

- As a consequence of these effects, the scores achieved after using the List of events experienced in the end have diminished considerably, thus diminishing considerably the risk of illness in the near future, result which leads to the conclusion that the anti-stress massage has a very good prophylactic effect.

RECUPERAREA AMPLITUDINILOR ARTICULAȚIEI INTERFALANGIENE PROXIMALE PRIN ELECTROSTIMULARE NEUROMUSCULARĂ

M. BOISGONTIER¹ MSc, N. VUILLERME¹ PhD, D. THOMAS², J.-L. CAILLAT-MIOUSSE³

¹Laborator de sport și performanță motrică, Universitatea Joseph-Fourier,
Grenoble, Franța

²Centru de reeducare a mâinii și membrului superior, Grenoble, Franța

³Facultatea de kinetoterapie CHU din Grenoble, Franța

Cuvinte cheie: electrostimulare neuro-musculară; mobilizarea activă voluntară; amplitudini; mână.

Rezumat

Scopul studiului nostru a fost să comparăm efectele electrostimulării neuromusculare cu cele ale mobilizării active voluntare, în recuperarea amplitudinilor de mișcare, la nivelul articulațiilor interfalangiene proximale, în traumatismele mâinii și pumnului.

Zece subiecți necesitând tratament kinetoterapeutic pentru recuperarea mobilității articulației interfalangiene proximale, în urma unui traumatism al mâinii. Mobilitatea articulară a fost măsurată cu ajutorul unui instrument electronic și cu un goniometru pentru mână și degete. Tratamentele efectuate în mod aleatoriu includeau electrostimularea neuromusculară și mobilizarea activă voluntară. Fiecare subiect era supus protocolului de 6 ori în 2 ședințe pe săptămână.

Recuperarea amplitudinilor este semnificativ superioară ($p < 0,01$) cu tratamentul prin electrostimulare neuromusculară.

Tratamentul prin electrostimulare neuromusculară permite o mai bună recuperare în amplitudine decât mobilizarea activă voluntară la nivelul articulației interfalangiene proximale la subiecții incluși în cercetare.

Introduction

Numeroase studii au scos în evidență efectele electroterapiei asupra durerii [3], reprezentării corticale a mișcării [11], vascularizării [20] asupra forței musculare și a recuperării funcționale a tratamentului [1; 18]. După cunoștințele noastre, articolele și lucrările ce tratează efectele electrostimulării neuromusculare (neuromuscular electrical mobilization - NMES) asupra mobilității articulare sunt rare sau chiar absente.

Mobilizările active voluntare și electro-active, permit limitarea aderențelor și evacuarea edemului, înlăturarea cercului vicios al durerii și orientarea cicatrizării. Adesea, aceste două tehnici sunt aplicate simultan [16; 17]. În studiul nostru, am ales să le disociem de manieră să putem pune în evidență prevalența uneia în raport cu cealaltă sau în raport cu alte modalități utilizate în recuperarea amplitudinilor articulare. Toate acestea au fost înfăptuite pentru ca în continuare să permită o mai bună adaptare a demersului kinetoterapeutic în funcție de pacient.

Cunoașterea măsurii în care electrostimularea neuromusculară (NMES) și mobilizarea

activă voluntare (MAV) ajută la recuperarea mobilității articulare, permite adaptarea protocoalelor de reeducare. În acest cadru am orientat studiul nostru vizând punerea în evidență a efectelor electrostimulării neuromusculare (NMES) în recuperarea amplitudinilor articulare la nivelul articulațiilor interfalangiene proximale (IFP) în urma unui traumatism al mâinii. Obiectivul acestui studiu este de a evalua dacă NMES permite accelerarea recuperării amplitudinii în raport cu mobilizările active voluntare (MAV).

Subiecți, material și metodă

Zece pacienți au fost urmăriți în demersul kinetoterapeutic vizând recuperarea amplitudinilor articulare ale mâinii, în special în articulația interfalangiană proximală, ca urmare a unui traumatism. În total aceștia prezintă 15 amplitudini limitate, 10 fiind în flexie și 5 în extensie. Disfuncțiile acestor pacienți interesează atât țesuturile moi (3), țesutul osos (5), cât și articular (3). Caracteristicile eșantionului sunt: vârsta medie 43 ani, toți dreptaci, 50% din disfuncții la nivelul mâinii drepte și 50% de partea stângă.

Experimentul este eșalonat pe 3 săptămâni, constând în 2 ședințe pe săptămână. Înainte de fiecare ședință, subiectul trage la sorț una din următoarele protocoale de recuperare: 15 minute de mobilizări provocate de NMES (fig.1) cu o intensitate corespunzătoare cu maximumul subiectiv infradureros, urmate de 15 minute de MAV. Sau invers, adică, 15 minute de MAV urmate de 15 minute de NMES. Frecvența mișcărilor este identică pe timpul celor 30 min. ale ședinței. Pacientul este poziționat pe o masă canadiană astfel încât să se imobilizeze articulațiile pumnului și metacarpofalangiene. Cei doi electrozi sunt poziționați pe piele bipolar (unul pe trunchiul nervos și celălalt pe corpul muscular) sau monopolar (cei doi electrozi sunt pe corpul muscular). Efectul acestor doi electrozi este mai important pe mușchi superficiali și pe axonii de diametru gros [2; 15].

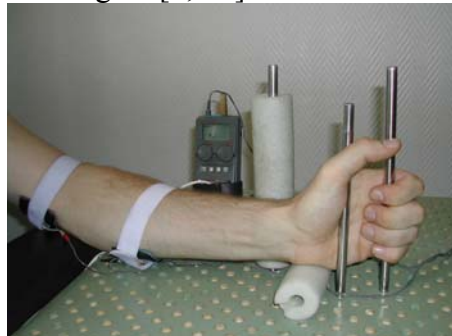


Fig. 1. Condițiile aplicării electrostimulării neuro-musculare (NMES)

Amplitudinile articulare sunt măsurate cu un goniometru pentru degete, cu articulația cotului la 90° și articulația pumnului și a metacarpofalangienelor în rectitudine. Un cântar electronic (Fig.2) permite aplicarea unei forțe constante pe falangă (600g) astfel încât să limiteze variabilele inter și intra observatoare [2]. A doua falangă a subiectului este poziționată în materialul de piele legat cu un fir ce trebuie să fie perpendicular pe falangă în timpul măsurătorii. Aceste măsurători sunt efectuate cu trei ocazii: la începutul ședinței (pretest), după mobilizare prin NMES (post NMES) și după MAV (post MAV).

Parametrii aparatului de electrostimulare neuromusculară sunt următoarele: curent bifazic asimetric cu frecvență de 30 Hz, mărimea impulsurilor de 200 micro secunde, rampa de 0,5 s, timp de lucru 5 s, timp de repaus 5 s, tensiune de 9 volți și un amperaj de 10 până la 60 mA în funcție de maximum subiectiv infradureros [4; 12].



Fig. 2. Utilizarea cântarului electronic pentru înregistrarea datelor

Unealta statistică utilizată este testul non parametric Wicoxon pentru eşantionul dat. Obiectivul acestui studiu este de a determina dacă tehnica de mobilizare prin NMES permite o mai bună recuperare a amplitudinilor decât prin MAV, ipoteza de egalitate **I0** este următoarea: tehnica de mobilizare prin NMES nu permite o mai bună recuperare a mobilității decât prin MAV. Ipoteza alternativă **II** este că tehnica de mobilizare prin NMES permite o mai bună recuperare în amplitudine decât tehnica MAV.

Rezultate

Compararea efectelor NMES și MAV

Analiza statistică arată o diferență semnificativă între efectul MAV și efectul NMES pentru amplitudinea articulației IFP în flexie cu (media procentului de câștig în raport cu pretestul \pm intervalul de încredere cu un alpha de 0,05) 11 ± 3 vs. 19 ± 4 , $p < 0,01$ pentru MAV și NMES respectiv (Fig. 2).

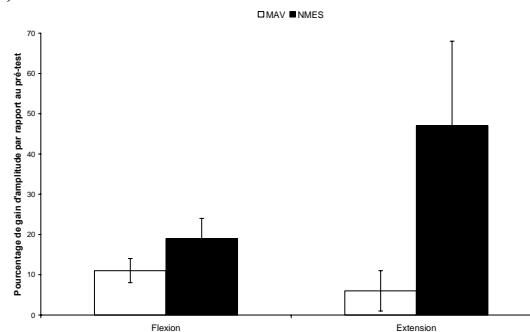


Fig.3 Efectele comparate ale MAV și NMES prin recuperarea amplitudinilor în flexie și în extensie în articulația IFP

Diferența între efectele MAV și NMES este în mod egal semnificativă cu o extensie din IFP cu 6 ± 5 vs. 47 ± 21 , $p < 0,01$ pentru MAV și respectiv NMES (Fig.2).

Ipoteza **II** este validată pentru flexia și extensia articulației IFP. Aceste date sugerează un mai bun efect al tratamentului prin NMES în raport cu tratamentul prin MAV pentru recuperarea amplitudinilor articulației IFP

Compararea efectelor MAV, NMES, MAV + NMES și NMES + MAV

Analiza statistică pentru articulația IFP în flexie, nu ne arată nici o diferență semnificativă între efectul MAV și NMES + MAV cu 11 ± 3 vs 12 ± 4 ($p = 0,81$) pentru MAV și respectiv NMES + MAV. Nu există nicio diferență semnificativă între efectul NMES și efectul MAV+NMES cu 19 ± 4 vs 26 ± 7 ($p = 0,25$) pentru NMES și respectiv MAV+NMES.

Pe de-altă parte, o diferență semnificativă este pusă în evidență între efectul NMES și efectul NMES+MAV cu 19 ± 4 vs 12 ± 4 ($p < 0,01$) pentru NMES și NMES+MAV (fig.3). Aceste date sugerează că tratamentul NMES și MAV+NMES permit recuperarea unei mai mare amplitudini decât tratamentul MAV și NMES+MAV pe articulația IFP în flexie.

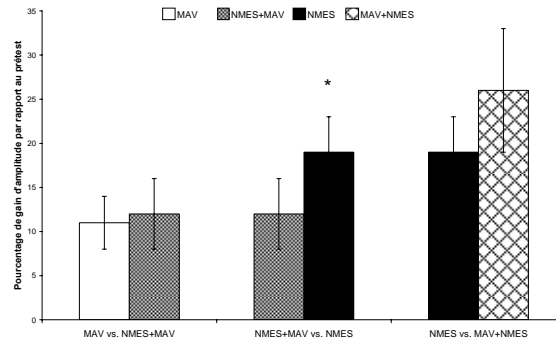


Fig.4. Efectele comparate ale MAV, ENM, MAV+ENM și ENM+MAV în recuperarea amplitudinilor articulației interfalangiene proximale în flexie.

Analiza statistică arată, pentru articulația IFP în extensie, o diferență semnificativă între efectul MAV și efectul NMES+MAV cu 6 ± 5 vs 29 ± 18 ($p=0,05$) pentru MAV și respectiv NMES+MAV, precum și efectul dintre NMES și efectul NMES+MAV cu 47 ± 21 vs 29 ± 18 ($p=0,04$) pentru NMES și NMES+MAV respectiv. De cealaltă parte, nu se pune în evidență vreo diferență semnificativă între efectul NMES și MAV+NMES cu 47 ± 21 vs 55 ± 14 ($p=0,61$) pentru NMES și respectiv MAV+NMES (Fig. 4). Aceste date sugerează că recuperarea amplitudinii IFP în extensie este mai bună cu tratamentul NMES și MAV+NMES și că tratamentul NMES+MAV este superior celui MAV pentru articulația IFP în extensie.

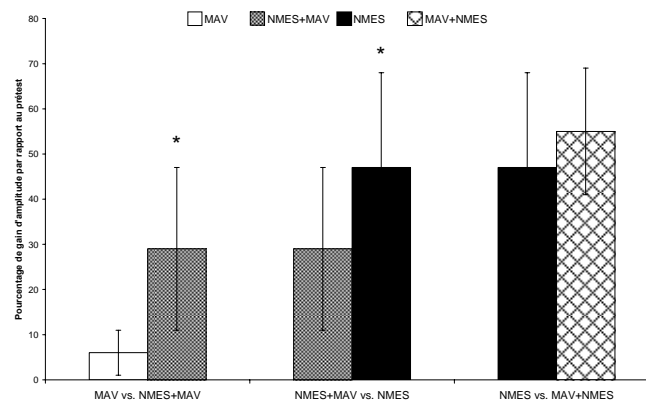


Fig.5. Efecte comparate MAV, NMES, MAV+NMES și NMES+MAV pentru recuperarea amplitudinilor articulației IFP în extensie.

Discuții

Sinergiile musculare

Pentru a explica cel mai bun efect al tratamentului prin NMES în recuperarea amplitudinilor, este pertinent să abordăm tema sinergiei mușchilor agoniști și antagoniști pe durata mișcării. În timpul unei contracții voluntare, mușchiul efector produce mișcare în timp ce mușchiul antagonist îl controlează prin punerea în funcțiune a reflexului miotatic și ale programelor motorii centrale. Această acțiune a mușchilor antagoniști nu este neglijabilă. Pentru a dovedi, într-o mișcare de flexie-extensie a cotului, revenirea în poziția inițială de extensie este mai puțin evidentă datorită creșterii forței extensorilor și scăderea forței flexorilor. Acești extensori sunt deci deja foarte activi în timpul mișcării de flexie [8].

Această co-contracție este fiziologică și indispensabilă pe o articulație nelimitată cu scopul de a efectua gesturi fine și de a proteja articulația în efectuarea mișcărilor rapide. Însă într-un context traumatic, pe o articulație în care amplitudinea este deja limitată din cauza rezistențelor datorate de diferiților factori precum edemul și fibroza [2], această sinergie adaugă rezistență mișcării și limitează în acest fel atingerea unei amplitudini maxime. Acest ultim fapt trebuie totuși cercetat pentru a limita fibroza și a evacua edemul în mod mecanic

deoarece curentul terapeutic nu are nici un efect în acest caz [19]. Electrostimularea neuromusculară permite evitarea activării acestei sinergii musculare izolând contracția analitică a mușchiului agonist al mișcării. Rezistențele sunt deci diminuate și amplitudinea musculară atinsă este superioară.

Durerea

O altă explicație reiese din domeniul durerii. Durerea influență înaintea tuturor comanda centrală a mișcării. Ea provoacă o diminuare a activității mușchilor sinergici în mișcare, o creștere a activității antagoniștilor [13] și fac să scadă semnalele EMG [5]. Aceste efecte nu sunt în active în utilizarea NMES din moment ce stimularea permite contracția analitică a mușchiului agonist al mișcării.

În continuare, durerea este diminuată în mod inerent în orice aplicare de curent terapeutic prin punerea în funcțiune a fenomenului de "gate control" [14]. În timpul contracției active voluntare, secvența de recrutare a motoneuronilor alpha este rigidizată [10]. Recrutarea începe prin axonii de diametru mic pentru a termina cu axonii de diametru mai mare. Această secvență de recrutare este datorată faptului că intensitatea necesară pentru a stimula un axon crește în paralel cu diametrul și invers, NMES recrutează direct fibrele de diametru mare care sunt cele mai apropiate de suprafață [12]. Această stimulare a axonilor de diametru mare ($A\alpha$, β) purtători de informație senzitivă vine și închide poarta informațiilor aglice purtate de axonii de diametru mic ($A\delta$, C) la nivelul coarnelor posterioare ale măduvei spinării, diminuând astfel durerea.

Oboseala

Un ultim factor care poate să explice diferența dintre NMES și mobilizările active voluntare este oboseala. Oboseala periferică este prezentă în cele două condiții ale acestui experiment, dar nu este chiar la fel cu oboseala centrală. Această componentă a activității nu este pusă în funcțiune de protocolul cu NMES. Se caracterizează printr-o diminuare a capacității de menținere a unei forțe, datorită unei scăderi ai stimulilor motoneuronului alpha. Oboseala nu se situează numai la nivelul cortexului ci la toate nivelele nervoase (sinapse și axoni) [7]. NMES acționează direct la periferie, numai pe mușchii efectori și evită astfel oboseala la diferitele nivele de transmitere a semnalului nervos.

Ea permite deci limitarea acestei oboșeli centrale și dezvoltarea unei mișcări eficiente pe timpul duratei tratamentului (30 min).

Discuții despre efectele NMES+MAV și MAV+NMES

Oricare ar fi mișcarea, flexie sau extensie, analiza statistică pune în evidență superioritatea tratamentelor NMES și MAV+NMES față de MAV și NMES+MAV. Datorită acestor efecte ale tratamentului prin NMES evocate mai sus, încheierea ședința prin această tehnică permite obținerea unor amplitudini mai semnificative. Pe de-altă parte este important să menționăm că utilizarea NMES înainte MAV nu diminuează rezultatele ci are tendința de a le ameliora.

Finalizarea ședinței prin MAV antrenează o diminuare a performanțelor recuperării amplitudinilor articulare, datorată dispariției efectelor legate tratamentului NMES.

Concluzii

Acest experiment pune deci în evidență un efect superior tratamentului prin NMES în raport cu cel al MAV. Acest fapt este extrem de evident la nivelul articulației IFP.

Pentru o recuperare optimă a amplitudinii de mișcare se pare că tratamentul NMES și MAV+NMES este cel ce facilitează. Fără doar și poate, dacă nu luăm în considerare problemele ce apar din punctul de vedere strict al recuperării amplitudinii, dar la un unghi funcțional, se pare că încheierea tratamentului printr-o serie de mobilizări active este interesantă pentru rearmonizarea sinergiilor musculare [17] ce nu sunt activate în timpul aplicării NMES. În acest context se pare că un tratament prin MAV+NMES+MAV sunt de studiat. Chiar și faptul finalizării tratamentului prin MAV diminuează posibilitățile de

ameliorare al amplitudinii; dar din punct de vedere terapeutic, obiectivele urmărite sunt: mobilizarea țesuturilor unele în raport cu celelalte pentru a evita aderențele și fibrozările, întreținerea sau ameliorarea amplitudinilor maxime realizate în articulație, diminuarea rezistențelor la mișcare cea mai amplă posibilă, evacuarea edemului pentru eliminarea proteinelor ce stau la originea fibrozei și pentru a diminua rezistențele la mișcare. În încheiere ar părea necesară compararea condițiilor studiate în această cercetare cu cele ale unor tratamente ce sunt asociate și nu succesive.

Bibliografie

- [1] BARAT, M., DEHAIL, P., De Seze, M., *La fatigue du blessé médullaire*, Ann Réadapt Méd Phys, à paraître. 2006;
- [2] BRAND, PW., HOLLISTER, AN., *Clinical mechanics of the hand*, 3^{ème} edition. St. Louis, Missouri: Mosby; 1999;
- [3] CHEING, G., LUK, M., *Transcutaneous electrical nerve stimulation for neuropathic pain*, J Hand Surgery. 2005;30B:50-5;
- [4] CRÉPON, F., *Electrophysiothérapie et rééducation fonctionnelle*, 3^{ème} édition, Paris: Edition Frison-Roche; 2002;
- [5] FARINA, D., ARENDT-NIELSEN, L., GRAVEN-NIELSEN, T., *Experimental muscle pain decreases voluntary EMG activity but does not affect the muscle potential evoked by transcutaneous electrical stimulation*. Clinical Neurophysiology. 2005;116:1558-65;
- [6] FEIEREISEN, P., DUCHATEAU, J., HAINAUT, K., *Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in the tibialis anterior*, Exp Brain Res. 1997;114:117-23;
- [7] GANDEVIA, SC., *Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue*, Physiological Review, 2001;81(4):1725-89;
- [8] GOTTLIEB, GL., *Muscle activation patterns during two types of voluntary single-joint movement*, J Physiol, 1998;80:1860-7;
- [9] Henneman E, Somjen G, Carpenter DO. Excitability and inhibibility of motoneurons of different sizes. J Neurophysiol. 1965;28:599-620.
- [10] HENNEMAN, E., SOMJEN, G., CARPENTER, DO., *Functional significance of cell size in spinal motoneurons*, J Neurophysiol, 1964;43:560-80,
- [11] KHASLAVSKAIA, S., LADOUCEUR, M., SINKJAER, T., *Increase in tibialis anterior motor cortex excitability following repetitive electrical stimulation of the common peroneal nerve*, Exp Brain Res., 2002;145:309-15;
- [12] LOW, J., REED, A., *Electrotherapy explained. Principles and practice*, Oxford: Butterworth-Heinemann; 1990;
- [13] [LUND, JP.](#), [DONGA, R.](#), [WIDMER, CG.](#), [STOHLER, CS.](#), *The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity*, [Can J Physiol Pharmacol](#), 1991;69(5):683-94;
- [14] MELZACK, R., WALL, PD., *Pain mechanisms: a new theory*, Science. 1965;150:971-9;
- [15] MORTIMER, JT., BAHADRA, N., *Peripheral nerve and muscle stimulation*, In: Horch KW, Dhillon GS, eds. Neuroprosthetics theory and practice (Series on bioengineering and biomedical engineering, vol.2). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd; 2004. p638-86;
- [16] PAILLARD, T., LAFONT, C., PÉRÈS, C., COSTES-SALON, MC., SOULAT, JM., MONTOYA, R., ET AL., *L'électrostimulation surimposée à la contraction musculaire volontaire présente-t-elle un intérêt physiologique chez les sujets âgés ?* Ann Réadapt Méd Phys 2005; 48: 20-28;
- [17] PAILLARD, T., NOÉ, F., EDELINE, O., *Neuromuscular effects of surimposed and*

- combined transcutaneous electrical stimulation with voluntary activity: a review*, Ann Readapt Med Phys. 2005;48:126-37;
- [18] POWELL, J., PANDYAN, AD., GRANAT, M., CAMERON, M., STOTT, DJ., *Electrical stimulation of wrist extensors in poststroke hemiplegia*, Stroke, 1999;30:1384-1389;
- [19] RESENDE, MA., SABINO, GG., CÂNDIDO, CRM., PEREIRA, LSM., FRANCISCHI, JN., *Local transcutaneous electrical stimulation (TENS) effects in experimental inflammatory edema and pain*, European Journal of Pharmacology. 2004;504:217-22;
- [20] VANDERTHOMMEN, M., DEPRESSEUX, JC., DAUCHAT, L., DEGUELDRE, C., CROISIER, JL., CRIELAARD, JM., *Blood flow variation in human muscle during electrically stimulated exercise bouts*, Arch Phys Med Rehabil. 2002 July;83:93 ;

RECUPERATION DES AMPLITUDES DE L'ARTICULATION INTERPHALANGIENNE PROXIMALE PAR ELECTROSTIMULATION NEUROMUSCULAIRE

M. BOISGONTIER¹, N. VUILLERME¹, D. THOMAS², J.-L. CAILLAT-MIOUSSE³

Laboratoire Motor Sport Performance, Université Joseph-Fourier, Grenoble, France

Centre de la main et la réhabilitation des membres supérieurs, Grenoble, France

Faculté de kinésiologie CHU Grenoble, France

Mots clés: électrostimulation neuro-musculaire; mobilisation active volontaire; amplitudes; main

Résumé

Le but principal de notre étude était de comparer les effets de l'électrostimulation neuromusculaire versus ceux de la mobilisation active volontaire sur la récupération des amplitudes de l'articulation interphalangienne proximale dans les atteintes traumatiques de la main.

Dix sujets nécessitant une rééducation kinésithérapique pour récupérer les amplitudes de l'articulation inter-phalangienne proximale suite à une atteinte traumatique de la main ont été inclus. Les mesures d'amplitudes étaient réalisées à l'aide d'un peson électronique et d'un goniomètre à doigt. Les traitements affectés de façon aléatoire comprenaient l'électrostimulation neuromusculaire et la mobilisation active volontaire. Chaque sujet réalisait le protocole 6 fois à raison de 2 fois par semaine.

La récupération des amplitudes est très significativement supérieure ($p < 0,01$) avec le traitement par électrostimulation neuromusculaire.

Le traitement par électrostimulation neuromusculaire permet une meilleure récupération des amplitudes que la mobilisation active volontaire au niveau de l'articulation interphalangienne proximale chez des sujets pathologiques.

Introduction

De nombreuses études ont mis en évidence les effets de l'électrothérapie sur la douleur [3], la représentation corticale du mouvement [11], la vascularisation [20], la contraction [6], la force musculaire et le versant fonctionnel de la rééducation [18;1]. Cependant, à notre connaissance, les articles et ouvrages traitant des actions éventuelles de l'électrostimulation neuromusculaire (neuromuscular electrical mobilization, NMES) sur la récupération des amplitudes articulaires sont rares sinon absents.

Les mobilisations, active volontaire et électro-active, permettent de limiter les adhérences, d'évacuer l'œdème, d'enrayer le cercle vicieux de la douleur et d'orienter la cicatrisation. Souvent, ces deux techniques sont appliquées en simultanément [17;16]. Dans notre étude, nous les avons choisies de les dissocier, de façon à pouvoir mettre en évidence la prévalence de l'une ou de l'autre de ces modalités sur la récupération des amplitudes articulaires. Ceci, pour permettre, par la suite, de mieux adapter la prise en charge du patient lors de sa rééducation.

Connaître dans quelles mesures la NMES et la mobilisation active volontaire (MAV) participent à la récupération des amplitudes permettrait d'adapter les protocoles de rééducation. C'est donc dans ce cadre que nous avons mené cette étude visant à mettre en évidence les effets de la NMES sur la récupération des amplitudes articulaires au niveau de l'articulation interphalangienne proximale (IPP) suite à une atteinte traumatique de la main. L'objectif de cette étude est d'évaluer si la NMES permet d'augmenter la récupération des amplitudes par rapport à la MAV.

Population, matériel et méthode

10 patients suivis dans le cadre d'une prise en charge kinésithérapique visant à récupérer les amplitudes articulaires de la main, notamment celles de l'articulation interphalangienne proximale, suite à une atteinte traumatique ont été inclus dans cette étude. Au total, ils présentent 15 amplitudes limitées, avec 10 limitations en flexion et 5 en extension. Les atteintes de ces patients concernent autant les tissus mous (3), les atteintes osseuses (5) que les atteintes articulaires (3). Les caractéristiques de l'échantillon étaient : âge moyen 43 ans, tous droitiers, 50% d'atteintes du côté droit et 50% du côté gauche.

L'expérimentation s'échelonne sur 3 semaines à raison de 2 séances par semaine. Avant chacune des séances, le sujet tire au sort l'un des deux protocoles suivants : 15 minutes de mobilisation provoquée par NMES (*fig.1*) à une intensité correspondante au maximum subjectif infra-douloureux, suivies de 15 minutes de MAV. Ou bien l'inverse, c'est à dire, 15 minutes de MAV suivies de 15 minutes de NMES. La fréquence des mouvements est identique durant les 30 minutes de la séance. Le patient est positionné sur un plateau canadien de façon à immobiliser les articulations du poignet et métacarpo-phalangiennes. Les deux électrodes sont positionnées sur la peau de façon bipolaire (une sur le tronc nerveux et une sur le corps musculaire) ou monopolaire (les deux électrodes sur le corps musculaire). L'effet de ces électrodes est plus important sur les muscles de surface et sur les axones de gros diamètre [15;2].

Les amplitudes articulaires sont mesurées avec un goniomètre à doigt, articulation du coude à 90° de flexion et articulations du poignet et métacarpophalangiennes en rectitude. Un peson électronique (*Fig.2*) permet d'appliquer toujours la même intensité sur la phalange (600g) de façon à limiter les variabilités inter et intra observateurs [2]. La deuxième phalange du sujet est positionnée dans la dossière en cuir reliée au peson par un fil qui doit être perpendiculaire à cette phalange lors de la mesure.

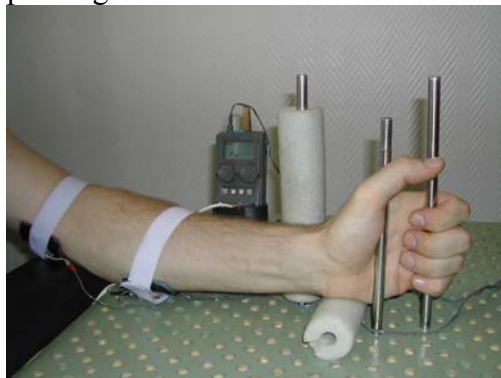


Fig. 1. Condition avec électrostimulation neuro-musculaire (nmes)



Fig. 2. Utilisation du peson électronique dans le recueil des données

Ce recueil d'amplitude est réalisé à trois instants au début de la séance (pré-test), après mobilisation par NMES (post NMES) et après MAV (post MAV).

Les paramètres de l'appareil d'électrostimulation neuromusculaire sont les suivants: courant biphasique asymétrique à moyenne nulle, fréquence de 30 Hz, largeur d'impulsion de 200 micro secondes, rampe de 0,5 secondes, temps de travail de 5 secondes, temps de repos de 5 secondes, tension de 9 volts et un ampérage de 10 à 60 mA en fonction du maximum subjectif infradouloureux [4;12].

L'outil statistique utilisé est le test non paramétrique de Wilcoxon pour échantillon appariés. L'objectif de cette étude étant de déterminer si la technique de mobilisation par NMES permet une meilleure récupération des amplitudes que la technique par MAV, l'hypothèse d'égalité H_0 est la suivante: la technique de mobilisation par NMES ne permet pas une meilleure récupération des amplitudes que la technique par MAV. L'hypothèse alternative H_1 est que la technique de mobilisation par NMES permet une meilleure récupération des amplitudes que la technique par MAV.

Resultats

Comparaison des effets de la NMES et de la MAV

L'analyse statistique montre une différence significative entre l'effet MAV et l'effet NMES sur l'amplitude de l'articulation IPP en flexion avec (moyenne du pourcentage de gain par rapport au pré-test \pm intervalle de confiance avec un alpha de 0,05) 11 ± 3 vs. 19 ± 4 , $p < 0,01$ pour MAV et NMES respectivement (Fig. 2).

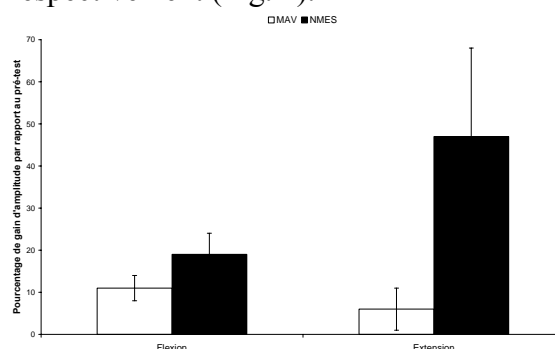


Fig. 3. Effets comparés de la MAV et de la NMES sur la récupération des amplitudes en flexion et en extension de l'articulation inter-phalangienne proximale.

La différence entre les effets MAV et NMES est également significative en extension de l'IPP avec 6 ± 5 vs. 47 ± 21 , $p < 0,01$ pour MAV et NMES respectivement (Fig. 2). L'hypothèse H_1 est validée pour la flexion et l'extension de l'articulation IPP. Ces données suggèrent un meilleur effet du traitement par NMES par rapport au traitement par MAV pour la récupération des amplitudes de l'articulation IPP.

Comparaison des effets MAV, NMES, MAV+NMES et NMES+MAV

L'analyse statistique, pour l'articulation IPP en flexion, ne montre pas de différence

significative entre l'effet MAV et l'effet NMES+MAV avec 11 ± 3 vs 12 ± 4 ($p=0,81$) pour MAV et NMES+MAV respectivement. Il n'y a pas non plus de différence significative entre l'effet NMES et l'effet MAV+NMES avec 19 ± 4 vs 26 ± 7 ($p=0,25$) pour NMES et MAV+NMES respectivement. Par contre, une différence significative est mise en évidence entre l'effet NMES et l'effet NMES+MAV avec 19 ± 4 vs 12 ± 4 ($p<0,01$) pour NMES et NMES+MAV respectivement (Fig. 3). Ces données suggèrent que les traitements NMES et MAV + NMES permettent de récupérer davantage d'amplitude que les traitements MAV et NMES + MAV sur l'articulation IPP en flexion.

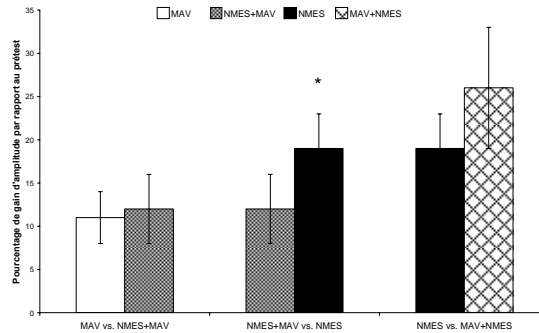


Fig. 4. Effets comparés des MAV, NMES, MAV+NMES et NMES+MAV sur la récupération des amplitudes de l'articulation inter-phalangienne proximale en flexion.

L'analyse statistique montre, pour l'articulation IPP en extension, une différence significative entre l'effet MAV et l'effet NMES+MAV avec 6 ± 5 vs 29 ± 18 ($p=0,05$) pour MAV et NMES+MAV respectivement, ainsi qu'entre l'effet NMES et l'effet NMES+MAV avec 47 ± 21 vs 29 ± 18 ($p=0,04$) pour NMES et NMES+MAV respectivement. Par compte, n'est pas mise en évidence de différence significative entre l'effet NMES et l'effet MAV+NMES avec 47 ± 21 vs 55 ± 14 ($p=0,61$) pour NMES et MAV+NMES respectivement (Fig. 4). Ces données suggèrent que la récupération d'amplitude de l'IPP en extension est meilleure avec les traitements NMES et MAV + NMES et que le traitement NMES + MAV est supérieur au traitement MAV pour l'articulation IPP en extension.

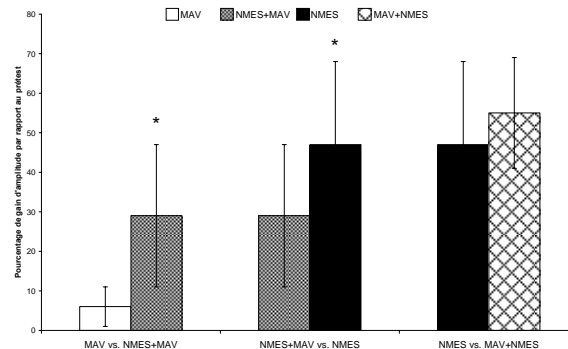


Fig. 5. Effets comparés des MAV, NMES, MAV+NMES et NMES+MAV sur la récupération des amplitudes de l'articulation inter-phalangienne proximale en extension.

Discussion

Les synergies musculaires

Pour expliquer le meilleur effet du traitement par NMES sur la récupération des amplitudes, il semble pertinent d'aborder le thème de la synergie des muscles agonistes et antagonistes au cours du mouvement. Lors d'une contraction volontaire, le muscle effecteur produit le mouvement pendant que le muscle antagoniste le contrôle par la mise en jeu du réflexe myotatique et des programmes moteurs (patterns) centraux. Cette action des muscles antagonistes n'est pas négligeable. Pour preuve, dans un mouvement de flexion-extension du coude, le retour en position initiale d'extension est moins du à l'augmentation de force des extenseurs qu'à la diminution de force des fléchisseurs. Les extenseurs sont donc déjà très

actifs lors du mouvement de flexion [8].

Cette co-contraction est physiologique et indispensable sur une articulation non limitée afin d'effectuer des gestes fins et de protéger les articulations dans les gestes rapides. Mais dans un contexte traumatique, sur une articulation où l'amplitude est limitée d'emblée du fait des résistances liées à différents facteurs tels que l'œdème et la fibrose [2] cette synergie surajoute des résistances au mouvement et limite de ce fait le déroulement d'une amplitude maximale. Cette dernière doit pourtant être recherchée afin de limiter la fibrose et évacuer l'œdème de façon mécanique car le courant thérapeutique n'a pas d'effet sur ce dernier [19]. La NMES permet d'éviter la mise en jeu de cette synergie musculaire en isolant la contraction analytique du muscle agoniste au mouvement. Les résistances en sont donc diminuées et l'amplitude articulaire atteinte est supérieure.

La douleur

Une autre explication relève du domaine de la douleur. Cette dernière influence avant tout la commande centrale du mouvement. Elle provoque une diminution de l'activité des muscles synergiques au mouvement, une augmentation de l'activité des muscles antagonistes [13] et diminue les signaux à l'EMG [5]. Ces effets n'opèrent pas lors de l'utilisation de la NMES puisque ce traitement permet la contraction analytique du muscle agoniste au mouvement.

Ensuite, la douleur est diminuée de façon inhérente à toute application de courant thérapeutique par la mise en jeu du phénomène de gate control [14]. Lors de la contraction active volontaire, la séquence de recrutement des motoneurones alpha est rigide [10]. Le recrutement commence par les axones de petit diamètre pour terminer par les axones de plus gros diamètre. Cette séquence de recrutement est due au fait que l'intensité nécessaire pour stimuler un axone augmente en parallèle à son diamètre [9]. A l'inverse, la NMES recrute directement les fibres de gros diamètre qui sont le plus proches de la surface [12]. Cette stimulation des axones de gros diamètre ($A\alpha$, β) porteurs de l'information sensitive va venir fermer la porte aux informations algiques portées par les axones de petits diamètres ($A\delta$, C) au niveau de la corne postérieure de la moelle épinière, et ainsi diminuer la douleur.

La fatigue

Le dernier facteur pouvant expliquer la différence entre NMES et mobilisation active est celui de la fatigue. La fatigue périphérique est présente dans les deux conditions de cette expérimentation. Il n'en n'est pas de même pour la fatigue centrale. Cette composante de la fatigue n'est pas mise en jeu dans le protocole par NEMS. Elle se caractérise par une diminution de la capacité à maintenir une force, du fait d'une diminution de la stimulation du motoneurone alpha. Elle ne se situe pas uniquement au niveau du cortex mais à tous les niveaux nerveux (synapses et axones) [7]. La NMES agit directement en périphérie, sur le muscle effecteur lui-même et évite ainsi la fatigue liée aux différents niveaux de transmission du signal nerveux. Elle permet donc de limiter cette fatigue centrale et de développer un mouvement efficace pendant toute la durée du traitement (30 mn).

Discussion sur les effets NMES+MAV et MAV+NMES

Quelque soit le mouvement, flexion ou extension, l'analyse statistique met en évidence la supériorité des traitements NMES et MAV+NMES sur les traitements MAV et NMES+MAV. Du fait des effets du traitement par NMES évoqués ci-dessus, le fait de terminer la séance par cette technique permet d'obtenir des amplitudes plus importantes. Il n'est d'autre part pas étonnant de noter que faire précéder la NMES par la MAV ne dégrade pas les résultats et à même tendance à les améliorer. En effet, ceci s'apparente à un échauffement musculaire et tissulaire.

Le fait de terminer la séance par la MAV entraîne une diminution des performances de récupération des amplitudes articulaires. Ceci du fait de la disparition des effets liés au traitement par NMES

Conclusion

Cette expérimentation met donc en évidence un effet supérieur du traitement par NMES par rapport à celui par MAV. Ceci de façon très significative au niveau de l'articulation IPP.

Pour une récupération optimale des amplitudes il semble que les traitement NMES et MAV+NMES soient ceux à privilégier. Néanmoins, si on ne considère plus le problème sous un point de vue uniquement de la récupération d'amplitude mais sous un angle fonctionnel, il semble que terminer le traitement par une série de mobilisations actives soit intéressant pour ré-harmoniser les synergies musculaires [17] qui ne sont pas mises en jeu lors de l'application de la NMES. Dans ce cadre il semble qu'un traitement de type MAV+NMES+MAV soit à étudier. Même si le fait de terminer le traitement par la MAV diminue le résultat en terme de gain d'amplitude, d'un point de vu thérapeutique, l'objectif est atteint: mobiliser les tissus les uns par rapport aux autres pour éviter que les adhérences et la fibrose ne s'installent, entretenir ou améliorer l'amplitude maximale que peut atteindre l'articulation, diminuer les résistances au mouvement dans la plus grande amplitude possible, évacuer l'œdème pour évacuer les protéines à l'origine de la fibrose et pour diminuer les résistances au mouvement. Enfin il serait nécessaire de comparer les conditions étudiées dans cette étude à des conditions ou ces traitements sont associés et non plus successifs.

CREȘTEREA CAPACITĂȚII DE EFORT AEROB PRIN IMPLEMENTAREA PROGRAMELOR DE GIMNASTICĂ AEROBICĂ LA ELEVII DIN CICLUL LICEAL

Marian Costin NANU,
Universitatea din Craiova

Cuvinte cheie: gimnastică aerobică de întreținere, efort aerob, pregătire fizică.

Rezumat

Gimnastica aerobică este o gimnastică de întreținere a organismului, de tonifiere fizică și psihică.

Condusă științific, aceasta prezintă avantaje reale în favoarea întăririi sănătății și în combaterea bolilor.

De asemenea, reprezintă o metodă recunoscută în lupta împotriva afecțiunilor cardiovasculare, oferind și satisfacțiile unui stil de viață aerobic.

Introducere

Este recunoscut faptul că, în perioada liceală, adolescentul își modifică percepția de sine, inclusiv schema corporală, ca expresie a propriei identități. Imaginea corporală capătă consistență, polarizând prezența tânărului care caută constant să-și îmbunătățească această imagine.

Gimnastica aerobică de întreținere are un conținut bogat care cuprinde realizarea unor mișcări diferite: pași de dans, exerciții dinamice din gimnastica de bază, sărituri, stretching, pe o durată de 40-50 minute, cu pauze scurte pentru respirații sau pauze mai mari pentru relaxare. Programele sunt adaptate fiecărei categorii de vârstă, sex, și nivel de pregătire motrică a persoanelor practicante.

Prin practicarea sistematică a gimnasticii se înregistrează modificări importante la nivelul aparatului locomotor, sistemelor cardio-vascular și respirator, endocrino-metabolic, etc. De asemenea, gimnastica aerobică are o mare importanță în educația spirituală și emoțională a copiilor și tinerilor, dezvoltând o spontaneitate și naturalețe a mișcărilor,