grâce aux saccules et utricules. La perturbation d'un de ses systèmes sensoriels peut altérer la capacité du positionnement et de stabilisation de la tête dans l'espace.

Il faut noter que l'activité des muscles oculomoteurs et des muscles posturaux à travers les réflexes oculo-vestibulaire et vestibulo-spinal est influencée par les récepteurs du vestibule.

Deux autres réflexes ont un rôle important dans le maintien de la tête, à savoir le réflexe vestibulo-collique (stabilise la tête par rapport à l'espace) et le réflexe cervico-collique (stabilise la tête par rapport au tronc) [10].

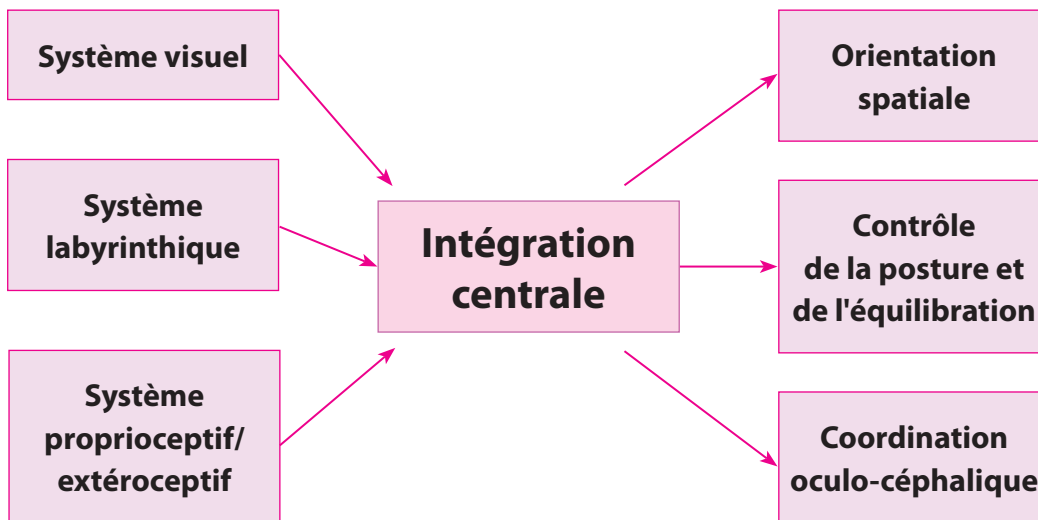
RÔLE DE LA PROPRIOCEPTION DU RACHIS CERVICAL DANS L'ÉQUIPE DE LA POSTURE

En temps normal, la perturbation posturale créée par un mouvement est anticipée par un « stéréotype postural » adapté [11]. Cet ajustement par « anticipation » se surajoute à celui par « compensation » qui consiste en une réaction statique suite à une perturbation constante ou d'évolution lente ou dynamique qui cherche à compenser les effets d'accélération.

Le dysfonctionnement d'une des voies aboutira à des phénomènes de troubles toniques, voire de perturbations des ajustements posturaux [12] (tab. II).

► **Tableau II**

Les systèmes sensori-moteurs



MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA PROPRIOCEPTION DU RACHIS CERVICAL

Cette évaluation comporte deux versants : un versant analytique et un versant fonctionnel.

■ Pour l'évaluation analytique —

La littérature résume généralement l'évaluation analytique du rachis cervical à deux fonctions : le sens de positionnement de la tête et du cou et la détection du mouvement. Ces deux techniques ont montré une très bonne reproductibilité intra et interexamineur au niveau cervical [13, 14].

Revel [15] a proposé un test de mesures de ce sens du repositionnement basé sur un pointeur lumineux fixé à un casque. Le sujet a les yeux fermés et la projection du point lumineux correspond à la position de repos spontanée. Celle-ci est enregistrée par l'examineur.

Après une série de mouvements de rotation cervicale active, le sujet doit essayer de retrouver sa position de repos. L'examineur mesure l'angle entre la position reproduite par le patient et la position de repos, l'amplitude de l'erreur doit être inférieure à 4,5° [16].

Le deuxième mode d'évaluation analytique est le seuil de détection du mouvement. Nous nous

appuyons sur le test de Taylor [17]. On induit un mouvement de rotation passive de la tête à vitesse très lente alors que le tronc est fixé ou bien inversement.

Taylor a mis en évidence que les sujets étaient capables de détecter les mouvements à partir de 1° de déplacement.

■ Pour l'évaluation fonctionnelle —

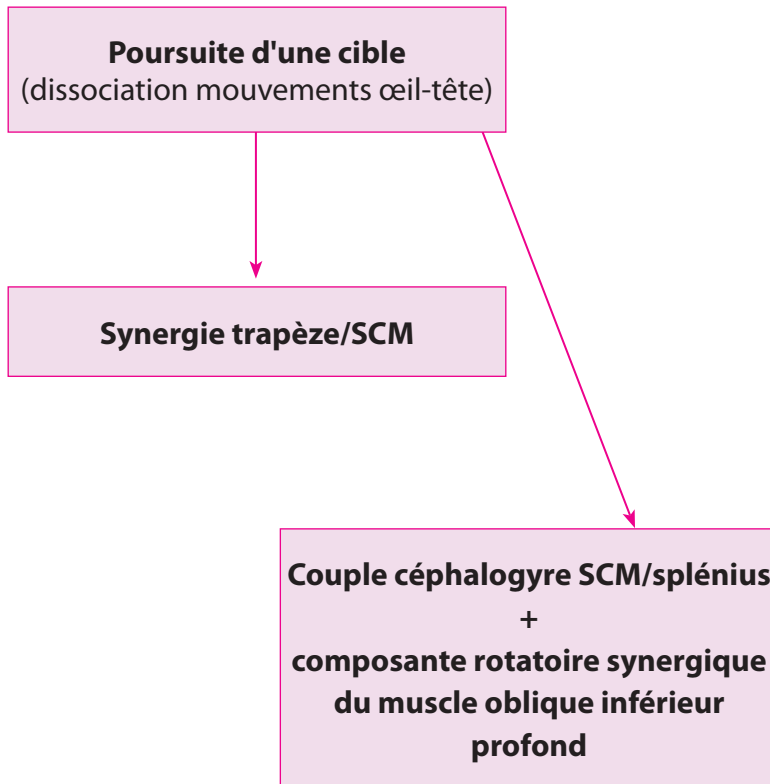
Nous pouvons aussi faire une évaluation fonctionnelle du rachis cervical à travers la notion de stabilité.

Pour Panjabi [18], trois composantes sont impliquées dans cette stabilité :

- une composante purement passive avec les ligaments, les disques et les os ;
- une composante de raideur active liée au recrutement musculaire en position statique ;
- une troisième composante composée par la contraction musculaire réflexe et volontaire.

C'est à travers l'évaluation de cette contraction musculaire réflexe que nous allons rechercher des renseignements sur la qualité des informations proprioceptives. En effet, cette réponse musculaire réflexe est basée sur la perception de la perturbation initiale qui sera traitée à différents niveaux anatomiques.

► **Tableau III**
L'oculo-céphalogyrie



CIRCONSTANCES D'ALTÉRATION DES CAPACITÉS PROPRIOCEPTIVES DU RACHIS CERVICAL

Les causes de l'altération du système du rachis cervical sont classiques :

- **Effet de l'âge sur le sens du positionnement de la tête et du cou** : l'âge ne semble pas être un facteur d'altération de ce sens [19, 20].
- **Effet de la course articulaire sur le sens de positionnement articulaire** : il semble que l'hypermobilité peut conduire à une altération du sens de positionnement. Ceci en lien avec une perturbation de l'information délivrée par le système capsulo-ligamentaire [21-23].
- **Effet de la fatigue musculaire** : les études [8] montrent que la fatigue, notamment du trapèze supérieur, altère le repositionnement de la tête dans le plan sagittal. D'autres études [24] montrent une diminution des performances posturales statiques et dynamiques après la

fatigue des muscles cervicaux. Et des auteurs [25] observent que la vision permet de compenser la perte d'informations proprioceptives à la fatigue musculaire.

- **Effet des conditions pathologiques** : les études sont contradictoires car, pour certains patients seulement, on note une nette altération des capacités de repositionnement dans l'espace de la tête [14, 15, 19].
- **Effet de la douleur** : les études sont contradictoires sur l'effet de la douleur sur le sens de positionnement de la tête et du cou dans l'espace [14, 15, 26, 27].

EFFICACITÉ DES PROGRAMMES DE RÉÉDUCATION PROPRIOCEPTIVE

Certains auteurs [16, 28] préconisent des protocoles de rééducation proprioceptive cervicale chez les patients ayant présenté un « *whiplash* » ou présentant une altération du sens du positionnement de la tête. Ces protocoles insistent sur différents points :

- coordination œil/tête ;
- stabilisation du regard ;
- rééducation de l'oculo-motricité ;
- amélioration du sens de positionnement.

Ces auteurs conseillent la précocité de cette prise en charge. Cette rééducation consiste à suivre le protocole mis au point par Revel (tab. III).

Cette rééducation intègre en premier lieu le travail postural de la tête et du cou. En effet, la plupart de nos patients présentent une protraction de la tête. Pour cela, le patient doit maintenir une lordose cervicale harmonieuse tout au long de ses activités quotidiennes. Par exemple, lors de la position assise un coussin lombaire peut être utilisé.

Ensuite, le travail de l'oculo-céphalogyrie peut être entrepris. Celui-ci comporte trois versants différents :

- premier versant : le patient doit maintenir le regard fixé sur un objet ou un point placé au-dessus de lui. Le rééducateur, placé derrière lui, mobilise son rachis cervical et sa tête enfin d'obtenir un travail automatique et analytique de la

musculature des yeux sans participation active des muscles cervicaux (fig. 1) ;

– deuxième versant : le patient doit suivre, à l'aide d'une lorgnette ou de lunettes fovéales le contour de différentes formes grâce au travail des muscles cervicaux et sans la participation de sa mobilité oculaire (fig. 2) ;

– troisième versant : cette étape privilégie la participation de la musculature cervicale et oculaire en faisant appel au recouplage. Tous les mouvements cervicaux seront associés pour suivre un objet ou le bout des doigts du kinésithérapeute. Des résistances pourront être utilisées (fig. 3a et 3b).

D'autres auteurs [29] préconisent un programme de renforcement musculaire. Ceux-ci évoquent l'hypothèse que le recrutement et l'entraînement en endurance des muscles cervicaux fléchisseurs et extenseurs profonds engendreraient un meilleur équilibre cervicale et de la ceinture scapulaire, et augmenteraient également à la fois la stabilité et la proprioception de la tête et du cou.

Les travaux récents en matière de neurophysiologie menés notamment par Deborah Falla et ses collaborateurs montrent une diminution de la capacité endurente des muscles profonds cervicaux fléchisseurs (*longus colli* et *capiti*) et extenseurs (semi-épineux) qui s'associe en parallèle à une activation exagérée et à une fatigabilité importante des muscles superficiels (SCOM, scapulaires, trapèze supérieur) [30, 31].

D'après ces chercheurs, une stratégie visant à améliorer la performance des muscles cervicaux est efficace notamment si elle est associée à une correction posturale. Ainsi, la synergie des extenseurs profonds inférieurs et des fléchisseurs profonds doit être optimisée notamment dans le cadre du contrôle du port de tête avant en position assise.

L'intensité des exercices visant à solliciter ces différents groupes musculaires peut s'adapter à la symptomatologie des patients ; des charges légères sont utilisables en premier lieu (20 % de la résistance maximale), ce qui, de surcroît, favoriserait la coordination entre muscles superficiels et profonds ainsi que le recrutement accru des fibres profondes. Le plus rapidement possible, des exercices utilisant des charges plus importantes peuvent être exploités.



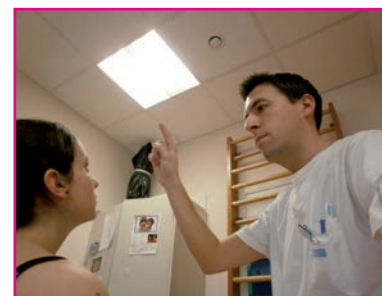
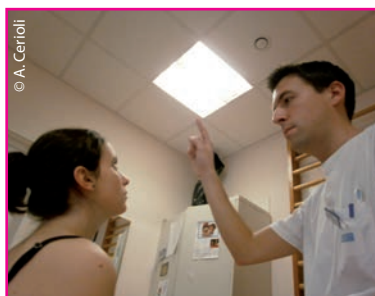
► Figure 1

Travail automatique des yeux sans implication musculaire du rachis cervical



► Figure 2

Travail des muscles cervicaux sans participation oculaire



► Figures 3a et 3b

Recouplage oculo-cervical

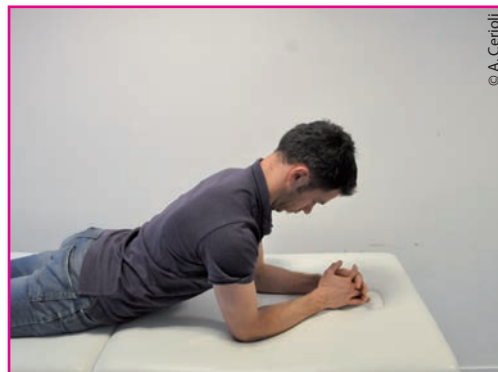
La symptomatologie est respectée dans la progression car l'exacerbation des symptômes semble contre-productive.

L'association de techniques de thérapie manuelle visant à « la libération tissulaire » est recommandée par les auteurs. Ceci inciterait donc à intégrer des exercices sollicitant ces muscles, notamment sur le mode d'endurance, dans les programmes de rééducation dit proprioceptifs du rachis cervical.



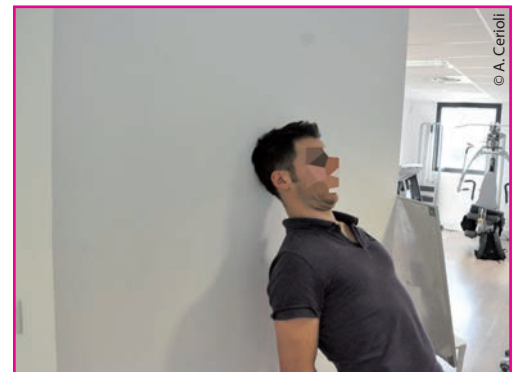
► **Figure 4**

Technique myotensive appliquée à l'élévateur



► **Figure 5**

Sollicitation des extenseurs cervicaux
de la charnière en « double-menton »



► **Figure 6**

Sollicitation des extenseurs profonds
en « double-menton »

LA RÉÉDUCATION

Les différentes techniques utilisées en rééducation pour travailler l'approche neuro-sensitivo-motrice sont :

■ Les techniques de gains de mobilité (fig. 4)

Les mobilisations active et passive, mobilisation spécifique, posture, techniques de contracter-relâcher, et technique de stretching sont toutes utilisées dans le cadre de cette rééducation. Bien évidemment, elles sont à adapter en fonction de l'état clinique et de la douleur du patient [32].

■ Les techniques de recrutement musculaire

La rééducation musculaire analytique est entreprise en appliquant ou non, une résistance

manuelle. Elle est ensuite complétée par des exercices utilisant d'autres types de résistance. Là aussi il faut l'adapter en fonction de l'état clinique du patient. Ces techniques ont pour objectif de préparer à la reprogrammation neuromusculaire [33].

■ Renforcement du plan postérieur profond

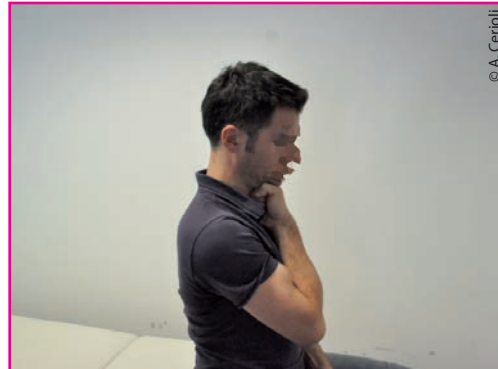
- En position neutre de flexion-extension haute, il est demandé au patient de réaliser des extensions (à partir d'une position de flexion de plus en plus augmentée) centrées sur la charnière cervico-thoracique [31] ; les différents modes de contractions sont utilisés. Le patient peut s'installer en procubitus (sphinx) et en quadrupédie. Une correction du placement scapulaire en actif est associée (fig. 5).

- Debout, tête en appui sur le mur (interposition d'un coussin), pieds avancés (travail statique) d'après [34] (fig. 6).



► **Figure 7**

Sollicitation des fléchisseurs profonds
(associer un « écrasement actif » de la charnière cervico-thoracique)



► **Figure 8**

Sollicitation des fléchisseurs profonds
en « double-menton » résisté

■ Renforcement du plan antérieur profond

- Patient en décubitus dorsal, un petit coussin dépressible placé en arrière de la charnière cervico-thoracique, demander une compression de celui-ci avec la partie basse de la nuque [4] (fig. 7).
- Patient en position assise, rachis cervical inférieur en extension et supérieur en flexion (travail statique et dynamique dans différents secteurs) [4].
- Patient assis, son propre poing interposé entre la partie inférieure de la mandibule et la fourchette sternale, demander de comprimer celui-ci en statique d'après [34] (fig. 8).

Ainsi, les différentes portes d'entrées sont [35] :

- les centres corticaux et sous-corticaux ;
- l'oreille interne ;
- le système auditif ;
- le système visuel ;
- la boucle nucale ;
- les appuis manuels ;
- les déséquilibres extérieurs ;
- la position articulaire ;
- la tension musculaire de départ ;
- l'attitude du sujet ;
- etc.

■ Les techniques d'amélioration de la stabilité

La reprogrammation neuromusculaire consiste à placer le patient dans des positions de déséquilibre en utilisant différents outils instables afin de solliciter les réactions de défense de l'organisme.

Cette technique permet la reprise d'activité précoce, améliore la stabilité et diminue les récives. Cette reprogrammation doit être utilisée le plus précocement possible dans l'atteinte du rachis cervical en fonction de l'indolence des articulations.

Les différents éléments de progression de cette rééducation sont par exemple :

- de l'analytique vers le global puis le fonctionnel ;
- du statique au dynamique ;
- les vitesses des sollicitations sont d'abord lentes, puis progressivement plus rapides ;
- l'intensité des sollicitations va du « faible » à « intense » ;
- la vitesse des mouvements demandés est lente, puis rapide, etc.

Au stade final, le but des exercices est de permettre au patient de contrôler différents types de déséquilibre tout en restant stable au niveau de son rachis cervical.

ÉTAT DE LA LITTÉRATURE EN 2012

Dans une récente revue Cochrane, sur la prise en charge des rachialgies en rééducation, datant de 2011, tous les outils connus utilisables ont été évalués [36]. Mais il n'est pas rapporté d'exercice ou d'appareil qui permet d'améliorer la proprioception du rachis.

Cependant, il nous semble indispensable de proposer cette rééducation pour les patients souffrant du rachis. Même s'il n'y a pas de preuve de l'efficacité, il s'agit de donner au patient des informations sur la

Proprioception du rachis cervical : une approche actualisée

place de sa colonne dans l'espace, sur son fonctionnement et ses capacités de contrôle postural.

Les cervicalgies sont une indication préférentielle car ils souffrent depuis longtemps et ils ont mis en place des schémas protecteurs confinant à la kinésiophobie. L'enjeu sera donc de redonner du mouvement dans une zone douloureuse.

partie intégrante de la stratégie « libérer-maintenir-entretenir » particulièrement indiquée dans la prise en charge des rachialgies.

La reprise de la mobilité basée sur ces techniques s'avère fondamentale malgré le manque de preuves scientifiques avérées. ✘

CONCLUSION

La prise en charge des patients cervicalgies comporte nécessairement un volet basé sur la reprogrammation neuro-sensori-motrice. Elle fait



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Sherrington C. *The integrative action of the nervous system*. New York: Charles Scribner's Sons, 1906.
- [2] Lempereur JJ. Rééducation dite proprioceptive appliquée au rachis cervical traumatique. *Kinésithér Scient* 2003;439:21-7.
- [3] Boyd Clark, Briggs CA, Galea MP. Muscle spindle distribution, morphology, and density in longuscolli and multifidus muscles of the cervical spine. *Spine* 2002 apr;27(7):694-701.
- [4] Masson J. *Cerveau et motricité*. PUF, 1997.
- [5] Bouisset S, Mathon B. *Muscles, posture et mouvement*. Hermann, 1995.
- [6] Armstrong B, McNair P, Taylor D. Head and neck position sense. *Sports Med* 2008;38(2):101-17.
- [7] Amonoo-Kuofi HS. The density of muscle spindles in the medial, intermediate and lateral columns of human intrinsic postvertebral muscles. *J Anat* 1983 may;136:509-19.
- [8] Wong TFY, Chow DHK, Holmes AD, Cheung KMC. The feasibility of repositioning ability as a tool for ergonomic evaluation: Effects of chair back inclination and fatigue on head repositioning. *Ergonomics* 2006 jul;49(9):860-73.
- [9] McLain RF. Mechanoreceptor endings in human cervical facet joints. *Spine* 1994 mar;19(5):495-501.
- [10] Keshner FA, Peterson BW. Mechanisms controlling human head stabilization. In: head-neck dynamics during random rotations in the horizontal plane. *J Neurophysiol* 1995;73(6):2293-301.
- [11] Berthoz A. *Le sens du mouvement*. Éditions Odile Jacob, 1997.
- [12] Orsal D, Richard D. *Neurophysiologie, organisation et fonctionnement du système nerveux*. Éditions Dunod, 2007.
- [13] Haute autorité de santé (HAS). *Masso-kinésithérapie dans les cervicalgies communes et dans le cadre du coup du lapin ou « whiplash »*. Mai 2003.
- [14] Rix GD, Bagust J. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with chronic, non traumatic cervical spine pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82(7):911-9.
- [15] Revel M, Andre-Deshays C, Minguet M. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with cervical pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1991 apr;72(5):288-91.
- [16] Revel M, Minguet M, Gregoy P, Vaillant J, Manuel JL. Changes in cervicocephalic kinesthesia after a proprioceptive rehabilitation program in patients with neck pain: A randomized controlled study. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75(8):895-9.
- [17] Taylor JL, McCloskey DI. Proprioception in the neck. *Exp Brain Res* 1988;70(2):351-60.
- [18] Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord* 1992 Dec;5(4):383-9, discussion: 397.
- [19] Heikkilä H, Åström PG. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with whiplash injury. *Scand J Rehabil Med* 1996 sept;28(3):33-8.
- [20] Sterling M, Jull G, Vicencino B, Kenardy J, Darnell R. Development of motor system dysfunction following whiplash injury. *Pain* 2003 may;103(1-2):65-73.
- [21] Barrack RL, Skinner HB, Cook SD. Proprioception of the knee joint. Paradoxical effect of training. *Am J Phys Med* 1984 aug;63(4):175-81.
- [22] Hall MG, Ferrell WR, Sturrock RD, Hamblen DL, Baxendale RH. The effect of the hypermobility syndrome on knee joint proprioception. *Br J Rheumatol* 1995 feb;34(2):121-5.
- [23] Zuckerman JD, Gallagher MA, Cuomo F, Rokito A. The effect of instability and subsequent anterior shoulder repair on proprioceptive ability. *J Shoulder Elbow Surg* 2003 apr;12(2):105-9.
- [24] Gosselin G, Rassoulian H, Brown I. Effects of neck extensor muscles fatigue on balance. *Clin Biomech* 2004 jun;19(5):473-9.
- [25] Vuillermier N, Pinsault N, Vaillant J. Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: Effects of changes in sensory inputs. *Neurosci Lett* 2005 apr;378(3):135-9.
- [26] Bennel K, Wee E, Crossley K, Stillman B, Hodges P. Effects of experimentally-induced anterior knee pain on knee joint position sense in healthy individuals. *J Orthop Res* 2005;23(1):46-53.
- [27] Matre D, Arendt-Nielsen L, Knardahl S. Effects of localization and intensity of experimental muscle pain on ankle joint proprioception. *Eur J Pain* 2002;6(4):245-60.
- [28] Jull G, Barrett C, Magee R, Ho P. Further clinical clarification of the muscle dysfunction in cervical headache. *Cephalalgia* 1999 apr;19(3):179-85.
- [29] Mansell J, Tierney RA, Sittler MR, Swanik KA, Stearne D. Resistance training and head-neck segment dynamic stabilization in male and female collegiate soccer players. *J Athl Train* 2005 dec;40(4):310-9.
- [30] Jull GA, O'Leary SP, Falla DL. Clinical assessment of the deep cervical flexor muscles: The craniocervical flexion test. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 2008 sept;31(7):525-33.
- [31] Gwendolen A. Jull GA, Shaun P. O'Leary SP, Deborah L. Falla DL, James M. Elliot JM. Muscle dysfunction in cervical spine pain: Implications for assessment and management. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2009;39(5):324-33.
- [32] HAS-ANAES. *Recommandations et références professionnelles. Rééducation de l'entorse externe de la cheville*. Paris : ANAES, 2000.
- [33] Dufour M, Barsi S, Colné P. *Masso-kinésithérapie et thérapies manuelles pratiques - Tomes 1-2-3*. Éditions Elsevier-Masson, 2009-2012.
- [34] Dolto B. *Le corps entre les mains*. Éditions Vuibert, 2006.
- [35] Chanussot JC, Danowski RG. *Rééducation en traumatologie du sport. Membre inférieur et rachis*. 3^e édition. Paris : Masson, 2001.
- [36] Van Middelkoop M, Rubinstein SM, Kuijpers T et al. A systematic review on the effectiveness of physical and rehabilitation interventions for chronic non-specific low back pain. *Eur Spine J* 2011;20(1):19-39.