

Electrothérapie du muscle dénervé 1^{ère} partie

PASCAL ADAM

Masseur Kinésithérapeute D.E. / Enseignant en électrothérapie / IFMK Paris

L'application d'un courant électrique dans l'environnement d'un muscle privé de sa commande nerveuse périphérique reste probablement le domaine le plus délicat de l'électrothérapie. La raison est d'abord historique car pendant de nombreuses années, les partisans du « pour », aussi nombreux que les adeptes du « contre », se sont affrontés parfois vigoureusement dans des débats assez stériles, car dépourvus de réelles évidences scientifiques. Elle est aussi due à un manque de compréhension à la fois de la physiopathologie des atteintes nerveuses périphériques mais aussi souvent des bases même de l'électrothérapie. Avant de présenter les différentes modalités de prise en charge du muscle dénervé par électrothérapie, il est tout à fait essentiel d'examiner en quoi la stimulation d'un muscle dénervé peut-elle être bénéfique ?

— 1 / RAPPELS DES PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES D'UNE DÉNERVATION TRAUMATIQUE ET DE LA RÉGÉNÉRATION NERVEUSE —

Seddon propose la classification la plus simple des atteintes nerveuses traumatiques et distingue :

• La neurapraxie :

Correspond le plus souvent à une simple compression nerveuse n'entraînant pas de solution de continuité de l'axone ou de ses gaines. Il s'agit d'une démyélinisation très localisée entre 2 ou quelques nœuds de Ranvier, qui se traduit par un bloc de conduction dont le pronostic est bon à condition toutefois que la compression soit levée dans un délai raisonnable. Le délai habituel de récupération est de 6 à 8 semaines et correspond aux délais de réparation de la gaine de myéline.

La « Saturday-night palsy » des anglo-saxons ou la paralysie des amoureux, illustre très bien ce qu'est la neurapraxie du nerf radial, en l'occurrence celle provoquée par un appui prolongé de la tête du partenaire sur un bras.

• L'axonotmésis :

Il y a rupture ou section de l'axone, mais la gaine axonale et les tubes endoneuraux sont intacts. C'est aussi parfois la conséquence d'une compression prolongée.

La partie distale de l'axone dégénère rapidement en quelques jours, c'est la dégénérescence wallérienne. Presqu'aussitôt la régénération axonale débute à partir du bourgeon proximal, à la vitesse moyenne d'1 mm par jour. Le pronostic est en général bon, puisque les risques

de fausse route sont en principe écartés par la persistance de tubes endoneuraux fonctionnels. Les délais de récupérations dépendent principalement du niveau de la lésion initiale et de la distance de repousse.

• Le neurotmésis :

Pour Seddon, il y a rupture ou section de tous les éléments constitutifs du nerf avec parfois des pertes de substance associée.

L'extrémité distale du nerf se dégrade (dégénérescence wallérienne) et la régénération axonale va se produire, mais le plus souvent sans bon résultat fonctionnel puisqu'en l'absence de sa gaine, l'axone fait des fausses routes en empruntant des gaines de voisinage ou s'em mêle comme une pelote de laine pour former un névrome.

La réparation chirurgicale a pour but de transformer un neurotmésis en axonotmésis dont le pronostic fonctionnel est bien meilleur. Il existe d'autres classifications comme celle de Sunderland qui propose des stades intermédiaires selon l'étendue des lésions des différentes gaines (endonèvre, périnèvre, épinèvre), mais surtout tous les auteurs reconnaissent la quasi constance des atteintes en mosaïque d'un même nerf, c'est-à-dire des atteintes où cohabitent à des degrés divers des lésions anatomiques variées.

— 2 / INFLUENCE DE L'ÉLECTRICITÉ SUR LA RÉGÉNÉRATION NERVEUSE —

2.1 > Que disent les études ?

De nombreuses études ont cherché à déterminer si l'application d'un courant de stimulation était bénéfique en favorisant la repousse nerveuse ou bien au contraire néfaste en inhibant ou en ralentissant le processus de la régénération.

Les paramètres de stimulations utilisés dans ces études, sont toutefois très hétérogènes. En effet, certaines études ont consisté à stimuler les fibres musculaires au moyen d'impulsions de longue durée et de très basses fréquences, alors que d'autres au contraire utilisaient la stimulation nerveuse avec des impulsions très brèves et des fréquences téтанisantes.

De plus, les populations humaines étudiées ne présentent rarement, voir jamais, des lésions nerveuses homogènes (axonotmésis, neurapraxie...). Les résultats sont donc

forcément hétérogènes avec parfois une tendance à l'amélioration de la repousse, alors qu'au contraire d'autres études concluent à une inefficacité voir à un effet néfaste de la stimulation sur les mécanismes de la repousse.

Une revue récente de la littérature réalisée en 2009 par T. Gordon, va plutôt cependant dans le sens d'un effet positif de l'électrothérapie... Mais de quoi parle-t-on vraiment ?

2.2 > De bonnes questions à se poser !

– Stimulation des fibres musculaires

Lorsque l'on stimule directement les fibres musculaires, l'impulsion électrique déclenche un potentiel d'action qui parcourt les fibres musculaires jusqu'aux tubules T, et sans jamais atteindre les motoneurones, qui de toute façon n'atteignent pas la plaque motrice en cas d'unités motrices dénervées. On voit mal dans ces conditions, comment une stimulation de ce type pourrait influencer d'une manière ou d'une autre la régénération nerveuse (figure 1a).

– Stimulation nerveuse en aval de la lésion

Si maintenant, c'est le nerf moteur qui est stimulé, rappelons d'abord que le nerf ne transmet pas l'impulsion électrique jusqu'au muscle, mais que l'impulsion électrique ne fait que déclencher un potentiel d'action en tout point identique à ceux initiés par une commande volontaire (+30mV). Par conséquent, l'impulsion électrique ne se propage pas au-delà de son point d'application.

Si la stimulation a lieu à proximité du point moteur, (comme ceci doit être la règle pour la neurostimulation), l'impulsion électrique agit en aval du moignon nerveux, et là aussi un quelconque effet sur la repousse est difficilement concevable (figure 1b).

– Stimulation nerveuse en amont de la lésion

Si les motoneurones sont stimulés au niveau du tronc nerveux en amont de la lésion, les motoneurones sains peuvent transmettre les potentiels d'action électro-induits jusqu'aux fibres musculaires qu'ils commandent. La réponse motrice obtenue ne peut provenir que de la partie innervée du muscle.

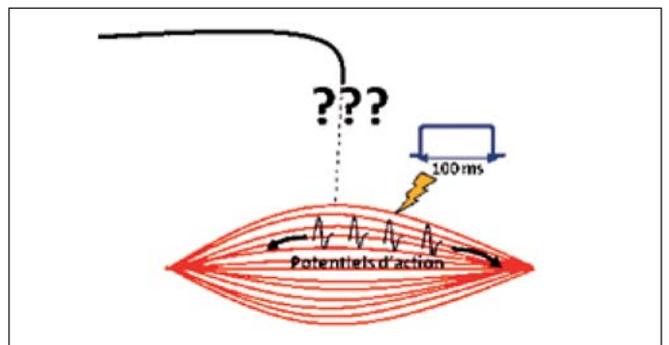
Quant aux motoneurones « amputés », l'impulsion électrique déclenche le potentiel d'action qui se propage jusqu'au moignon nerveux où il aboutit donc dans une impasse. Ici, il serait légitime de s'interroger sur un effet éventuel de ces influx nerveux sur le processus de la repousse nerveuse: la favorise t-elle? L'empêche t-elle ou la ralentit-elle? On n'en sait rien! Mais il faut toutefois noter que la même question peut se poser pour des contractions volontaires, puisque dans ce cas le patient qui cherche à contracter son muscle dénervé active sa commande nerveuse, dont les potentiels d'action arrivent de la même façon au niveau de l'extrémité de l'axone amputé. Hors, il ne semble pas établi que les exercices de rééducation à type de sollicitations volontaires d'un muscle dénervé

doivent être proscrits parce qu'ils inhiberaient la régénération nerveuse! (figure 1c).

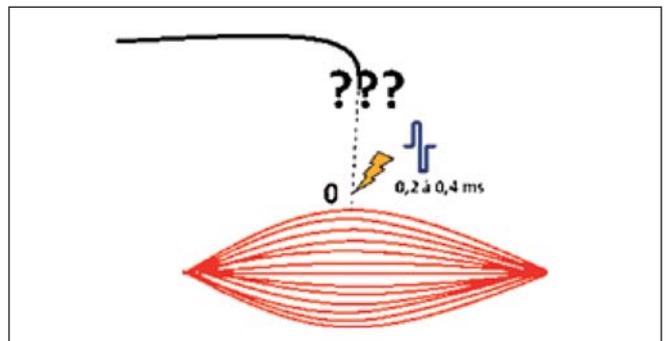
2.3 > Alors à quoi ça sert ?

Devant l'absence actuelle d'évidences scientifiques qui démontreraient un effet favorable ou au contraire défavorable de la stimulation musculaire, sur la qualité et la vitesse de la récupération motrice suite à une lésion nerveuse périphérique, il semble sage de conclure que cette technique ne soit pas capable d'influencer la repousse nerveuse.

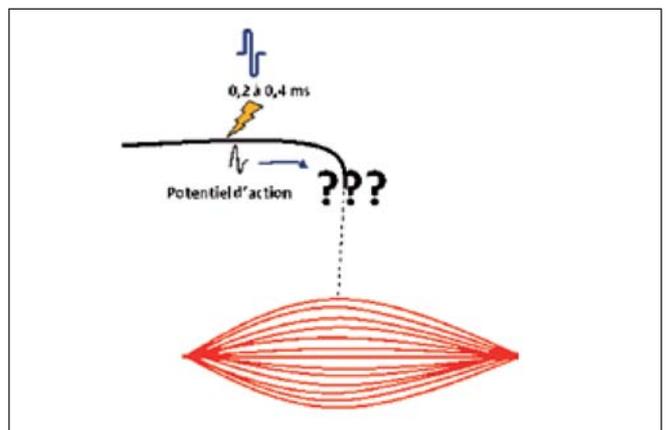
En revanche, la stimulation des fibres musculaires dénervées est l'unique moyen d'imposer une activité mécanique aux muscles privés de leur commande périphérique.



>> Figure 1a: Stimulation du muscle

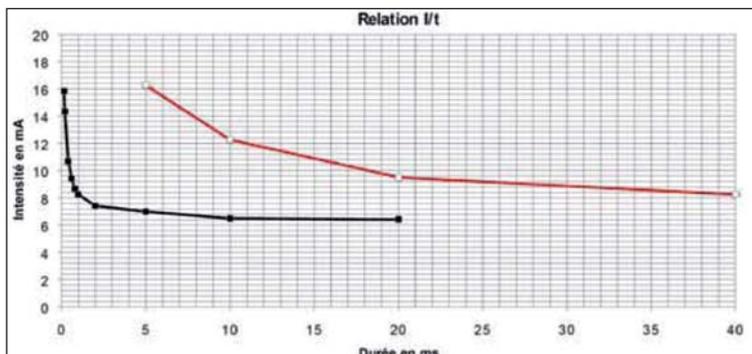


>> Figure 1b: Stimulation du nerf en aval de la lésion



>> Figure 1c: Stimulation du nerf en amont de la lésion

Pour la stimulation nerveuse, des durées moyennes d'impulsions d'environ 200 μ s (0,2 ms) sont couramment utilisées pour l'électrothérapie antalgique et pour la stimulation neuromusculaire...



» » Figure 2: Courbes I/t du nerf (en noir) et du muscle (en rouge)

Cette activité musculaire électro-induite va donc d'une part, contribuer à maintenir un état trophique acceptable en combinaison avec d'autres techniques de rééducation (mobilisations passives, massage, chaleur...), mais va surtout permettre de limiter l'amyotrophie et d'entretenir la contractilité des fibres musculaires.

Rappelons que la sclérose musculaire qui correspond à la disparition irréversible des unités contractiles (sarcomères) apparaît en moyenne entre 12 et 18 mois lorsqu'un muscle n'est plus utilisé. Il s'agit donc toujours d'une situation catastrophique qui compromet le devenir fonctionnel d'un muscle même en cas d'une régénération nerveuse favorable mais tardive.

L'électrothérapie du muscle dénervé a donc pour but de réduire l'amyotrophie et d'entretenir la contractilité pour favoriser une bonne restauration fonctionnelle en cas de régénération nerveuse favorable.

— 3 / RAPPELS DE L'ÉLECTROPHYSIOLOGIE DU NERF ET DU MUSCLE —

Seules structures excitables, c'est-à-dire, dotées de la capacité d'inverser le potentiel électrique de leur membrane puis de propager ce signal, ou potentiel d'action, le long de leur structure, le nerf et le muscle présentent une grande différence d'excitabilité (figure 2).

Ainsi, le stimulus requis pour déclencher un potentiel d'action sur une fibre musculaire est considérablement supérieur à celui qui est nécessaire pour déclencher le même phénomène sur une fibre nerveuse.

Pour une impulsion électrique, cela signifie que la quantité de charges électriques qui doit être appliquée pour exciter une fibre musculaire est plusieurs centaines de fois supérieure à celle qui est suffisante pour exciter une fibre nerveuse. Cette exigence se traduit par la nécessité d'utiliser des durées d'impulsions beaucoup plus longues pour la stimulation musculaire que pour la stimulation nerveuse.

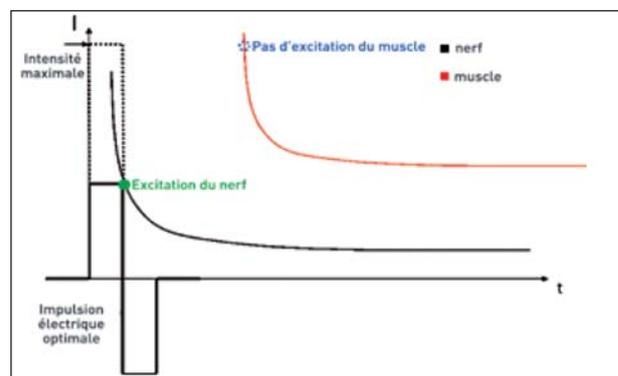
3.1 > L'impulsion de neurostimulation n'est pas capable d'exciter les fibres musculaires

Pour la stimulation nerveuse, des durées moyennes d'impulsions d'environ 200 μ s (0,2 ms) sont couramment uti-



lisées pour l'électrothérapie antalgique et pour la stimulation neuromusculaire (entre 30 et 400 μ s).

Des durées aussi courtes sont parfaites pour stimuler les différentes fibres nerveuses en garantissant le meilleur confort d'utilisation et une efficacité optimale, mais ne permettent en aucun cas de stimuler directement des fibres musculaires (figure 3).



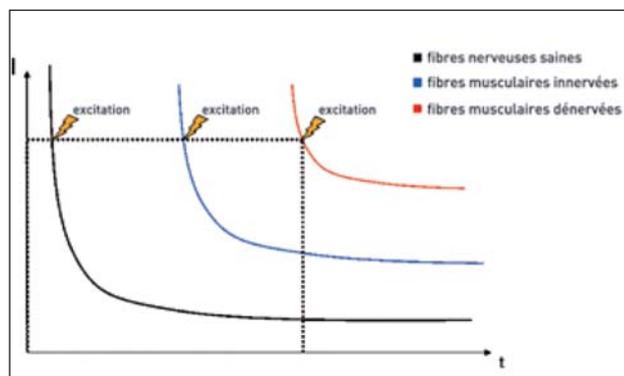
» » Figure 3: Incapacité de l'impulsion de neurostimulation à stimuler le muscle

Ceci est d'ailleurs connu des médecins anesthésistes qui utilisent la stimulation nerveuse pour évaluer l'efficacité de la curarisation ou de la décurarisation. En effet, le curare qui est couramment utilisé en anesthésie provoque une « paralysie thérapeutique réversible » par blocage transitoire de la synapse. Une absence de réponse musculaire au test de stimulation nerveuse met en évidence une curarisation efficace, alors qu'une réponse musculaire indique que la curarisation n'est pas ou plus efficace.

Les courbes I/t du nerf et du muscle montrent aussi clairement que l'utilisation d'une impulsion rectangulaire de longue durée (plusieurs dizaines de ms) peut permettre de stimuler la fibre musculaire, mais que ceci s'accompagne inévitablement de la stimulation des motoneurones.

Dans un tel cas de figure, il n'est jamais possible de déterminer la contribution respective de la stimulation ner-

veuse et de la stimulation musculaire à la réponse mécanique obtenue (figure 4).



» » Figure 4: Une impulsion rectangulaire de longue durée stimule également la partie innervée du muscle.

3.2 > Quelles impulsions pour stimuler directement les fibres musculaires ?

3.2.1 – Dénervé total

Lorsque la dénervation est complète, les fibres musculaires dénervées seront stimulées au moyen d'une impulsion rectangulaire de longue durée.

La durée de l'impulsion sera de préférence égale ou voisine de la chronaxie qu'il est possible d'évaluer au moyen d'un appareil d'électrothérapie proposant un mode « manuel » qui permet de choisir des durées d'impulsion comprises entre 5 ms et 1 seconde. Cette durée d'impulsion maximale sera alors choisie et appliquée sur la partie charnue du muscle avec une incrémentation progressive de l'intensité. La première réponse musculaire sera obtenue lorsque la rhéobase est atteinte. Il suffit alors de choisir une durée d'impulsion de quelques dizaines de ms et de monter l'intensité jusqu'au double de la rhéobase.

Si une réponse est obtenue, on répète la manœuvre en réduisant la durée de l'impulsion de 5 ou de 10 ms. S'il n'y a pas de réponse, on procède à un nouvel essai avec une impulsion d'une durée supérieure. Une autre façon de procéder est d'utiliser une durée d'impulsion de 100 ms qui est réputée être la durée « moyenne » de la chronaxie des fibres musculaires dénervées.



Il suffit alors de choisir une durée d'impulsion de quelques dizaines de ms et de monter l'intensité jusqu'au double de la rhéobase...

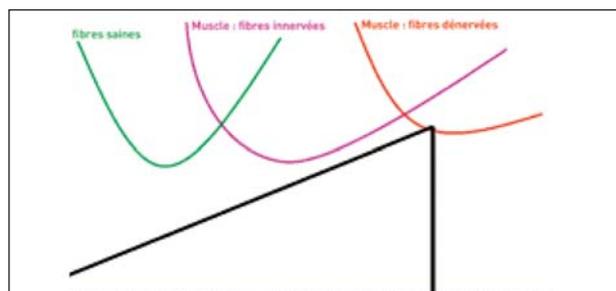
3.2.2 – Dénervé partiel

Si une impulsion rectangulaire de longue durée est tout à fait satisfaisante pour stimuler les fibres musculaires d'un muscle complètement dénervé, il n'en est pas de même lorsque la dénervation n'est que partielle. En effet, nous avons vu au chapitre 3.1, qu'une impulsion rectangulaire stimulait aussi, et même en premier lieu les unités motrices saines.

Il est donc intéressant d'exploiter un phénomène physiologique, celui de l'accommodation (le terme de climalyse n'est plus utilisé aujourd'hui), qui se produit lorsqu'un courant électrique est installé de façon progressive et non plus instantanément, comme avec une impulsion rectangulaire. Cet événement consiste en une fuite ou une élévation du seuil d'excitation, donc de la rhéobase. Ce phénomène apparaît rapidement pour une fibre nerveuse (20 à 30 ms) et plus tardivement pour les fibres musculaires (entre 100 et 300 ms).

La figure 5 montre ainsi qu'une impulsion de forme triangulaire dotée d'une pente appropriée, permet de stimuler les fibres musculaires dénervées sans exciter au préalable les motoneurones intacts, ou les fibres musculaires toujours innervées. La détermination de la pente adaptée est un point essentiel, puisqu'une pente insuffisante ne permettra pas la moindre stimulation, alors qu'une pente trop raide atteindra d'abord les structures innervées.

Certains appareils proposent un mode de détection automatique de la pente qui est obtenue au moyen d'une incrémentation automatique de l'intensité (+ 0,5mA à chaque impulsion), alors que la durée de l'impulsion est fixe (100 ms). Le kinésithérapeute doit alors surveiller la survenue de la première réponse motrice qui se produit lorsque la partie dénervée du muscle est stimulée et enregistrer cette donnée en pressant une touche de l'appareil.



» » Figure 5: Stimulation sélective des fibres dénervées au moyen d'une impulsion triangulaire

— CONCLUSION —

Cette première partie sur le muscle dénervé, quoique nécessairement un peu théorique, a surtout permis de bien poser les bases de l'électrothérapie spécifique à ce type de pathologie.

Afin de mieux aborder ces techniques dans les cabinets, la suite de cet article (profession Kiné n°34) mettra en avant les règles pratiques d'utilisation.

Article publié avec l'aimable autorisation de profession kiné N° 33