

ENTRE LE TOUT RENFORCEMENT ET LE TOUT ETIREMENT, EXISTE-T-IL UNE AUTRE VOIE ?

Christian CALLENS*

Les attitudes vicieuses occasionnées par des déficits moteurs d'origine neuro-musculaire¹ sont bien connues. D'autres dysmorphismes, se manifestant en l'absence de déficits neuro-musculaires évidents sont souvent attribués à une rupture de l'équilibre tonique entre muscles agonistes et muscles antagonistes.

LE TOUT RENFORCEMENT

Il paraissait logique de renforcer les muscles les moins toniques. Cette hypothèse est à l'origine d'une grande partie des techniques rééducatives. Ce n'est que depuis une dizaine d'années que des techniques d'étirement y ont été associées².

L'hypothèse du déséquilibre tonique secondaire à un certain relâchement musculaire ne trouve cependant aucune justification scientifique et échappe aux investigations électrophysiologiques. Au repos, debout, l'activité électromyographique des muscles du tonus postural est minime, voire nulle (fig. 1).

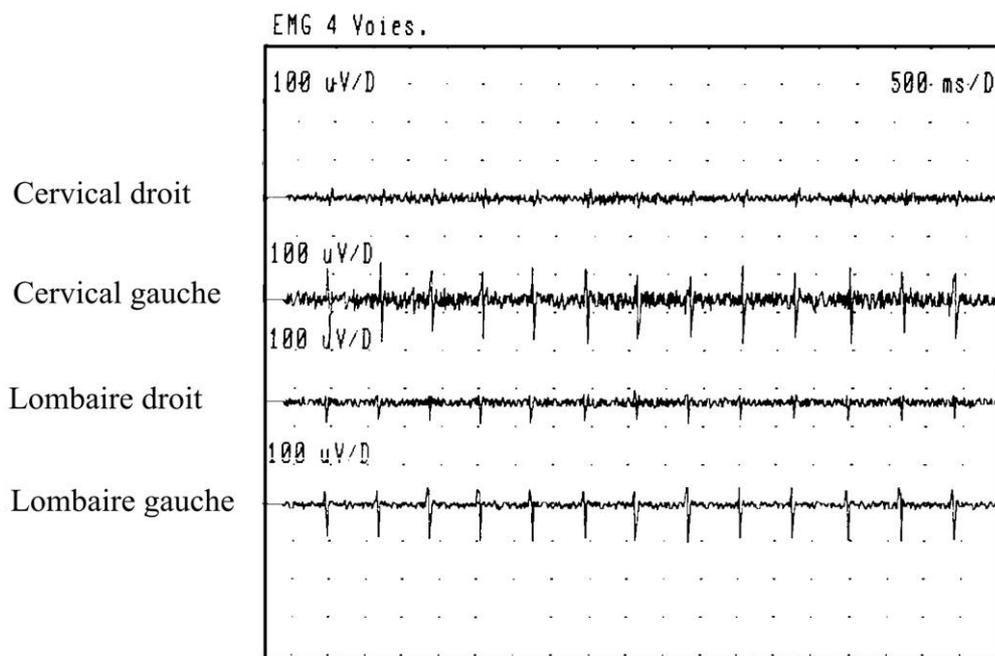


Fig. 1: Enregistrement de l'activité électromyographique au niveau du rachis, debout au repos

Nous ne disposons donc d'aucun argument pour pouvoir attribuer les troubles de la statique à une éventuelle faiblesse musculaire³. De ce fait, la pertinence des techniques de renforcement musculaire pour corriger de tels troubles reste à prouver.

* Directeur Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie STRASBOURG

¹ attitudes vicieuses après poliomyélite antérieure aiguë ou après dystrophies musculaires

² le stretching musculaire est apparu vers les années 1975, mais les étirements musculaires n'ont été véritablement intégrés dans les protocoles de rééducation que depuis un peu plus d'une dizaine d'années.

³ Nous excluons les faiblesses musculaires d'ordre neurologique.

Paul Lecoq,(1) orthopédiste français bien connu, avait déjà constaté cette absence d'activité posturale lors de l'enregistrement des muscles du cou du cheval, alors que celui-ci tient sa tête de plus de 10 kilos, immobile à plus d'un mètre du tronc.(fig. 2) Si le cheval tenait sa tête grâce à une contraction musculaire active, elle serait objectivable à l'EMG. Si une contraction musculaire active ne peut pas être mise en évidence, comment maintient-il sa tête ? La même question se pose pour la station érigée chez l'être humain.



Fig. 2 : Le cheval : une tête de plus de 10 kilos, un cou de plus d'un mètre et aucune activité musculaire enregistrable à l'EMG, au repos.

Ainsi l'EMG apporte la preuve que la contraction musculaire n'est pas l'élément essentiel du maintien de la verticalité. Et pourtant, un sujet paralysé des muscles dits « anti-gravifiques » ne peut se tenir debout.

A l'évidence, le tonus musculaire joue un rôle majeur.

Le concept de tensegrité permet d'aborder les modalités de son action dans la statique.

LA TENSEGRITE (2)

Issue de la contraction de deux mots, **tension** et **intégrité**, la tensegrité s'applique à des structures composées de tiges rigides et d'éléments élastiques. Les éléments élastiques exercent des forces de compression sur les tiges rigides. Elles-mêmes exercent des forces de traction sur les éléments élastiques. Ces forces s'équilibrent et stabilisent la structure. Ces structures ont les propriétés d'être à la fois robustes, souples et donc déformables (fig. 3).

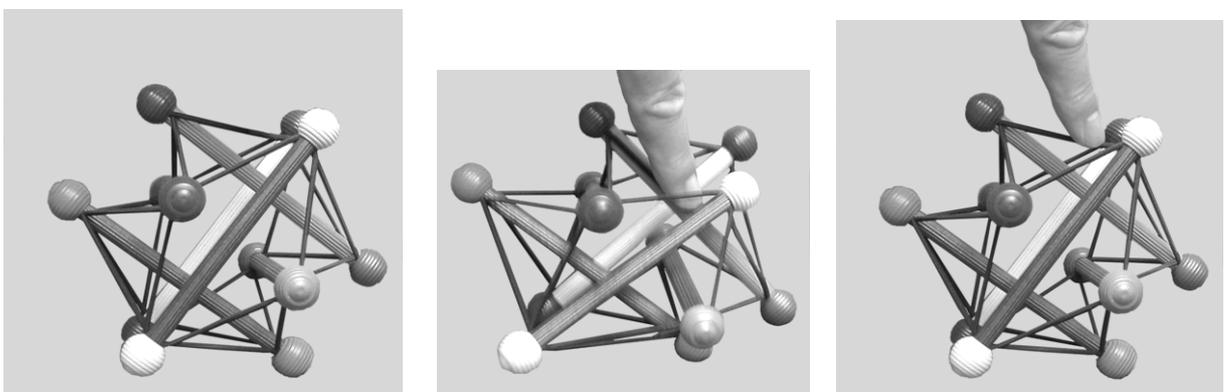


Fig. 3 : Exemple d'une structure simple de tensegrité que l'on déforme facilement et qui reprend sa forme initiale dès l'arrêt de l'application de la force déformante.

Ce concept est utilisé en architecture et permet de réaliser des structures légères et économiques comme des abris facilement démontables et transportables, (fig. 4) ou des structures plus imposantes. (fig. 5 et 6)



Fig. 4 : serre facilement démontable et transportable.



Fig. 5 : le dôme de l'exposition de Montréal.



Fig. 6 : la pyramide du Louvre à Paris.

Comme l'a montré Donald Ingber (3) la structure de la cellule est également bâtie selon ce principe. Les éléments rigides sont représentés par les trois types de filaments du cytosquelette, à savoir les microfilaments, les microtubules et les filaments intermédiaires. Quant aux éléments élastiques, ils sont formés par les membranes. L'ensemble constitue une forme tridimensionnelle stable.

"Ce modèle, observé au niveau du cytosquelette, est un exemple d'un motif qui se répète par autoassemblage et qui existe à toutes les échelles".(3)

Il permet de concevoir des structures érigées ou en porte-à-faux comme les sculptures de Kennett Snelson (fig. 7) ou de comprendre l'absence d'activité dans les muscles du cou du cheval. Il en est de même pour la station debout de l'être humain, dont le maintien dans le champ de gravité ne nécessite que très peu d'énergie. Les os du squelette sont comprimés par la force de gravité et sont stabilisés par la tension des ligaments, des fascias et des muscles. Le tonus postural à lui seul permet à l'homme de se tenir debout et au cheval de tenir sa tête sans effort. Les contractions musculaires n'interviennent que sporadiquement pour les ajustements posturaux.

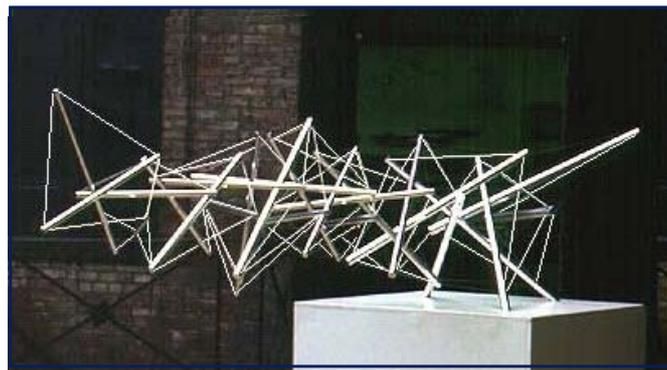


Fig. 7 : Sculpture en porte à faux de Kennett SNELSON utilisant le principe de tensegrité

Mais, dans ce modèle, une diminution ou un accroissement de tension sur un des éléments a des répercussions sur l'ensemble de la structure. L'augmentation locale de tension par exemple est compensée par une augmentation de la compression des éléments rigides. Ce qui peut entraîner progressivement une déformation permanente par rapport à la forme initiale. C'est pourquoi les dysmorphismes que l'on rencontre chez l'être humain concernent aussi bien la colonne vertébrale que les membres, étant donné que tous les éléments constituant du corps sont

interdépendants. La dichotomie rachis-membres est en l'occurrence infondée et on comprend que la rééducation des troubles de la statique devra être intégrale. Les déformations sont tridimensionnelles, les éléments élastiques, dont font partie les muscles, ayant des actions dans les trois plans de l'espace.

Pour redresser une structure dysmorphique (fig. 8a), deux solutions sont possibles :

- Ou bien on augmente la tension de certains éléments élastiques pour retendre des haubans trop lâches. (fig. 8b)
- Ou bien on essaye de relâcher les haubans trop tendus afin de restituer l'équilibre tensionnel. (fig. 8c)

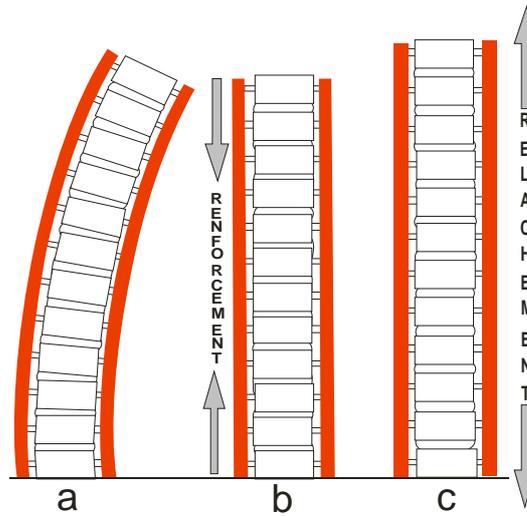


Fig. 8a, b, c : Schématisation des possibilités de redressement d'une structure souple

Dans le premier cas, on augmente la compression des éléments rigides ce qui engendre des hyperpressions. Cette stratégie appliquée aux dysmorphismes humains est susceptible de générer, à terme, des lésions structurelles et des algies.

LE TOUT ETIREMENT

Lorsque l'on étire passivement un muscle les structures concernées sont dans l'ordre (4) (fig. 9):

- Le tissu conjonctif
- Les éléments élastiques du sarcomère
- Les ponts permanents d'actine-myosine

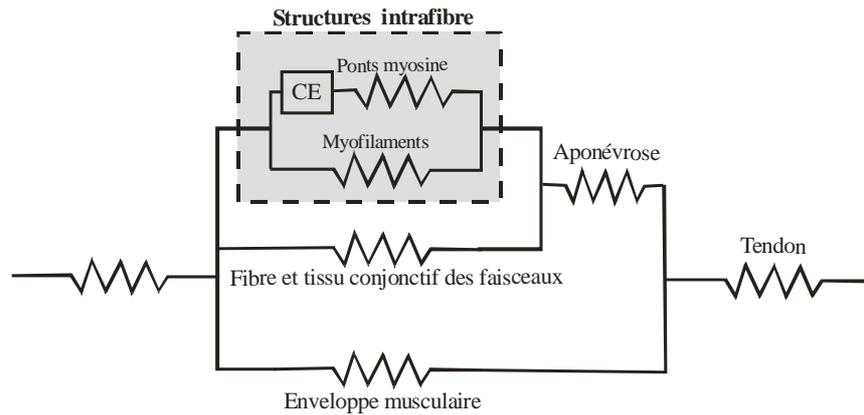


Fig. 9 : Schématisation de l'unité musculo-tendineuse d'après Huijing (5)

1. Structures conjonctives

- Le tendon

Si le tendon peut s'allonger de 1 à 3% par alignement de ses fibres, au delà il y a rupture partielle jusqu'à 8% et totale ensuite. (fig. 10) Pour Borgi (6) (7) dans des conditions normale d'utilisation le tendon ne peut pas fluer⁴.

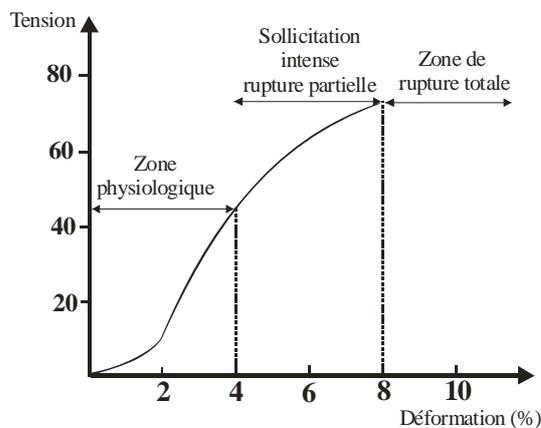


Fig. 10 : Courbe tension déformation du tendon

⁴ Fluage : déformation plastique dépendant de la contrainte et de son temps d'application

2. Structure du sarcomère

Les éléments élastiques au niveau du sarcomère notamment la Titine (fig. 11) sont étirés. Ces éléments étant très fins on peut penser qu'ils peuvent fluer et même être partiellement détruits.

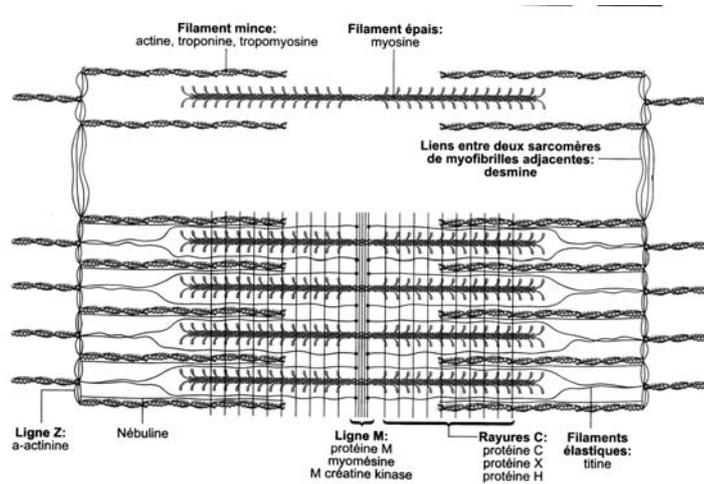


Fig. 11 : Les éléments élastiques constituant le sarcomère d'après McARDLE (8)

3. Pont d'actine-myosine

D'après Proske et Morgan (4), la tension passive rencontrée lors des étirements au niveau du muscle serait due essentiellement à la présence de ponts d'actine-myosine restant activés même au repos.

On peut là aussi penser que les étirements vont défaire certaines liaisons contribuant au relâchement et même étirer les filaments de myosine (9) et, peut être, les faire fluer.

Lors de l'étirement actif la partie musculaire sera encore plus mise en tension. D'après Patel et Lieber (10) lors du travail excentrique on assiste à une rupture de la Desmine unissant les sarcomères en parallèle (fig. 12) et entraînant un phénomène de régénération.

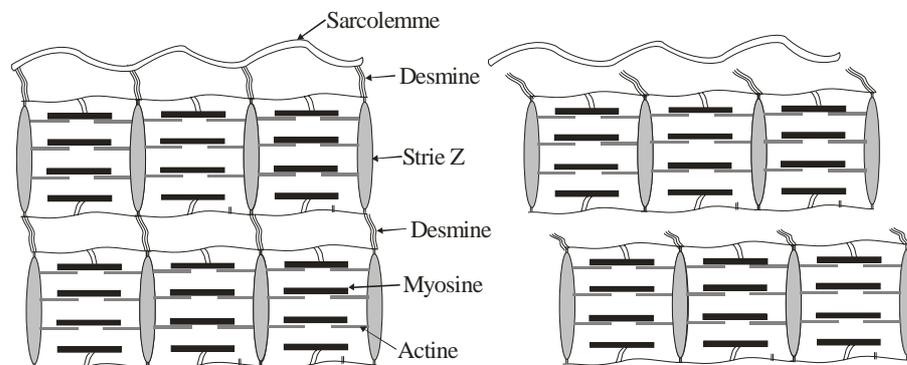


Fig. 12 : Rupture de la Desmine au niveau des sarcomères en parallèle lors d'un travail excentrique

Si cette technique semble plus cohérente que le renforcement, il faut néanmoins se demander comment l'appliquer aux muscles du rachis puisque d'après VIEL(11) « ...*Les ligaments du rachis ne peuvent se laisser étirer que d'environ 15% de leur longueur de repos, alors que la fibre musculaire, elle, se laisse étirer de 45% de sa longueur de repos. Il est donc impossible d'étirer les muscles du rachis. Quand on ressent une sensation de tension, ce sont les ligaments qui en sont responsables* ».

Si on admet que les structures fines du sarcomère peuvent fluer, une seule séance doit suffir, ce qui malheureusement, n'est pas le cas⁵.

La plupart des auteurs admet que les éléments tels que la Titine ou la Desmine sont le siège de microruptures. Celles-ci génèrent des remaniements. Pour que cette « cicatrisation » se fasse en conservant le gain de longueur, il faudrait l'entretenir en permanence. Difficile pour un muscle, inenvisageable à l'échelle d'une chaîne musculaire.

Enfin la tension passive résiduelle des ponts actine-myosine restant activés même au repos, relève plus d'un phénomène neuro-musculaire, comme le tonus, plutôt que d'un phénomène purement mécanique.

UNE AUTRE VOIE

La troisième solution, consistant à rétablir l'équilibre tensionnel par le relâchement de groupes musculaires trop toniques, apparaît plus pertinente. C'est le mode d'action supposé de la Reconstruction Posturale®.

MODE D'ACTION DE LA RECONSTRUCTION POSTURALE®

Les praticiens reconstructeurs postulent que l'origine des dysmorphismes acquis et non traumatiques est à rechercher dans l'excès de tonus de certains groupes musculaires, appelés « chaînes musculaires ». (12)

Par conséquent, le geste thérapeutique a pour but de normaliser le tonus des chaînes musculaires, afin d'obtenir une diminution des contraintes mécaniques et une amélioration de la statique.

La technique employée fait appel à une manœuvre d'induction qui, par facilitation, engendre une réponse évoquée à distance. Celle-ci se traduit par l'apparition ou l'aggravation d'un dysmorphisme.

Ensuite, par des techniques spécifiques adaptées à chaque patient, on cherche à obtenir l'épuisement de l'excès de tonus de ces chaînes musculaires. Cet épuisement s'objective par l'amélioration de la morphologie du sujet et la diminution, voire la disparition des douleurs.

La restauration morphologique totale ou partielle valide le traitement. Les photographies, réalisées de manière rigoureuse avant et après traitement, permettent d'objectiver la correction posturale et d'évaluer sa pérennité. Ce n'est que dans des cas de pathologies évolutives qu'on fera appel à l'imagerie médicale pour confirmer les améliorations obtenues.

Si l'objectivation de la restauration morphologique peut ainsi être mise en évidence de manière fiable, il n'en est pas de même de l'objectivation de la normalisation tonique. Il est donc

⁵ . Le fluage est en partie irréversible et précède de peu la rupture

nécessaire de tenter de mettre en évidence l'action résolutive de ces techniques sur le tonus musculaire et sur l'état d'excitation du système nerveux central.

EXPERIMENTATION

Ceci nous a conduit à entreprendre une expérimentation électrophysiologique en faisant appel au réflexe de Hoffmann (13, 14, 15). Le réflexe de Hoffmann permet de mesurer l'excitabilité du pool des motoneurons du soléaire et donc de tester l'état de relaxation du muscle. En l'occurrence, du fait de l'absence de sollicitation directe sur le soléaire, les valeurs de ce réflexe peuvent être considéré comme étant un reflet représentatif de l'état d'excitabilité centrale.

Matériel et méthode :

L'étude du réflexe H a été réalisé sur 32 sujets sains, tous volontaires, dont 14 femmes avec un âge moyen de 25,6 ans et un écart type de 8,53.

- Critères d'inclusion : sujets sains sans antécédents pathologiques.
- Critères d'exclusion : labilité trop importante de la réponse H.

L'appareil d'électromyographie employé est un Keypoint DANTEC-MEDELECK. L'espacement des pôles de l'électrode de stimulation est de 2,5cm. L'électrode de détection de surface bipolaire à également un espacement des pôles de 2,5 cm. Les électrodes de surface de détection EMG du triceps sural sont monopolaires.

Après un repos initial de dix minutes en décubitus ventral, le réflexe H est recherché par stimulation des fibres proprioceptives du nerf tibial dans le creux poplité. Le stimulus électrique est de faible intensité et le réflexe H est détecté au niveau du muscle soléaire du triceps sural par des électrodes de surface. On recherche l'amplitude maxima du réflexe H (H max) en augmentant progressivement l'intensité de stimulation électrique.

Puis, en position debout, des électrodes de surface sont placées sur les muscles gastrocnémiens médiaux et l'activité posturale de ces muscles est contrôlée sur l'écran de l'oscillographe cathodique et éventuellement enregistrée en cas de modifications.

Une manœuvre spécifique de Reconstruction Posturale® est appliquée aux poignets, zone géographiquement très éloignée du muscle triceps sural. Cette sollicitation active induit une réponse évoquée au niveau des pieds se traduisant par une augmentation de la pression exercée par les têtes métatarsiennes, laquelle est évaluée par l'expérimentateur dont les avant-pieds ont été glissés sous les pieds du sujet.

On contrôle de nouveau l'amplitude du réflexe H en utilisant l'intensité de stimulation initiale ayant permis d'obtenir H max. avant la posture et on recherche la nouvelle H max. par modifications de l'intensité de stimulation. Ces mesures sont répétées 10 minutes plus tard.

Par souci de reproductibilité, la même manœuvre inductrice a été employée chez tous les sujets examinés. Précisons cependant que l'utilisation de façon standard d'une seule manœuvre est contraire aux principes d'application de la Reconstruction Posturale®.

Résultats

1. Enregistrement de l'activité tonique des muscles gastrocnémiens en station debout durant l'épreuve de sollicitation active inductrice.

L'enregistrement EMG permet de constater une augmentation progressive de l'activité musculaire, puis l'apparition fréquente de clonies. (fig. 13) Elles précèdent la diminution de l'activité musculaire. Cliniquement la pression sous les têtes métatarsiennes du sujet examiné diminue sensiblement.

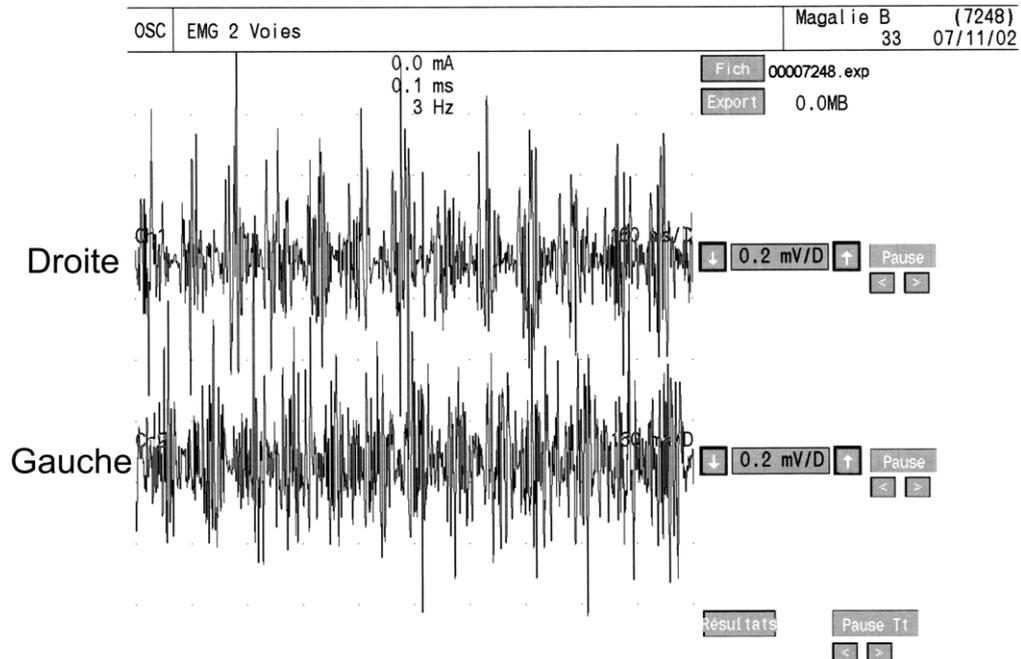


Fig. 13 : l'enregistrement de l'activité électromyographique des gastrocnémiens médiaux pendant la posture, montre l'apparition de clonies synchrones.

2. Enregistrement du réflexe H.

- Les mesures ont montré une diminution significative de l'amplitude du réflexe H à T2. On constate une diminution (1 minute à 2 minutes après la posture correspondant au temps d'installation du sujet) aussi bien à droite qu'à gauche, de l'amplitude de H pour l'intensité initiale de H max à (T1).
- Cette diminution significative par rapport au H max pour l'intensité initiale est retrouvée à T3 (10 minutes après la fin de la deuxième mesure) malgré un léger rebond à droite (fig. 14).

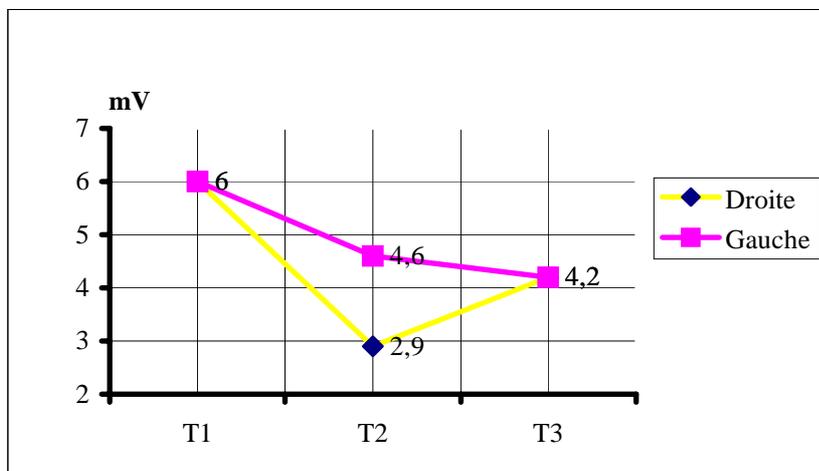


Fig. 14 : Amplitude de H pour I initiale ayant antérieurement permis d'obtenir H max. Le rebond à T3 à droite ramène l'amplitude de H au niveau de celle de la gauche

Les moyennes de l'amplitude sont donc initialement à 6mv à gauche et à droite pour obtenir Hmax et se retrouvent abaissées toutes les deux à 4,2 mv 10 minutes après la posture. Cette diminution est significative aussi bien à droite qu'à gauche. (Test de Wilcoxon de comparaison des moyennes sur séries appariées $p < 0,001$ à droite et $p < 0,001$ à gauche)

Nous avons également recherché l'intensité nécessaire pour obtenir Hmax à T2 et T3.(fig. 15)
La moyenne des intensités augmente à droite et à gauche mais statistiquement elle est non significative.

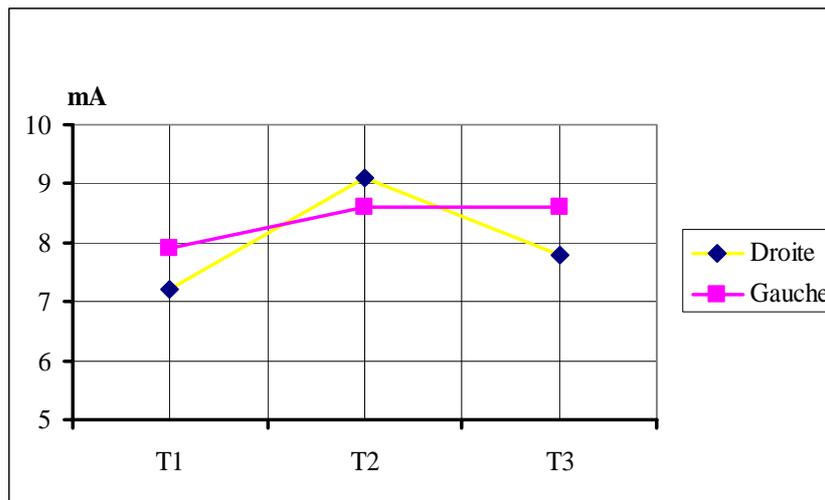


Fig. 15 : moyenne des intensités pour obtenir l'amplitude maximale du réflexe H

Quant à l'amplitude de H max en T2 et T3 elle reste parfaitement stable à gauche, diminue légèrement à droite mais là encore de façon non significative statistiquement. (fig. 16)

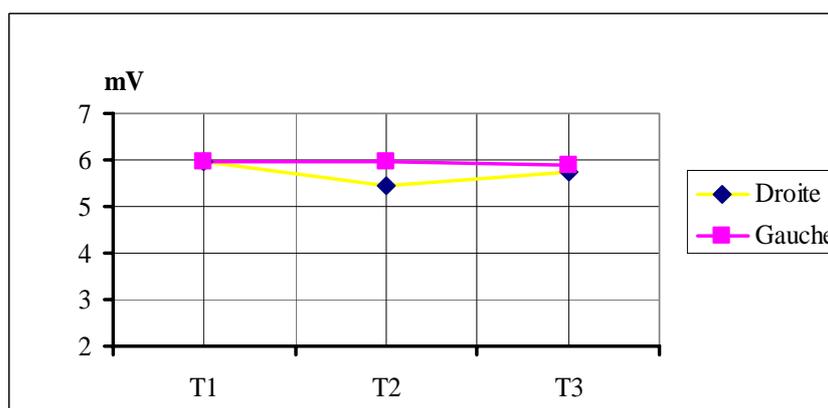


Fig. 16 : Moyenne des amplitudes maximales du réflexe H

Nous avons par ailleurs suivi un individu sur un temps plus long, (fig. 17 et 18) ce qui n'était matériellement pas possible pour l'ensemble de la cohorte.

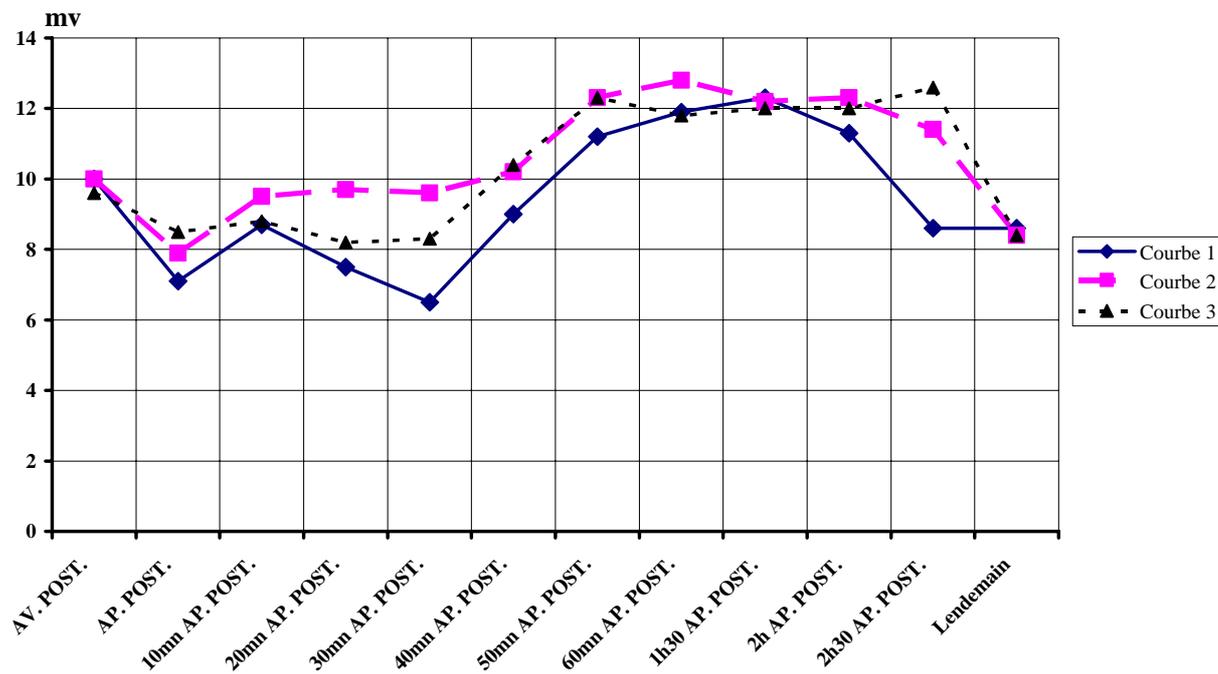


Fig. 17 : Variations des amplitudes de H pour l'intensité initiale (I=5) Courbe 1, des amplitudes de H pour H max. Courbe 2 et des amplitudes de la réponse motrice Courbe 3 à droite.

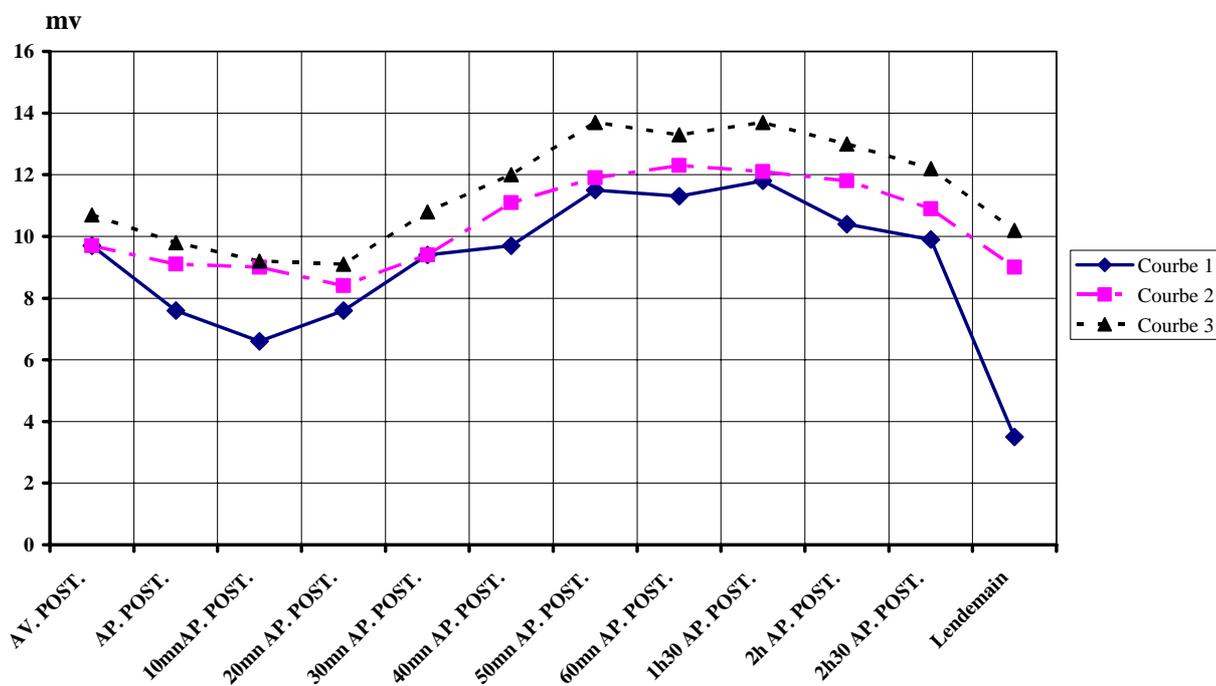


Fig. 18 : Variations des amplitudes de H pour l'intensité initiale (I=3,8) Courbe 1, des amplitudes de H pour H max. Courbe 2 et des amplitudes de la réponse motrice Courbe 3 à gauche.

Pour ce sujet, l'analyse de la courbe d'amplitude de H, pour l'intensité initiale fait ressortir les éléments suivants :

- ❑ Une diminution allant jusqu'à 40 minutes à droite et 30 minutes à gauche.
- ❑ Suivie d'un effet rebond, avec dépassement transitoire des valeurs initiales, jusqu'à environ deux heures après la posture.
- ❑ Puis, une tendance au retour vers les valeurs initiales, lesquelles seraient approchées à T + 2h30.

Nous avons également recherché l'intensité nécessaire pour obtenir H max (courbe 2). L'amplitude de H max suit parallèlement la courbe 1. Les intensités pour obtenir H max restent stables.

On note également que l'amplitude de la réponse motrice (courbe 3) est parallèle aux deux autres.

Discussion

- Deux observations à l'issue de cette expérimentation, semblent démontrer la modification de l'état d'excitabilité neuro-musculaire :
 - Pour l'intensité initiale qui avait permis d'obtenir H max, on obtient une diminution de l'amplitude de H après posture.
 - Pour obtenir H max après posture, on est obligé d'augmenter l'intensité de stimulation.
 - L'ambition de cette étude étant d'évaluer les fluctuations du tonus musculaire, il est légitime de s'interroger sur la fiabilité des techniques utilisées.
 - ❑ Compte tenu du déplacement liquidien lié à l'orthostatisme durant les 10 à 14 minutes de posture, on peut penser que la résistivité des téguments au niveau des membres inférieurs est augmentée. Ce qui est susceptible de fausser les mesures. Ce biais méthodologique n'avait pas été envisagé lors de l'élaboration du protocole d'expérimentation : il aurait été souhaitable de choisir une manœuvre en décubitus. Néanmoins, à condition d'augmenter l'intensité de stimulation, on constate que l'amplitude de H max reste stable. Ceci tendrait à confirmer la fiabilité des techniques utilisées.
 - ❑ On peut se demander si la diminution de H max pour une même intensité peut être due à l'épuisement lié à l'itération des stimuli. Afin d'éviter ce biais, les itérations ont été espacées de plus de 3 secondes, comme le préconisent TOURNAY et PAILLARD (15).
 - ❑ Bien qu'elle soit nettement visible il faut souligner que l'augmentation nécessaire de l'intensité pour obtenir H max (fig. 15), n'est pas statistiquement significative sur ce petit échantillonnage ($p > 0,001$).
 - Une autre technique de kinésithérapie, le « stretching musculaire », explorée avec ce même outil, le réflexe de Hoffmann, obtient également sur le triceps sural une diminution de l'état d'excitabilité. Mais il faut noter que :
 - ❑ Les techniques utilisées sollicitent directement le triceps sural. On peut penser que l'origine des mécanismes de cette inhibition est loco-régionale.
 - ❑ Dès l'arrêt de l'étirement, la réponse H est totalement restaurée (17). Il n'y a donc aucun post-effet.
- A contrario, la manœuvre de Reconstruction Posturale®
- ❑ modifie de manière relativement durable l'état d'excitabilité musculaire.
 - ❑ Ne sollicite pas directement le triceps sural.

- Les clonies, objectivées par l'EMG, parfois importantes, précèdent toujours de quelques secondes l'épuisement de l'activité musculaire involontaire. Leur importance n'est pas proportionnelle à la diminution de l'amplitude de H. Il faut par ailleurs noter leur synchronisme.

Il serait intéressant de confirmer ces résultats par une étude sur un échantillonnage plus important.

CONCLUSION

Si cette expérimentation n'apporte pas la preuve que les dysmorphismes acquis non traumatiques sont dus à un excès de tonus musculaire, il est en revanche démontré que l'action de cette méthode de restauration morphologique qu'est la Reconstruction Posturale®, s'accompagne d'une diminution de l'état d'excitabilité neuro-musculaire.

On peut penser que cet affaiblissement tendanciel relativement durable est à rechercher dans une boucle longue impliquant les structures cérébrales.

L'ampleur du phénomène observé lors de cette expérimentation, sa complexité, posent de nombreuses questions et ouvrent des perspectives d'investigation dont les retombées, en matière de rééducation, sont encore difficilement évaluables.

Pour conclure :

- Il est paradoxal que le « tout renforcement » reste à l'heure actuelle la pratique statistiquement majoritaire, alors que la pertinence scientifique de son principe n'a jamais été prouvée.
- Le « tout étirement » semble, en première analyse plus cohérent. Toutefois son application aux muscles paravertébraux, et à fortiori aux chaînes musculaires, pose des problèmes conceptuels et techniques qui ont été relevés par de nombreux auteurs.
- La troisième voie, celle d'une modification durable du tonus de ces ensembles musculaires que sont les chaînes va encore probablement demander plusieurs années d'expérimentation avant d'être validée scientifiquement.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) LE COEUR P. Le muscle, la fonction musculaire. in « Médecine de Rééducation ». GROSSIORD A., HELD J.P., Flammarion, Paris, 1981, p. 57.
- 2) FULLER R.B. Synergetics. McMillian, New York, 1975, pp. 314-431
- 3) INGBER D. L'architecture de la vie. In « Pour la science », N° 245, mars 1998, pp. 34-45
- 4) PROSKE U.,MORGAN D.L. Do cross bridge contribute to the tension during stretch of passive muscle? Journal of muscle research and cell motility20 (5-6):pp 433-442, August 1999
- 5) HUIJING P.A. Mechanische Muskelmodelle, in KOMI P.V., Kraft und Schnellkraft im sport. Colonia, 1994, pp. 135-172
- 6) BORGHI R., PLAS F. Traumatologie et rééducation. Monographie de Bois-Larris 15.1, Masson éd., Paris, 1982, pp. 25-32
- 7) BORGHI R. La notion de Fluage. Ann. Kinésithérapie, 1981, 8, pp.195-200
- 8) McARDLE W., KATCH F., KATCH V. Physiologie de l'activité physique Maloine éd. Paris, 2001, pp. 293-313
- 9) KIND A. Propriétés mécaniques des fibres musculaires et du muscle global in vivo. In Muscle et rééducation problème en médecine de rééducation, sous la direction de J.N. HEULEU et L. SIMON n°12 Masson éd. 1988, pp. 25-41
- 10) PATEL TJ., LIEBER RL. Force transmission in skeletal muscle : from actomyosin to external tendons. Exerc Sport Sci Rev. 1997; 25, pp. 321-363
- 11) VIEL E. D'une observation à une révélation. Kiné Actualité. 1990 (332), p. 8
- 12) JESEL M, CALLENS CH, NISAND M. Reconstruction Posturale. Concept; traitement des dysmorphismes et des algies du tronc et des membres. KS n°387 Mars 1999, pp. 28-35
- 13) HOFFMANN P. Uber die beziehungen der Schnenreflexe zur willkürlichen bewegung und zum tonus. Z Bio, 1918, 68, pp. 351-70
- 14) HUGON M. Methologie of the Hofmann reflex in man. In « New developments in electromyography and clinical neurophysiology ». DESMEDT JE éd., Karger, Basel, 1973, vol. 3, pp. 276-293.
- 15) GODAUX E., CHERON G. Le mouvement. Medsi/McGraw-Hill, Paris, 1989, pp. 92-4
- 16) TOURNAY A, PAILLARD J. Modifications du réflexe de Hoffmann selon la cadence de distribution des stimulations successives. Journal de Physiologie, Paris, 1956, 48, pp. 722-6
- 17) GUISSARD N, DUCHATEAU J, HAINAUT K. Le stretching musculaire : aspects neurophysiologiques et biomécaniques. Ann. Kinésithér., Masson, Paris, 1988, t. 15, n° 10, pp. 469-474