

Méthode de rééducation motrice par assistance proprioceptive vibratoire *

Partie II. – Restauration de la mobilité articulaire après immobilisation thérapeutique

H. NEIGER (1), J.-C. GILHODES (2), J.-P. ROLL (3)

(1) Moniteur-Cadre en Masso-Kinésithérapie, École de Cadres de Kinésithérapie de Bois-Larris, B.P. 12, F 60260 Lamorlaye.
(2) Assistant à l'Université d'Aix-Marseille 1. (3) Docteur ès Sciences, Maître-Assistant à l'université d'Aix-Marseille 1, Laboratoire de psychophysiologie, ERA 272, C.N.R.S., rue H.-Poincaré, F 13397 Marseille Cedex 13.

Les possibilités d'induire, par vibrations tendineuses, des sensations kinesthésiques ainsi que les réponses motrices associées, utilisées initialement à des fins diagnostiques et thérapeutiques en clinique neurologique, laissent prévoir de nombreuses applications en rééducation. Dans le domaine de la traumatologie, une des applications possibles, les auteurs nous proposent le fruit de la mise en commun de leur expérience scientifique et kinésithérapique.

De part la qualité et l'intérêt de ces travaux, nous ne pouvons que les encourager à poursuivre cette association. Le développement de tels concepts et techniques de rééducation ne peut que promouvoir la profession en augmentant l'éventail des possibilités thérapeutiques. De tels travaux permettent d'affiner le vocabulaire de « reprogrammation neuromotrice » et nous montre qu'il est possible d'intervenir aux différents niveaux des systèmes sensori-moteurs.

Introduction

Les travaux de recherche fondamentale exposés dans l'article précédent montrent que des vibrations mécaniques appliquées au niveau

des tendons musculaires sont susceptibles d'induire, chez l'homme, un message nerveux à dominante proprioceptive musculaire (5, 6, 24), ce message évoque des sensations de mouvement illusoires (10, 22), accompagnées d'activités motrices involontaires cohérentes avec ces sensations (Réponse Vibratoire Antagoniste ou RVA) (21).

La possibilité d'induire, par vibration tendineuse, des sensations kinesthésiques ainsi que les réponses motrices associées, nous amènent à utiliser cette technique pour une rééducation fonctionnelle après immobilisation plâtrée d'une articulation.

En effet, l'immobilisation plâtrée, consécutive à un traumatisme ostéo-articulaire, entraîne des troubles de la mobilisation articulaire qui se révèlent après l'ablation du plâtre. Nous avons émis l'hypothèse que la diminution de la mobilité articulaire n'est pas exclusivement due à des troubles périphériques mais qu'elle pourrait être également liée, en partie du moins, à la mise au repos artificielle, durant la phase d'immobilisation, d'un complexe sensori-moteur incluant à la fois les systèmes neuro-sensoriels périphériques et les centres nerveux supérieurs impliqués dans la programmation et la perception du mouvement (21, 23).

Les facteurs périphériques d'enraidissement articulaire classiquement invoqués sont, à l'exception d'une éventuelle butée osseuse, la détérioration des plans de glissement synoviaux,

* Ce travail a été soutenu par la DGRST (Génie Biologique et Médical). Décision d'Aide n° 79.7.1391, 1979.

Tirés à part : H. NEIGER, à l'adresse ci-dessus.

capsulo-ligamentaires, musculaires et cartilagineux, ainsi que la diminution de l'extensibilité des éléments musculaires (1, 25, 29). On peut cependant envisager qu'une partie des troubles de la mobilité articulaire puissent être attribués à un déficit des systèmes neuro-moteurs. Ce

déficit de programmation centrale du mouvement découlerait du non-usage de l'articulation, imposé par l'immobilisation, avec pour corollaire la mise en « sommeil », la désorganisation fonctionnelle des structures nerveuses supérieures chargées de l'initiation et de la com-

TABLEAU I – État des pathologies et résultats des différents tests pour chacun des sujets appartenant au groupe « Vibré » (V) et au groupe « Contrôle » (C).

Sujets	Pathologies	Temps d'immobilisation en jours (TI)	Flexion active du genou au premier jour (J1)	Flexion active du genou au cinquième jour (J5)	Flexion active du genou au 30 ^e jour ou en fin de traitement (JF)
V1	Entorse grave genou droit	49	40°	70°	115°
V2	Entorse moyenne genou gauche	45	40°	135°	140°
V3	Entorse moyenne genou droit	52	35°	65°	140°
V4	Entorse moyenne genou droit	35	30°	80°	140°
V5	Fracture des 2 os de la jambe droite	75	50°	125°	140°
V6	Entorse grave genou gauche	52	35°	70°	120°
V7	Hémarthrose genou gauche (50 cc puis 60 cc)	35	65°	123°	140°
V8	Fracture des 2 os de la jambe gauche	85	60°	90°	140°
V9	Fracture fermée de la jambe droite	130	40°	85°	125°
C1	Ostéotomie de valgisation tibiale droite	53	75°	130°	140°
C2	Entorse moyenne genou gauche	43	45°	100°	115°
C3	Entorse moyenne genou droit	47	30°	50°	110°
C4	Fracture des 2 os de la jambe gauche	70	50°	65°	125°
C5	Fracture ouverte des 2 os de la jambe gauche	278	35°	45°	102°
C6	Fracture du tibia droit	40	65°	120°	140°
C7	Entorse grave du genou droit	56	37°	55°	105°
C8	Entorse grave du genou droit	45	37°	65°	112°
C9	Arrachement de la surface rétro-spinale du tibia droit	50	60°	87°	120°
C10	Subluxation de rotule et ménisectomie	45	30°	55°	95°

mande du mouvement.

Cette désorganisation serait liée à la diminution importante du flux des signaux réafférents, notamment ceux d'origine propriomusculaire. Sur cette base, la stimulation vibratoire tendineuse sélective, induisant des sensations de mouvement et des activités musculaires involontaires, nous a semblé constituer un moyen efficace de rééducation visant à la réactivation des boucles sensori-motrices mises artificiellement au repos. Ces considérations générales sont à l'origine d'un travail expérimental visant à établir l'efficacité thérapeutique des stimulations tendineuses vibratoires dans les cas d'ankylose articulaire.

Méthode et matériel

Notre étude porte sur 19 patients suivis dans le Service de Traumatologie* du CHRU de Grenoble. Ces patients présentent tous une pathologie qui a nécessité une immobilisation plâtrée du genou. Cette population est divisée en deux groupes (tableau I) :

a) le groupe « Contrôle » (C) comprend 10 sujets répartis en six hommes et quatre femmes dont l'âge varie entre 15 et 47 ans. Cinq patients ont une entorse du genou de gravité moyenne, quatre une fracture de la jambe et un, une subluxation de la rotule. Ces patients sont rééduqués par un masseur kinésithérapeute proche de leur domicile, selon les techniques classiques de rééducation ;

b) le groupe « Vibré » (V) regroupe neuf sujets comprenant cinq hommes et quatre femmes, l'âge varie de 15 à 36 ans. Six de ces sujets ont une entorse du genou de gravité moyenne et trois une fracture de jambe. Ces patients sont proches du centre hospitalier où ils suivent leur traitement de rééducation qui comporte des Stimulations Tendineuses Vibratoires (STV).

Chaque patient quel que soit le groupe auquel il appartient a une prescription médicale de quinze séances de rééducation, réparties sur trente jours à partir de la date d'ablation du plâtre, notée J1.

Les vibrations sont délivrées à l'aide d'un vibreur électromagnétique (Ling Dynamic System, type 201) équipé d'une tête de percussion en téflon. Le vibreur est commandé par un générateur de signaux sinusoïdaux. La fréquence utilisée est de 70 Hz et l'amplitude des vibrations est comprise entre 0,2 mm et 0,5 mm.

Le vibreur est appliqué manuellement par le physiothérapeute sur le tendon, perpendiculairement à celui-ci. La force d'application est modérée (500 à 780 g).

L'organisation des séances de rééducation des patients

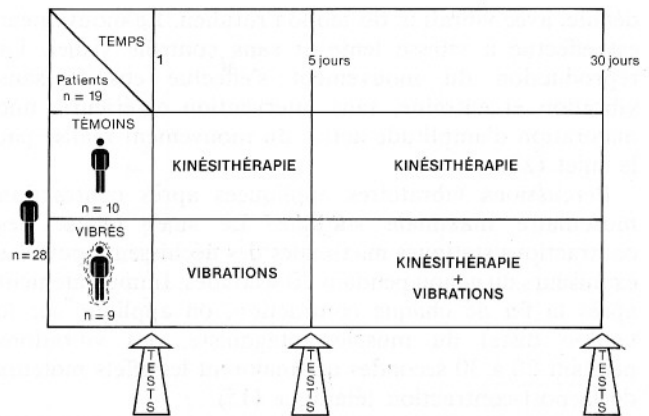


FIG. 1. – 2 groupes de malades ayant eu un genou immobilisé au moins 6 semaines bénéficient, à l'ablation du plâtre, d'une prescription de 15 séances de rééducation, pour une durée de 30 jours.

Tous les sujets sont soumis à des bilans identiques à J.1, J.5 et J.30.

appartenant au groupe « Vibré » se fait en deux périodes : du premier au 5^e jour (J1-J5, période 1) et du 5^e au 30^e jour, ou avant si le sujet est totalement guéri (J5-JF, période 2) (fig. 1).

a) *Période 1* : Les 5 premières séances se font chaque jour dès l'ablation du plâtre. Ces séances durent 20 minutes et comportent exclusivement des stimulations tendineuses vibratoires. Chaque patient est installé confortablement dans un fauteuil, en état de relâchement musculaire, les yeux fermés. Le genou est maintenu, sujet passif, dans la position où il se trouvait dans le plâtre. Les STV sont appliquées au niveau du tendon rotulien et induisent des sensations de flexion du genou. On demande au sujet de décrire oralement les sensations kinesthésiques ressenties pendant tout le temps de l'application qui dure en moyenne 20 secondes. L'application est interrompue dès que cesse la sensation kinesthésique. Puis, rapidement, afin d'augmenter les effets décrits, nous mobilisons passivement le genou en flexion, à très faible vitesse, pendant l'application de la vibration sur le tendon rotulien. Dès que cesse la perception de flexion, nous appliquons les vibrations sur les tendons ischio-jambiers en mobilisant passivement le genou en extension.

Ces séquences sont répétées alternativement plusieurs fois en cherchant à obtenir des flexions-extensions maximales du genou sans jamais atteindre le seuil douloureux.

b) *Période 2* : Pendant les séances restantes, les séquences d'applications de vibrations tendineuses sont complétées par des techniques classiques de rééducation adaptées à chaque sujet. Chaque séance est répétée deux à trois fois par semaine pendant une durée de vingt-cinq minutes et comporte, outre la technique des STV précédemment décrite, deux autres modes d'application :

Reproduction sans vibration d'un mouvement mono-articulaire appris avec vibrations. Le patient apprend un mouvement actif de flexion du genou d'une amplitude

* Service d'Orthopédie-Traumatologie (Pr Butel J.), Les Salons, école de Kinésithérapie de Grenoble (F. Plas).

définie, avec vibration du tendon rotulien. Le mouvement est effectué à vitesse lente et sans contrôle visuel. La reproduction du mouvement s'effectue ensuite sans vibration et entraîne, sans intervention extérieure, une majoration d'amplitude active du mouvement réalisé par le sujet (23).

Percussions vibratoires appliquées après contraction musculaire maximale statique. Le sujet réalise des contractions statiques maximales des fléchisseurs puis des extenseurs du genou pendant 20 secondes. Immédiatement après la fin de chaque contraction, on applique sur le tendon distal du muscle antagoniste, des vibrations pendant 20 à 30 secondes qui majorent les effets moteurs de la post-contraction tétanique (15).

Chacune de ces deux séquences dure une à deux minutes et se répète plusieurs fois au cours de la séance de traitement.

Les différents paramètres cliniques mesurés sont :

- l'amplitude de flexion active du genou mesurée en degrés à l'aide d'un goniomètre ;
- la qualité de marche de chaque patient en appui total et sans aide, mesurée suivant le barème ci-dessous (20) :
 - 0 : marche impossible sans aide,
 - 1 : boiterie à la limite de la chute,
 - 2 : boiterie nettement visible, perturbant la marche qui reste stable,
 - 3 : boiterie minime appréciable par un spécialiste seulement,
 - 4 : marche normale ;
- le nombre de séances de rééducation effectuées (S) et le temps de traitement (T) pour chaque sujet ;
- les impressions subjectives des patients, suscitées par la rééducation.

La mesure de ces différents paramètres est effectuée par un seul et même rééducateur :

- immédiatement après l'ablation du plâtre (J1) ;
- au cinquième jour après l'ablation du plâtre (J5) ;
- au trentième jour après l'ablation du plâtre ou avant si le sujet est guéri (JF).

Résultats

L'application de stimulations vibratoires pendant les cinq premiers jours qui suivent l'ablation du plâtre entraîne une augmentation significative de l'amplitude maximale de flexion active du genou. Cette amélioration se maintient pendant le traitement et en diminue la durée.

La récupération de la fonction de marche est également améliorée. Les appréciations subjectives des patients à propos de cette méthode de rééducation soulignent, pour l'essentiel, le confort de la méthode contrastant avec certains

désagréments liés à diverses manœuvres de rééducation traditionnelle.

MOBILITÉ ARTICULAIRE

La figure 2 compare les gains moyens de flexion du genou obtenus chez les 9 sujets rééduqués par vibration (V) et chez les 10 sujets rééduqués de manière conventionnelle (C). Dès le 5^e jour d'application des STV, on note une amélioration importante du gain moyen d'amplitude angulaire (50°) dans le groupe des patients traités par vibration. Dans le groupe contrôle, cette augmentation est moins importante (moyenne 30°). La différence des gains articulaires moyens entre les deux groupes (20°) est statistiquement significative (limite de confiance des moyennes calculées à .05) ; cette différence se retrouve lors du dernier bilan (JF) où le gain d'amplitude de la mobilité articulaire est en moyenne de 90° pour le groupe « Vibré » et seulement de 70° pour le groupe « Contrôle ».

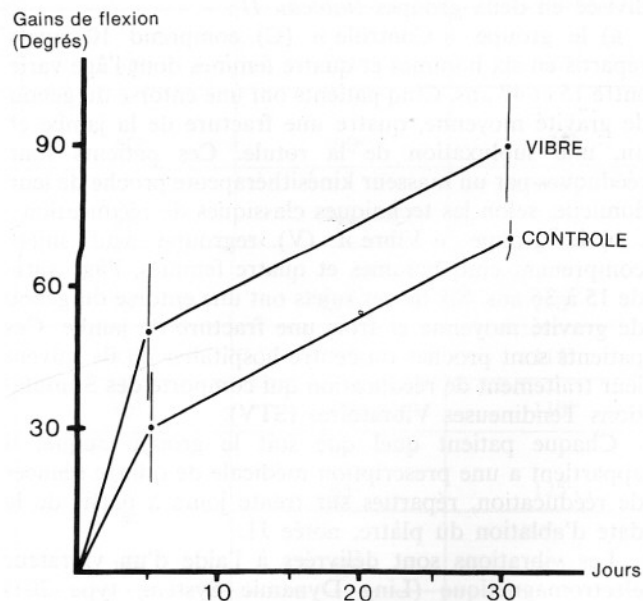


FIG. 2. - Comparaison des gains de flexion active du genou entre les patients des groupes « Vibré » et « Contrôle ».

En ordonnées : Gain de l'amplitude angulaire active de l'articulation du genou, en degrés.

En abscisses : Temps en jour, la date zéro est celle de l'ablation du plâtre.

Groupe « Contrôle » : Résultats moyens obtenus pour 10 patients.

Groupe « Vibré » : Résultats moyens obtenus pour 9 patients.

Les traits verticaux représentent les limites de confiance des moyennes calculées à .05.

QUALITÉ DE MARCHÉ

L'amélioration de la qualité de marche est de décours différent pour les deux groupes de patients. La figure 3 exprime l'évolution de cette fonction par rapport au temps de traitement, à partir de l'ablation du plâtre. D'une manière générale, l'amélioration de la marche et de la mobilité articulaire active évoluent parallèlement en fonction du temps.

Dès le 5^e jour de rééducation apparaît une nette différence entre les groupes « Vibré » et « Contrôle », en ce qui concerne les gains de la fonction locomotrice. Cette différence existe encore lors des derniers tests (JF). Ceux-ci sont effectués en moyenne à 27 jours pour le groupe expérimental et à 30 jours pour le groupe témoin.

Les histogrammes de la figure 4 décrivent pour le groupe « Vibré » (V) et pour le groupe « Contrôle » (C) cette même évolution de la qualité de marche, les sujets étant testés à J1, J5 et JF. On note pour les sujets vibrés un déplacement continu de la moyenne vers les valeurs élevées de la fonction de marche et une faible dispersion. Pour les sujets du groupe

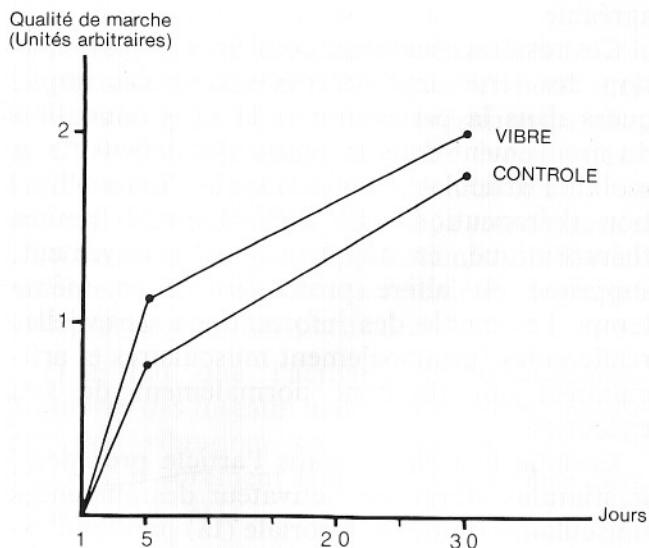


FIG. 3. — Comparaison de l'amélioration de la qualité de la marche en fonction du temps de rééducation.

Groupe « Vibré » : Groupe de patients ayant été traités par application de stimulations tendineuses vibratoires (STV).

Groupe « Contrôle » : Groupe de patients « Contrôle » ayant bénéficié d'une rééducation conventionnelle.

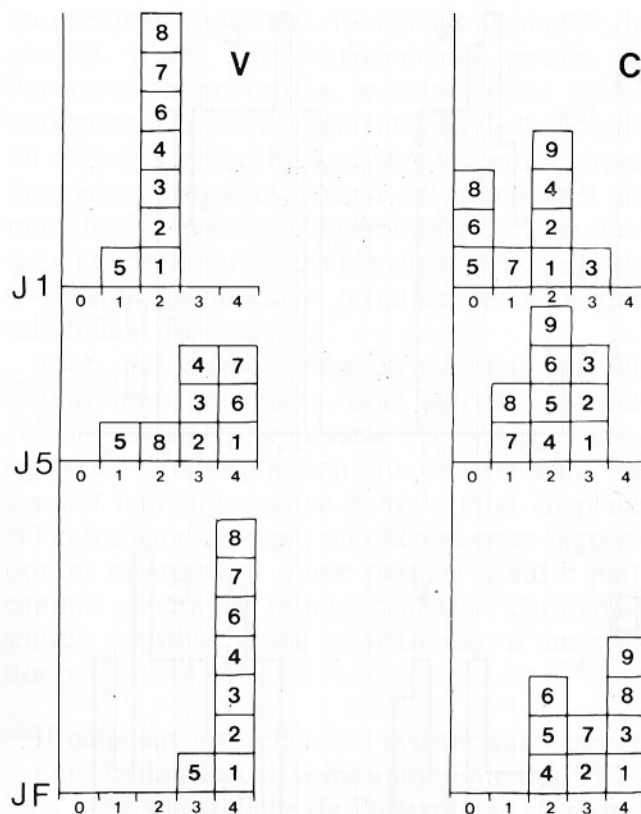


FIG. 4. — Évolution de la qualité de la marche en fonction du temps de rééducation (J1, J5, JF).

V. Groupe de patients ayant été traités par l'application de stimulations tendineuses vibratoires (STV).

C. Groupe de patients « Contrôle » ayant eu une rééducation conventionnelle.

J1 : jour de l'ablation du plâtre

J5 : 5^e jour de rééducation

JF : jour de la fin du traitement de masso-kinésithérapie.

Les chiffres spécifient les différents patients de chaque groupe (Cf. tableau I).

En abscisses : Quotation de la fonction de marche (0 à 4).

contrôle, on constate une amélioration moins rapide et moins complète de la qualité de marche.

NOMBRE DE SÉANCES DE RÉÉDUCATION ET DURÉE DU TRAITEMENT

La durée du traitement et le nombre total de séances de rééducation sont inférieurs pour les sujets appartenant au groupe « Vibré » par rapport à ceux du groupe « Contrôle », conséquence immédiate des améliorations décrites ci-dessus.

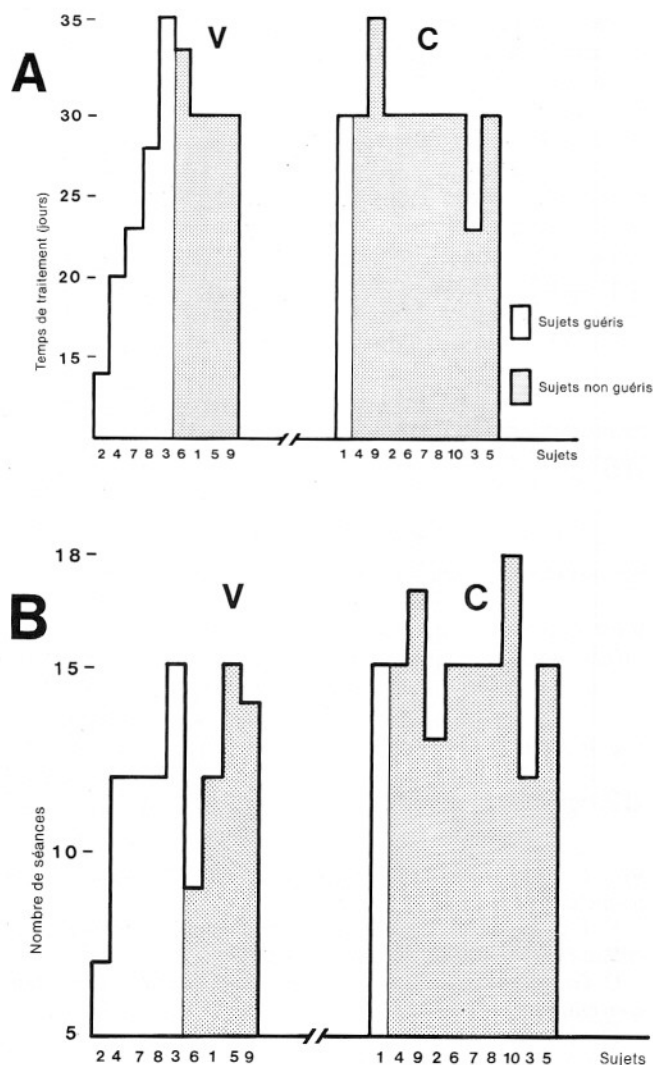


FIG. 5. - Durée du traitement (A) et nombre de séances de rééducation (B) pour les deux groupes de patients.

V. Groupe « Vibré »

C. Groupe « Contrôle ».

Les chiffres portés en abscisses des histogrammes spécifient les différents sujets.

Les histogrammes de la figure 5B font apparaître que 4 des sujets vibrés guéris ont eu seulement 12 séances de rééducation ou moins. On peut remarquer par ailleurs que 2 des sujets vibrés, non guéris à JF, ont eu peu de séances de rééducation, l'un s'estimant guéri au 19^e jour, l'autre s'étant absenté une semaine. Au contraire, le seul sujet guéri du groupe contrôle a eu 15 séances de rééducation en 30 jours, les autres patients non guéris de ce même groupe ont bénéficié pour 7 d'entre eux de 15 séances de rééducation ou plus.

APPRÉCIATIONS SUBJECTIVES DES PATIENTS

L'application de stimulations tendineuses vibratoires est ressentie d'emblée par les sujets comme un mode thérapeutique agréable et totalement indolore, même lorsque la percussion tendineuse se fait à proximité du foyer lésionnel.

De nombreux sujets signalent spontanément les effets antalgiques de ces vibrations.

Certains patients remarquent que les résultats fonctionnels obtenus suivent les perceptions kinesthésiques ressenties lors des séances d'application vibratoire précédentes.

Discussion et perspectives

Nos résultats montrent, pour l'essentiel, que l'application de vibrations dès l'ablation du plâtre :

- accroît l'amplitude maximale possible de flexion active du genou,
- améliore parallèlement la qualité de la marche,
- réduit la durée totale et le nombre de séances de rééducation, enfin que ce mode d'intervention est spontanément reconnu par les patients comme étant totalement indolore, voire agréable.

Ces résultats semblent confirmer la participation des structures nerveuses centrales impliquées dans la perception et la programmation du mouvement dans la genèse des déficits de la mobilité articulaire consécutive à l'immobilisation thérapeutique. En effet, l'immobilisation thérapeutique, en supprimant le mouvement, supprime ou altère profondément en même temps l'ensemble des informations sensorielles réafférentes (principalement musculaires et articulaires) qui résultent normalement de son exécution.

Comme il a été vu dans l'article précédent, le stimulus vibratoire, activateur des afférences musculaires d'origine fusoriale (Ia) permet d'accéder expérimentalement aux structures nerveuses supérieures impliquées dans la perception consciente du mouvement d'une part, et celles impliquées dans la commande de celui-ci d'autre part. Ce stimulus utilisé dans des conditions méthodologiques définies évoque en effet des

activités perceptives (illusions de mouvement) et des activités motrices associées (RVA). La réactivation de cette boucle sensori-motrice par l'application de vibrations tendineuses permet d'expliquer les gains observés en rééducation, et laisse penser que les troubles d'origine périphérique n'interviennent pas de façon exclusive dans l'apparition de l'ankylose articulaire.

Il faut noter de ce point de vue que l'essentiel des améliorations est obtenu dans la période des cinq premiers jours qui suivent l'ablation du plâtre et que durant cette période les patients du groupe « Vibré » *n'ont bénéficié d'aucune technique de rééducation classique*. Le parallélisme observé entre les 2 populations de sujets durant la 2^e période (comprise entre les 2^e et 3^e tests), pendant laquelle les sujets vibrés ont bénéficié de l'association STV/rééducation classique, semble montrer que l'intérêt porté aux facteurs mécaniques d'ordre périphérique ne doit pas être négligé.

La méthodologie thérapeutique utilisée a consisté à adjoindre aux vibrations tendineuses un mouvement passif très lent de l'articulation qui était immobilisée. Cette mobilisation passive lente a pour conséquence d'étirer progressivement le muscle vibré et d'accroître considérablement la vitesse et donc l'amplitude du mouvement perçu par le patient (21).

Ce résultat semble pouvoir être discuté soit en termes d'intervention des afférences articulaires activées lors de la mobilisation passive, en plus des afférences fusoriales évoquées par la vibration, soit en termes d'accroissement du message afférent fusorial lors de la surimposition d'un déplacement passif de l'articulation. Divers arguments nous incitent à retenir la deuxième interprétation, et en particulier :

1) le fait que l'activité des terminaisons primaires des fuseaux neuromusculaires, induite par une vibration, soit relevée lorsque l'on impose un étirement lent au muscle vibré chez l'homme (5, 9) ;

2) la possibilité d'induire des sensations illusoire de mouvement, et d'en accroître la vitesse par le déplacement lent de l'articulation concernée, chez des sujets qui ont subi un remplacement complet (prothèse) d'une articulation (23). Les modifications de la vitesse des sensations de

mouvement constatées lors d'allongements du muscle vibré, par déplacements passifs de l'articulation proximale, semblent donc essentiellement liées à une augmentation de l'efficacité du stimulus vibratoire à exciter les terminaisons fusoriales primaires. Ainsi la manœuvre de mobilisation passive concomitante de l'application des vibrations accroît la capacité de celles-ci à générer un message proprioceptif d'origine musculaire fusoriale.

Dans la même perspective, l'épreuve de Kohnstamm comporte une activité motrice volontaire faisant intervenir les systèmes centraux de programmation du mouvement ; on connaît leur importance pour la mise en place et l'entretien d'un rapport cohérent entre perception et mouvement d'une part, et d'autre part comme générateur d'une décharge corollaire, source possible d'une « sensation d'innervation » (11, 12, 27).

Il convient par ailleurs d'insister sur l'aspect « non douloureux » voire antalgique des STV. Bien qu'il soit difficile de l'interpréter en terme neurophysiologique, il nous paraît constituer un facteur important dans l'efficacité de la méthode.

On peut évoquer à ce sujet les phénomènes périphériques de masquage de l'information afférente par l'activation à haute fréquence des récepteurs tactiles superficiels et profonds (26, 14, 13, 28) ou la théorie classique du « gate control » central (18, 19). Cette propriété crée des conditions très favorables de progression et de confort de la rééducation ; ceci plaide en faveur du maintien de l'utilisation des STV durant la 2^e période de traitement (J5 à JF).

Par ailleurs, ces résultats amènent à envisager d'intervenir précocement *pendant* la période d'immobilisation thérapeutique, c'est-à-dire pendant la phase post-traumatique précoce. Il est en effet possible de formuler l'hypothèse selon laquelle l'application de STV, très tôt après le traumatisme, maintiendrait au moins partiellement, l'activité des structures sensori-motrices périphériques et centrales pendant la période d'immobilisation plâtrée. Par l'application de vibrations grâce à des fenêtres aménagées dans le plâtre par les chirurgiens, on peut espérer maintenir :

- les flux sensoriels réafférents d'origine musculaire ;
- l'activité des structures nerveuses centrales impliquées dans la perception et la programmation du mouvement ;
- l'activation des appareils neuromusculaires périphériques d'exécution.

Un tel entretien des activités neuromotrices par STV devrait conduire à une réduction importante des séquelles articulaires liées au non-usage. Les résultats cliniques préliminaires obtenus sont très encourageants et l'expérimentation se poursuit actuellement.

Au-delà du cas particulier de la rééducation après immobilisation plâtrée, les Stimulations Tendineuses Vibratoires, par leurs capacités à activer des structures nerveuses dont elles simulent l'activité naturelle, doivent trouver d'autres terrains d'application, notamment face aux affections neurologiques d'origine centrale et/ou périphérique (3).

Pour terminer, nous soulignerons l'importance démontrée ces dernières années de la proprioception musculaire dans l'élaboration chez l'Homme du sens du mouvement et de la position, et, au-delà, dans les processus de représentation que nous avons de notre corps immobile ou en mouvement (notion de schéma corporel, d'image du corps...) (10, 16, 17, 23).

En ce sens, l'immobilisation thérapeutique, en supprimant temporairement le mouvement, supprime en même temps l'ensemble des informations sensorielles réafférentes qui résultent normalement de son exécution ; dans une telle perspective, cette immobilisation constitue une véritable « *déafférentation fonctionnelle* » susceptible de désorganiser les systèmes sensori-moteurs d'un point de vue fonctionnel d'une part, mais peut-être aussi d'un point de vue neurobiologique (régressions synaptiques, « ré-innervation fonctionnelle », restabilisations synaptiques) (7, 8).

Dans le cadre de cette hypothèse, il est possible d'envisager que l'immobilisation thérapeutique, par ses effets structuraux au niveau des structures nerveuses centrales, puisse être à l'origine de troubles de type trophiques liés à l'appauvrissement de l'activité nerveuse des systèmes neuro-sensoriels périphériques qu'elle

impose. C'est ainsi que la méthode de rééducation par Vibrations Tendineuses Vibratoires, que nous développons, parce qu'elle entretient artificiellement les activités sensori-motrices en l'absence du mouvement, nous semble constituer un moyen nouveau et efficace de rééducation.

REMERCIEMENTS. – Les auteurs remercient le Professeur M. Hugon pour son intérêt constant tout au long de ce travail et pour la lecture critique du manuscrit.

Références

1. BARDOT A. – Rééducation en traumatologie, physiopathologie générale et principes de thérapeutique. In : *Médecine de rééducation*, Grossiord, A. et Held, J.P. (Eds), Flammarion, Paris, 1981.
2. BISHOP B. – Vibratory stimulation, Part I : Neurophysiology of motor responses evoked by vibratory stimulation. *Physical Therapy*, 1974, 54, 1273-1282.
3. BISHOP B. – Vibratory stimulation, Part II, Vibratory stimulation as an evaluation tool. *Physical Therapy*, 1975, 55, 28-34.
4. BISHOP B. – Vibratory stimulation, Part III : Possible applications of vibration in treatment of motordysfunctions. *Physical Therapy*, 1975, 55, 139-143.
5. BURKE D., HAGBARTH K.E., LOFSTEDT L., WALLIN G. – The responses of human muscle spindle endings to vibration during isometric contraction. *J. Physiol.*, 1976, 261, 695-711.
6. BURKE D., HAGBARTH K.E., LOFSTEDT L., WALLIN G. – The responses of human muscle spindle endings to vibration of non contracting muscles. *J. Physiol.*, 1976, 261, 673-695.
7. CHANGEUX J.P., COURREGÉ P., DANCHIN A. – A theory of the epigenesis of neural networks by selective stabilization of synapses. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)*, 1973, 70, 2974-2978.
8. CHANGEUX J.P. – The Selective stabilization of synapses : a plausible mechanism for the epigenesis of neuronal networks. *C. R. Hommage à H. Hecquen*, E.H.E.S.S., Marseille, 1982.
9. EMONET-DENAND F., LAPORTE Y., TRISTANT A. – Effects of slow muscle stretch on the responses of primary and secondary endings to small amplitude periodic stretches in de-afferented soleus muscle spindles. *Brain Res.*, 1980, 191, 551-554.
10. GOODWIN G.M., MC CLOSKEY D.I., MATTHEWS P.B.C. – The contribution of muscle afferents to kinaesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of paralysing joint afferents. *Brain*, 1972, 95, 705-748.
11. HELMHOLTZ H. – *Helmholtz's treatise on physiological optics* (3rd Ed.). J.P.C. Southall (Ed.), Menasha, Wisconsin, Optical Society of America, 3, 1925.
12. HOLST E., (von), MITTELSTAEDT H. – Das Reafferenzprinzip (Wechselwirkungen zwischen Zentralnervensystem und Peripherie). *Naturwissenschaft*, 1950, 37, 464-476.

13. JOHANSSON R.S., VALLBO A.B. – Spatial properties of the population of mechano-receptive units in glabrous skin of the human hand. *Brain Res*, 1980, 184, 353-366.
14. KNIBESTOL M. – Stimulus response functions of slowly adapting mechanoreceptors in the human glabrous skin area. *J. Physiol.*, 1975, 245, 63-80.
15. KOHNSTAMM V.O. – Demonstration einer Katatonieartigen Erscheinung beim Gesunden (Katatonusversuch). *Fol. Neurobiologica*, 1913.
16. MC CLOSKEY D.I. – Kinesthetic sensibility. *Physiol. Rev.* 1978, 58, 763-820.
17. MATTHEWS P.B.C. – Evolving views on the internal operation and functional role of the muscle spindle. *J. Physiol.* 1981, 320, 1-30.
18. MELZACK R., WALL P.D. – Pain mechanism : a new theory. *Science*, 1965, 150, 971-979.
19. MELZACK R., DENIS S.G. – Neurophysiological foundations of pain. In : *The Psychology of pain*, Sternbach (Ed.), Raven Press, New York, 1978.
20. NEIGER H. – Stimulations mécaniques vibratoires : applications à la rééducation en traumatologie du membre inférieur après immobilisation plâtrée. *Mémoire*, Ecole de Cadres de Masso-Kinésithérapie Bois-Larris, 1979.
21. ROLL J.P., GILHODES J.C., TARDY-GERVET M.F. – Effets perceptifs et moteurs des vibrations musculaires chez l'homme normal. Mise en évidence d'une réponse des muscles antagonistes. *Arch. It. Biol.* 1980, 118, 51-71.
22. ROLL J.P., VEDEL J.P. – Contribution des afférences fusoriales au codage du mouvement et des positions : approche neurographique chez l'homme. *J. Physiol. (Paris)*, 1980, 78, 60A.
23. ROLL J.P. – Contribution de la proprioception musculaire à la perception et au contrôle du mouvement chez l'homme. *Thèse de Doctorat ès-Sciences*, Marseille, 1981, pp. 194.
24. ROLL J.P., VEDEL J.P. – Kinaesthetic role of muscle afferents in man, studied by tendon vibration and microneurography. *Exp. Brain Res.* (In Press), 1982.
25. TABARY J.C., TARDIEU C., TARDIEU G., TABARY C. – Parts respectives des modifications musculaires dans l'adaptation du muscle à une longueur donnée. *C.R. du V^e Congrès de Biomécanique*, Bordeaux, 1980.
26. TALBOT W.H., DARIAN-SMITH I., KORNHUBER H.H., MOUNTCASTLE V.B. – The sense of flutter-vibration : comparison of the human capacity with response patterns of mechano-receptive afferents from the monkey hand. *J. Neurophysiol.* 1968, 31, 301-334.
27. TEUBER H.L. – Perception et mouvement. Aspects neurophysiologiques et psycho-physiologiques. In : *Neuropsychologie de la perception visuelle*, H. Hecaen (Ed.), Masson, Paris, 1972, 187-221.
28. VEDEL J.P., ROLL J.P. – Muscle spindle contribution to the coding of motor activity in man. *Exp. Brain Res.* (In press), 1983.
29. VIEL E., BLANC Y. – Examen systématique des causes de douleur et de limitation autour d'une articulation. *Ann. Kinésithér.*, 1978, 5, 251-265.