

# Place de l'Electro-Stimulation Neuro-Musculaire (ESNM) dans la rééducation des lésions ligamentaires du geno

Autor(en): **Kerkour, Khelaf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Physiotherapie = Fisioterapia**

Band (Jahr): **33 (1997)**

Heft 8

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-929228>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Place de l'Electro-Stimulation Neuro-Musculaire (ESNM) dans la rééducation des lésions ligamentaires du genou

Khelaf Kerkour, Physiothérapeute-chef, Hôpital Régional, 2800 Delémont

## RÉSUMÉ

La douleur, l'épanchement articulaire (hémarthrose, hydarthrose), l'œdème, la sidération musculaire, l'immobilisation sont des facteurs qui favorisent l'apparition ou l'aggravation d'une atrophie musculaire non neurogène. Toute composante physiologique de la vie du muscle qui modifie ses caractéristiques morphologiques, biochimiques ou électriques peut provoquer une atrophie. L'électrostimulation neuromusculaire (ESNM) tend à se substituer à une déficience, momentanée ou durable, de l'activité musculaire volontaire et celà dans les limites d'un mimétisme physiologique. Son action sur le métabolisme, la morphologie et les performances du muscle est intimement liée au mode d'entraînement appliqué. Dans le cas d'un muscle normalement innervé, le schéma de stimulation électrique est forcément surimposé au schéma naturel d'activité, propre à une fibre musculaire donnée. L'ensemble des données relatives au processus de stimulation démontre à l'évidence que seule une électromyostimulation continue, c'est-à-dire qui détermine une dose d'activité musculaire prolongée pendant plusieurs heures et répétée régulièrement chaque jour, est efficace pour assurer, selon les besoins: le maintien, le recouvrement ou le renforcement des caractéristiques contractiles, propres à un type donné de fibre musculaire.

## INTRODUCTION

L'utilisation de la neurostimulation électrique de surface en rééducation a un but soit antalgique

ou excito-moteur (fig: 1). Ses applications sont nombreuses en rééducation et peuvent également concerner le muscle sain du sportif dans un but d'augmentation des performances musculaires ou celui partiellement ou totalement dénervé. Dans le cadre de la rééducation du genou ligamentaire (avec traitement conservateur ou chirurgical), nous utilisons comme adjuvant thérapeutique l'électro-stimulation neuro-musculaire (ESNM) pour limiter les problèmes muscu-

lares liés à l'atrophie et au mode de recrutement spécifique de la force musculaire (6, 8, 10, 14, 20, 21, 28, 33). L'immobilisation (selon sa durée) entraîne une amyotrophie sur les fibres de type I et/ou de type II, ainsi qu'une perte de poids musculaire et une diminution pratiquement identique de la force. Appel (1), Gremion (15) montrent que cette atrophie est d'autant plus marquée pendant la 1<sup>re</sup> semaine d'immobilisation (10% du poids musculaire) et que c'est durant cette première phase qu'il faut tout mettre en œuvre pour limiter cette atrophie musculaire; à 4 semaines, elle peut atteindre 20 à 30%.

L'épanchement articulaire (hydarthrose ou hémarthrose) va entraîner une inhibition de la contraction musculaire avec une élévation d'excitabilité des unités motrices du quadriceps (11, 19, 31). Fahrer (11), Spencer (31) constatent que, lors de l'injection de plasma dans l'articulation du genou, 20 à 30 ml sont suffisants pour entraîner une diminution d'amplitude du réflexe H au niveau du vastus medialis alors que 50 à 60 ml sont nécessaires pour les autres chefs... (d'où l'atrophie préférentielle du vastus médialis et l'impératif d'avoir un genou «sec» en rééducation). Lors de tout incident douloureux dans le programme de rééducation, l'amplitude des unités motrices s'effondre et divers auteurs (2, 4) confirment le rôle des influx nociceptifs dans la genèse de l'amyotrophie (genou «sec» et «indolore»). Ainsi toute composante physiologique de la vie du muscle qui modifie ses caractéristiques morphologiques, biochimiques ou électriques peut provoquer une atrophie.

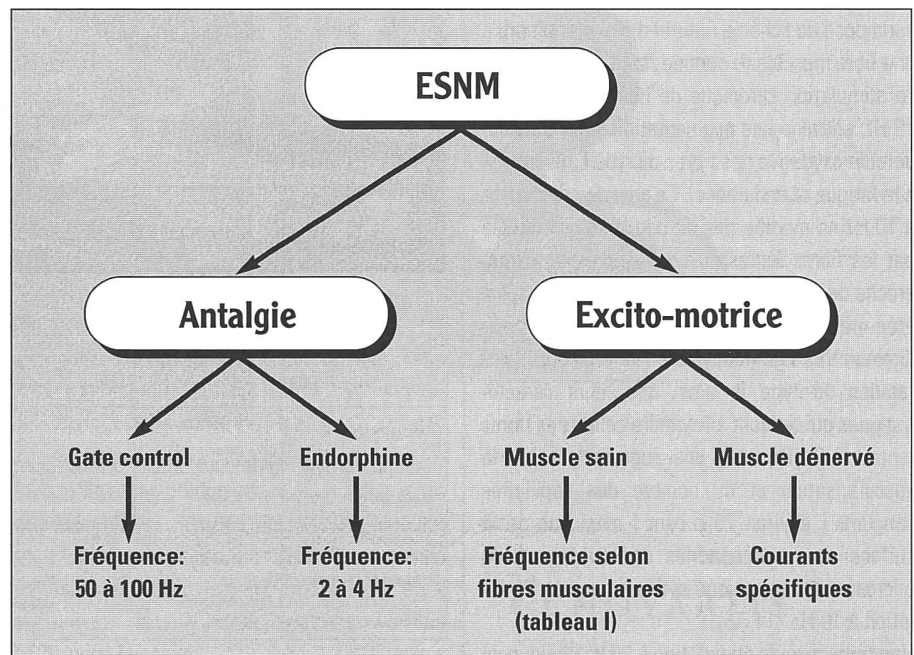


Figure 1: Possibilités d'utilisation de l'ESNM en rééducation.

Classification des principales fibres musculaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fibres 1</li> <li>ou</li> <li>ST (slow Twitch)</li> <li>ou</li> <li>SO (slow oxydative)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fibres 2a</li> <li>ou</li> <li>FTa (fast twitch)</li> <li>ou</li> <li>FR (fast résistant)</li> <li>ou</li> <li>FOG (fast twitch oxydative glycolytic)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fibres 2b</li> <li>ou</li> <li>FTb (fast twitch)</li> <li>ou</li> <li>FF (fast fatigable)</li> <li>ou</li> <li>FG (fast twitch glycolytic)</li> </ul>
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lentes</li> <li>Toniques</li> <li>Rouges</li> <li>Endurance (aérobie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intermédiaires</li> <li>Tonico-phasiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rapides</li> <li>Phasiques</li> <li>Blanches</li> <li>Force (anaérobie)</li> </ul>
Diamètre	26 µm	28 µm	46 µm
Vitesse de conduction	60–80 m/s	80–100 m/s	80–130 m/s
Force (g)	5	20	50
Fréquence (Hz) de stimulation chronique	10 Hz	20 Hz	50 Hz
Fréquence (Hz) de tétanisation	33 Hz (30–35 Hz)	50 Hz (45–55 Hz)	65 Hz (60–70 Hz)

Tableau I: Principales caractéristiques et propriétés des trois types principaux de fibres musculaires.

### Effets de l'ESNM sur les fibres musculaires

L'ESNM tend à se substituer à une déficience, momentanée ou durable, de l'activité musculaire volontaire et cela dans les limites d'un mimétisme physiologique. Tout comme le genre d'activité volontaire qu'elle tend à suppléer, son action sur le métabolisme, la morphologie et les performances du muscle est intimement liée au mode d'entraînement appliqué (3, 24, 25). Dans le cas d'un muscle normalement innervé, le schéma de stimulation électrique est forcément surimposé au schéma naturel d'activité, propre à une fibre musculaire donnée (tableaux I et II).

La stimulation chronique de basse fréquence à 10 Hz, entraîne une augmentation de la capacité aérobie oxydative des fibres du type I (résistance à la fatigue et endurance). Ce type de stimulation à 10 Hz ne modifie pas ou peu la force délivrée par les fibres lentes du type I, car elle se rapproche de la stimulation médullaire de base qui a été mesurée à 8,4 Hz ± 1,3 Hz. Cependant elle diminue très significativement la force des fibres rapides du type II, ainsi que leurs caractéristiques qui tendent à rejoindre celles des fibres lentes (3, 9). De plus, une augmentation de la vascularisation et du nombre des capillaires sanguins (environ 25 p.cent) ainsi que de la surface des mitochondries a été observé au microscope électronique avec ce type de stimulation à 10 Hz. (14, 16).

Une fréquence de stimulation à 20 Hz diminue de façon significative la force musculaire (22). Une

fréquence supérieure à 20 Hz produit une contraction électro-induite de type tétanique et, il est alors impératif de programmer une phase de repos au moins égale au temps de contraction. En général pour un muscle non dénervé, le temps

de stimulation et le temps de repos se situent dans un rapport de 1 à 4 ou 5 (car la stimulation électrique transcutanée provoque toujours, à l'inverse de la contraction volontaire, une réponse «synchrone» ou simultanée de toutes les fibres musculaires recrutées selon l'importance des stimuli appliqués au muscle et crée une fatigue musculaire locale plus importante avec augmentation de la libération d'acide lactique (18) mais, pas de fatigue centrale. Cette phase de repos peut-être favorisée en programmant une stimulation de 4 à 6 Hz qui permet une meilleure relaxation et récupération musculaire.

La stimulation à 33 Hz permet une tétanisation complète des fibres de type I et, est considérée comme donnant la sensation la moins désagréable et la mieux tolérée (27).

La stimulation à 50 Hz, avec temps de travail de 15 s et temps de repos de 100 s, a une meilleure action sur la force, non pas par une augmentation de la section transversale des fibres mais par une augmentation significative de la force par gramme de muscle (5, 13). Il n'y a pas d'hypertrophie des fibres mais augmentation de leur force spécifique. En revanche, si l'ESNM est associée à une contraction isométrique résistée, on peut obtenir une hypertrophie des fibres (méthode Kotz).

La stimulation à 65–70 Hz permet une tétanisation complète des fibres II et entraîne une augmentation de la force musculaire excentrique et à hautes vitesses angulaires (mesures isocinétiques).

	ATROPHIE		RENFORCEMENT		
	Prévention	Traitement	Endurance	Résistance	Force max.
Fréquence (Hz) de stimulation	8 à 10 Hz	30 à 50 Hz	35 à 50 Hz	50 à 70 Hz	70 à 100 Hz
Temps de stimulation	>2h	1 à 2h	30' à 1h	15 à 30'	15 à 30'
Type de stimulation	Chronique	Tétanique	Tétanique	Tétanique	Tétanique
Temps de contraction	–	10 à 15 sec	8 à 10 sec	6 à 8 sec	4 à 6 sec
Temps de repos	–	80 à 100 sec	40 à 50 sec	24 à 32 sec	4 à 12 sec
Intensité «supportable» (en mA)	Infradouloureux	Infradouloureux	Submaximale	Submaximale	Maximale
Association	–		Isométrique Contraction musculaire volontaire Concentrique Excentrique		

Tableau II: Caractéristiques des différents paramètres utiles à l'établissement d'un programme d'ESNM (en fonction des buts fixés).





*GEGEN müde,  
schwere BEINE.*



**Zusammensetzung:** Heparinoidum «Geigy» 1%. Crème: Aromatica, Phenoxyethanol, Propylenglycol. Emulgel® und Gel: Aromatica. Lotion: Propylenglycol. **Indikationen:** Beschwerden im Zusammenhang mit Krampfadern wie Schmerzen, Schweregefühl, geschwollene Beine (Stauungsödeme) und Wadenkrämpfe; stumpfe Sport- und Unfallverletzungen; Prophylaxe und Therapie von Thrombophlebitiden bei Bettlägerigkeit. **Dosierung:** 2-3 x täglich auf die intakte Haut auftragen und ohne Druck verteilen. **Kontraindikationen:** Bekannte Überempfindlichkeit gegen einen der Inhaltsstoffe (insbesondere den Wirkstoff), Blutungsneigung, Thrombozytopenie. **Vorsichtsmassnahmen:** Nicht auf offene Wunden und Schleimhäute und bei eitrigen Prozessen nicht auf die Infektionsstelle streichen. Kontakt mit der Augenbindehaut ist zu vermeiden. Bei thrombotischen und thromboembolischen Prozessen darf nicht massiert werden. **Unerwünschte Wirkungen:** In seltenen Fällen sind bei Allergikern mit Neigung zu Ekzemen Kontaktallergien beobachtet worden. **Interaktionen:** Keine bekannt. **Packungen:** Crème 30\* und 150 g, Gel 30\* und 150 g, Lotion 50\* und 120\* ml, Emulgel® 50 und 100 g (D). Für ausführliche Informationen verweisen wir auf das Arzneimittel-Kompodium der Schweiz. Stand der Information: August 1994. \* Kassenzulässig

 **NOVARTIS**

Novartis Consumer Health S.A.  
Switzerland, CH-1260 Nyon 1



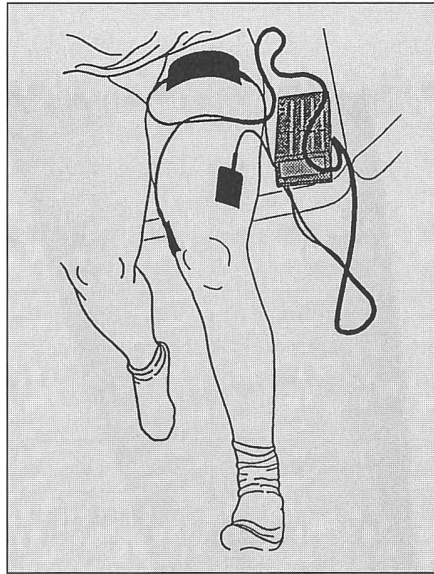
Pour un recrutement maximal des unités motrices ou pour des sportifs confirmés, il peut être judicieux d'utiliser des fréquences supérieures (*tableau II*) en y associant toujours des contractions musculaires volontaires qui autorisent une meilleure tolérance du courant.

L'ensemble des données relatives au processus de stimulation démontre à l'évidence que seule une électromyostimulation continue, c'est-à-dire qui détermine une dose d'activité musculaire prolongée pendant plusieurs heures et répétée régulièrement chaque jour, est efficace pour assurer, selon les besoins, le maintien, le recouvrement ou le renforcement des caractéristiques contractiles, propres à un type donné de fibre musculaire.

Thépaut-Mathieu (32) rapporte qu'il paraît illusoire de n'espérer toucher qu'un seul type de fibres dans la mesure où, si l'on désire que le champ d'excitation soit le plus large possible, nous sommes contraints d'augmenter l'intensité du courant (fibres II sont excitées avec un courant de faible intensité et à mesure que l'intensité augmente, l'excitation gagne les fibres I car la vitesse de conduction des fibres rapides est plus grande et, de plus elles se situent à la périphérie des muscles donc plus facilement recrutées par stimulation).

Hainaut (17) insiste sur l'association de l'ESNM à des contractions musculaires volontaires car elle induit une activité des unités motrices larges qui sont difficiles à recruter lors d'un effort volontaire; de plus, elle retarde le déficit musculaire durant la dénervation ou l'immobilisation et optimise la restauration de la force musculaire durant la rééducation. En ESNM, il n'y a pas d'effets secondaires sur les caractéristiques morphologiques et histochimiques des fibres musculaires (36) ni, risques de lésions de fibres dans la mesure où l'on respecte une intensité supportable et, nous préférons privilégier une durée de stimulation plus longue avec une intensité de courant moins importante qu'imposer une intensité trop importante qui risque de faire rejeter cette technique par le patient et créer éventuellement des courbatures ou des douleurs musculaires retardées.

L'ESNM peut être associée à des contractions musculaires isométriques en position de recrutement maximal pour le muscle (ex: quadriceps: genou fléchi à 60–70 deg. et ischios-jambiers: genou à 30–35 deg. de flexion) ou, à des contractions de type concentrique ou excentrique pour développer les propriétés contractiles et pliométriques des muscles. En cas de douleurs résiduelles importantes, nous pouvons y associer un courant de type TENS basé sur la théorie du «Gate Control».



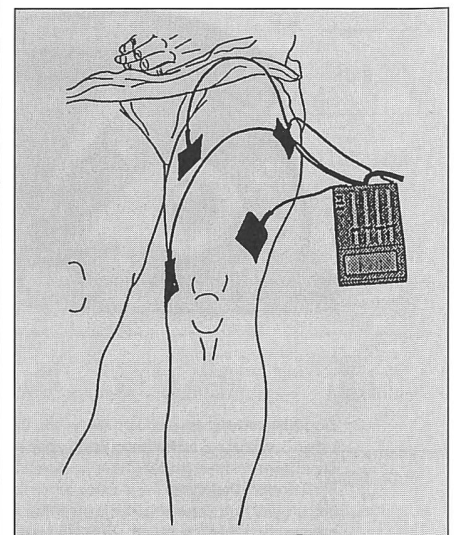
**Figure 2: Place des électrodes en stimulation monopolaire. L'électrode distale se place en regard du point moteur du muscle à stimuler (la préparation de la peau par rasage est importante). Les électrodes sont placées dans le sens longitudinal et, plus elles sont éloignées plus grand est le champ électrique créé (recrutement plus important de fibres musculaires). La position du genou [15/0/0] recrute de préférence le vaste médialis, tandis qu'avec une flexion à [75/60/0] nous recrutons mieux les autres chefs du quadriceps. L'association avec une contraction isométrique résistée, concentrique ou excentrique peut être demandée au sujet.**

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

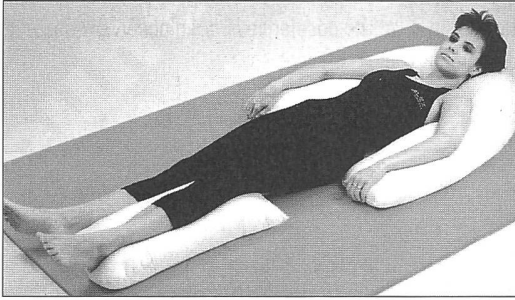
Nous utilisons des stimulateurs portables totalement informatisés (Compex ou Stiwel), à 4 canaux de sortie indépendants délivrant des impulsions rectangulaires (optimales à toutes autres formes) compensées: monophasiques ou biphasiques (symétriques ou asymétriques). Le choix du courant monophasique compensé ou biphasique est essentiellement dicté par la relation entre la qualité de la contraction générée et le confort du patient.

Ces stimulateurs sont des générateurs de courant constant contrôlés par micro-processeur et utilisant une carte mémoire E.P.R.O.M. ou carte à puce, programmable et interchangeable incorporée. Ils peuvent, non seulement délivrer le programme prévu, mais également enregistrer journalièrement la séance effectuée par le patient, permettant un contrôle de la compliance thérapeutique. C'est d'autant plus capital que l'orientation actuelle se fait de plus en plus vers une location à domicile de ses appareils. Chaque semaine, un contrôle de la compliance thérapeutique est effectué et, au besoin, il est possible d'augmenter les temps de contractions (ou inversement) en fonction de l'état clinique du sujet. Ce courant constant est à moyenne électrique

nulle et il est possible de stimuler même en présence de matériel d'ostéosynthèse sans risque de brûlure (ex: vis ou agrafes). Ces impulsions peuvent être générées en mode continu ou itératif: la durée d'impulsion est brève, de l'ordre de 33 à 440 microsecondes. Il est physiologiquement démontré que l'impulsion nécessitant la quantité minimale d'énergie électrique nécessaire pour amener un nerf ou un muscle au seuil critique d'excitation, est déterminé par une durée de passage du courant égale à la chronaxie de ce nerf ou de ce muscle (pour le membre inférieur 200 à 300 microsecondes). Le passage transcutané du courant ne se fait pratiquement plus à travers la résistance ohmique de la peau mais au contraire essentiellement par sa capacitance. Ainsi par ce biais technique, il n'y a plus d'électrolyse cutanée (pas de risques de brûlures) et la stimulation devient pratiquement indolore. Les électrodes en carbone (avec eau), ou autocollantes (avec gel), sont très faciles à placer et permettent d'assurer une interface électrolytique acceptable pour un traitement de longue durée. Le choix du type d'électrodes se fait en fonction de la localisation de la stimulation et, du mode de stimulation en monopolaire (électrode négative: cathode active), ou bipolaire (les deux électrodes – anode, cathode – sont alternativement actives: *fig: 2 et 3*). Pour le même passage de courant total, la densité du courant à une électrode augmente en proportion inverse de sa surface; ainsi plus la surface de l'électrode est petite et plus la densité du courant augmente de même que la résistance ohmique de la peau. Donc une électrode est rendue plus active sur une zone localisée et précise de stimulation en la choisissant de faible surface et en la plaçant sur la zone motrice du muscle; l'autre «indifférente»



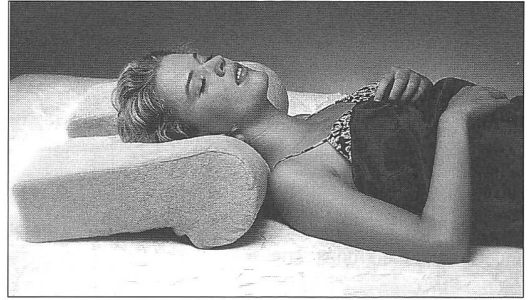
**Figure 3: Place des électrodes en stimulation bipolaire (mêmes considérations que pour la stimulation en monopolaire).**



**CORPO  
MED®**

Le coussin CorpoMed® soutient, maintient et soulage le positionnement journalier dans les physiothérapies, les homes médicalisés et centres de réhabilitation. Le coussin CorpoMed® existe en différentes grandeurs.

*the original*



**the  
pillow®**

**COMPACT** le coussin cervical  
**COMPACT** nouvelle dimension  
(54 x 31 x 14)  
**COMPACT** en latex naturel  
**COMPACT** pour un bon positionnement

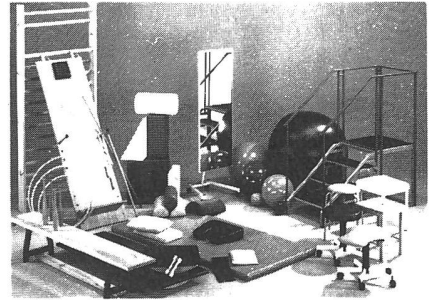
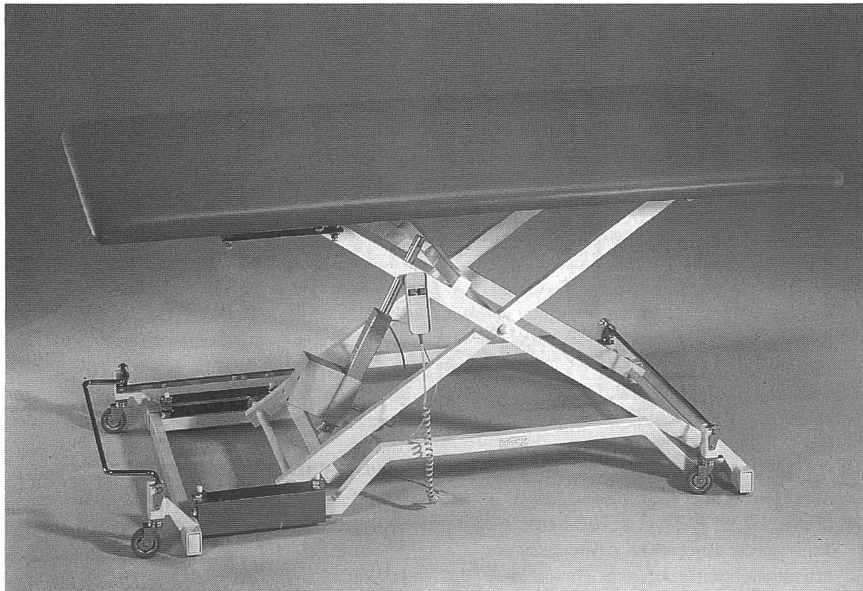
Veillez nous envoyer:  
Prix, conditions, prospectus

coussin CorpoMed®  
 the pillow®

Timbre/adresse:

**BERRO AG** Case postale • CH-4414 Füllinsdorf  
Téléphone 061-901 88 44 • Fax 061-901 88 22

PH 97



Bekannt und bewährt  
**Bobath-Liege**  
von HWK-Medizintechnik

- 36 cm bis 91 cm!
- Mit Radautomatik
- Grosse Liegefläche  
200 x 120 cm
- 36 Monate Garantie
- «Aufstellende» Farben
- Und erst noch preisgünstig!

**COUPON**

Senden Sie mir:

- Offerte Bobath-Liege  
 Ihre Komplett-Dokumentation

Name: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ 8/97

Verkauf, Service, Ausstellung:

**ac**  
**alfa-physio-care**

C. Wüthrich AG

Baselstrasse 63

**4124 Schönenbuch**

Tel. 061-481 90 30, Fax 061-482 19 23

Verlangen Sie kostenlos und  
unverbindlich eine Offerte

est la plus grande possible (méthode monopolaire). Si le muscle présente un gros volume, il est préférable d'adopter la méthode bipolaire avec des électrodes de même surface. Les électrodes sont toujours placées dans le sens longitudinal des fibres car, il conduit environ 4 à 6 fois mieux le courant dans le sens de la longueur que transversalement. Pour faciliter la stimulation en profondeur, les électrodes sont éloignées au maximum.

Dans le cadre particulier de la reconstruction du LCA par plastie intra-articulaire, l'ESNM doit observer quelques impératifs (7, 26, 30):

- *quadriceps seul (Q)*: genou fléchi de 60 à 90 degrés (avec contre-appui sur la tubérosité tibiale antérieure du tibia)
- *ischio-jambiers seuls (IJ)*: genou fléchi de 45 à 90 degrés
- *co-contractions (IJ/Q)*: la flexion du genou est de 45 à 90 deg. et l'intensité appliquée au niveau des IJ supérieure à celle du Q.

Mais il faut également ne pas oublier la stimulation du triceps sural qui est également retrouvé très vite atrophié après ligamentoplasties.

En post-opératoire immédiat un programme d'ESNM de 4 h/j. (30) est appliqué: prévention, traitement de l'atrophie et mobilisation du cul de sac sous-quadricepsal (*tab. II*) qui permet de mieux évacuer l'hémarthrose et de lever la sidération musculaire. Ce programme dure environ 2 à 3 semaines et, est ensuite remplacé par un traitement de 1 h 30 à 2 h à domicile. Si ce temps de stimulation semble bien trop long à certains, il est de moitié inférieur aux 8 h/j. de stimulation électrique journalière qu'utilisent Morrissey (23) et Sisk (29) ou aux 6 h de Wilk (34, 35).

**Remarque: ce programme de stimulation dure environ 6 à 8 semaines, selon la récupération fonctionnelle et les besoins spécifiques des sujets (endurance, puissance... : tableaux I et II).**

## CONCLUSION

L'ESNM du genou après traitement conservateur ou chirurgical, si elle permet de diminuer les problèmes liés à l'atrophie musculaire a également un effet non négligeable sur la douleur en diminuant les influx nociceptifs (gate control). Son utilisation de façon très précoce, en respectant les impératifs de cicatrisation des parties molles et les conditions physiologiques des fibres musculaires, va permettre de diminuer les suites sur: la douleur, la mobilité, la stabilité et l'atrophie. Une stimulation de longue durée, à différentes fréquences, semble être plus efficace, avec augmentation des temps de contraction afin de

développer les qualités indispensables d'endurance musculaire. Un contrôle régulier de la compliance thérapeutique permet d'adapter au

mieux le programme spécifique à chaque patient et, de déceler ceux qui n'observent pas le traitement prescrit.

## Références bibliographiques

- 1) APPEL HJ.: Skeletal muscle atrophy during immobilization, *Int J Sports Med*, 7, 1–12, 1986.
- 2) BARRACK R., SKINNER H., BUCKLEY S.: Proprioception in the anterior cruciate deficient knee, *Am J Sports Med*, 17, 1–6, 1989.
- 3) BIGARD AX., CANON F., GUEZENNEC CY.: Conséquences histologiques et métaboliques de l'électromyostimulation: Revue de la littérature, *Science and Sports*, 6, 275–92, 1991.
- 4) BOITARD J., BACQUART F. et al.: Intérêt de l'électromyographie dans le suivi et la programmation de la rééducation du genou ligamentaire opéré. In: Rééducation 86, Expansion Scientifique Française, Paris, 47–54, 1986.
- 5) BRODARD R., GOBELET C.: Données actuelles en électromyostimulation fonctionnelle. Principes théoriques, vol. 1. Médicompex, Genève, 1988.
- 6) CABRIC M., APPELL HJ., RESIC A.: Effects of electrical stimulation of different frequencies on the myonuclei and fiber size in human, *Int J Sports Med*, 8, 323–6, 1987.
- 7) CHRISTOPHER CK., MC CARTHY JA. et al.: An in vivo analysis of the effect of transcutaneous electrical stimulation of the quadriceps and hamstrings on anterior cruciate ligament deformation, *Am J Sports Med*, 16, 147–152, 1988.
- 8) DELITTO A., SNYDER-MARCKLER L.: Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation, *Phys Ther*, 70, 158–64, 1990.
- 9) DONSELAAR Y., EERBEEK O. et al.: Fibre sizes and histochemical staining characteristics in normal and chronically stimulated fast muscle of cat, *J Physiol London*, 382, 237–254, 1987.
- 10) ERIKSSON E., HÄGGMARK T.: Comparaison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery, *Am J Sports Med*, 7, 169–71, 1979.
- 11) FAHRER H., RENTSCH HU. et al.: Knee effusion and reflex inhibition of the quadriceps. A bar to effective retraining, *J Bone Joint Surg*, 70 B, 635–8, 1988.
- 12) GIBSON JN., SMITH K., RENNIE MJ.: Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation: maintenance of protein synthesis, *Lancet*, 767–770, 1988.
- 13) GOBELET C., GREMION G. et al.: Electro-myostimulation: un moyen de renforcement musculaire, *Muscle Rééduc.* 12, 109–213, 1988.
- 14) GOBELET C.: Communication au cours de perfectionnement en médecine du sport. Fribourg, 1990.
- 15) GREMION G., LACRAZ A. et al.: Electro-stimulation: Traitement des amyotrophies, in Rééducation des traumatismes sportifs: Actualités en médecine du sport, 5, Masson, Paris, 1990.
- 16) GRIMBY G., NORDWALL A. et al.: Changes in histochemical profile of muscle after long term electrical stimulation in patients with idiopathic scoliosis, *Scand J Rehab Med*, 17, 191–6, 1985.
- 17) HAINAUT K., DUCHATEAU J.: Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise, *Sports Med*, 14, 100–13, 1992.
- 18) KARLSON J.: Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man, *Acta Physiol Scand Suppl*, 1, 72, 1971.
- 19) KENNEDY JC., ALEXANDER IJ., HAYES KC.: Nerve supply of the human knee and its functional importance, *Am J Sports Med*, 10, 329–35, 1982.
- 20) KERKOUR K., MEIER JL., MANSUY J.: Chirurgie du genou: Electromyostimulation programmable, *Ann Réadapt Méd Phys*, 33, 55–61, 1990.
- 21) KRAMER JF.: Effect of electrical stimulation current frequencies on isometric knee extension torque, *Phys Ther* 67, 31–38, 1987.
- 22) LAKE DA.: Neuromuscular electrical stimulation: An overview and its application in the treatment of sports injuries, *Sports Med*, 13, 320–36, 1992.
- 23) MORRISSEY MC., BREWSTER CE., SHIELDS C.: The effect of electrical stimulation on the quadriceps during postoperative knee immobilization, *Am J Sports Med* 13, 40–45, 1985.
- 24) PORTMAN N.: Electromyostimulation. In: Physiologie appliquée de l'activité physique (Nadeau M, Perronnet F, eds). Vigot, Paris, 255–258, 1980.
- 25) PORTMAN M., MONPETIT R.: Effets de l'entraînement par électrostimulation isométrique et dynamique sur la force de contraction musculaire, *Sci. Sports*, 6, 193–203, Elsevier, 1991
- 26) RENSTRÖM P., ARMS SW. et al.: Strain within the anterior cruciate ligament during Hamstrings and quadriceps activity, *Am J Sports Med* 14, 83–87, 1986.
- 27) ROQUES CF., CONDOURET J., BOURG V.: Renforcement musculaire par électrostimulation, *JAMA, Act. thérapeutiques (supplément)*, N° hors série, 27–29, Paris, 1990.
- 28) SELKOWITZ DM.: High frequency electrical stimulation in muscle strengthening: A review and discussion, *Am J Sports Med*, 17, 103–11, 1989.
- 29) SISK TD., STRALKA SW. et al.: Effect of electrical stimulation on the quadriceps strength after reconstructive surgery of the anterior cruciate ligament, *Am J Sports Med*, 15, 215–20, 1987.
- 30) SNYDER ML., LADIN Z. et al.: Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament. Effects of electrically elicited contraction of the quadriceps femoris and hamstrings muscles on gait and on strength of the thigh muscles, *J Bone Joint Surg*, 73, 1025–36, 1991.
- 31) SPENCER JD., HAYES KC., ALEXANDER IJ.: Knee joint effusion and quadriceps reflex inhibition in man, *Arch Phys Med Rehabil*, 65, 171–177, 1984.
- 32) THÉPAUT-MATHIEU C., POUGHEON M.: Electro-stimulation appliquée de manière prolongée, *Kinési. scient.*, 308, 15–20, 1992.
- 33) VANDERTHOMMEN M., CONSTANT T., CRIELAARD J.M.: Intérêts de l'électromyostimulation de basse fréquence après arthroscopie du genou, *Kinési. scient.*, 308, 21–22, 1992.
- 34) WILK KE., ANDREWS JR.: Current concepts in the treatment of anterior cruciate ligament disruption, *J Orthop Sports Phys Ther*, 15, 279–294, 1992.
- 35) WILK KE., ANDREWS JR., CLANCY WG.: Quadriceps Muscular strength after removal of the central third patellar tendon for contralateral ACL reconstruction surgery: a case report, *J Orthop Sports Phys Ther*, 18, 692–7, 1993.
- 36) WRIGHT J., HERBERT MA. et al.: Morphologic and histochemical characteristics of skeletal muscle after long-term intramuscular electrical stimulation, *Spine*, 17, 767–70, 1992.



**Neuheit**



**Schmerzbehandlung  
in 90 Sekunden!**

## **Cryotron: Kältetherapie bei $-78^{\circ}\text{C}$**

- Schmerzblockade
- Entzündungshemmung
- Ödemdrainage
- Muskelrelaxation

# **AGA**

AGA Aktiengesellschaft\*  
Industriestrasse 30  
4133 Pratteln  
Telefon 061 826 72 00  
Telefax 061 826 72 01

\* AGA ist der Alleinver-  
treter in der Schweiz von

**Cryonic**  
MEDICAL

- Ich bitte um kostenlose Unterlagen  
 Ich bitte um eine kostenlose Demonstration des Cryotrons  
 Ich möchte den Cryotron 14 Tage kostenlos zur Probe

Name und Vorname: \_\_\_\_\_  
Adresse: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_