

LES CAHIERS
D'OTO. RHINO. LARYNGOLOGIE.
DE CHIRURGIE CERVICO. FACIALE
ET D'AUDIOPHONOLOGIE

REDACTEUR : *Y. GUERRIER*

APPLICATIONS OTONEUROLOGIQUES CLINIQUES
DE LA POSTUROGRAPHIE

REVUE D'ENSEIGNEMENT POST-UNIVERSITAIRE

Laryngologie

ENTRAINEMENT ELECTRONIQUE DU LARYNX : CONTROLE DES DILATATEURS DE LA GLOTTE BASE SUR LES PHENOMENES INSPIRATOIRES NORMAUX

DR MICHAEL BRONIATOWSKI*, SATORU KANEKO**

GORDON JACOBS**, YUKIHIKO NOSE**, HARVEY M. TUCKER

Il est bien établi qu'un traitement idéal des paralysies récurrentielles bilatérales en fermeture n'a pas encore été imaginé. On a bien tenté de réanastomoser « sans succès » les nerfs sectionnés, et les opérations classiques du type trachéotomie et aryténoïdectomie si elles améliorent la fonction respiratoire, le font aux dépend de la voix. La tendance récente a donc été de s'éloigner d'une telle conception purement statique du problème, en abordant la question sous un angle plus physiologique. Les techniques basées sur le principe du pédicule neuromusculaire¹ ont l'avantage de pouvoir restaurer l'abduction perdue en inspiration sans compromettre la fonction phonatoire. Si mal-

heureusement le succès de telles méthodes n'a pas été unanimement reconnu, de récents travaux ont néanmoins confirmé leur bien fondé en retrouvant dans le noyau effecteur bulbaire commandant l'innervation motrice du pédicule transposé, une substance chimique (Horseradish Peroxidase), préalablement injectée dans la masse musculaire ainsi réinnervée.²

C'est donc ainsi que plusieurs méthodes d'entraînement des cordes vocales en abduction furent développées. Leur principe repose sur l'obtention d'un signal électrique ayant son origine au niveau du nerf phrénique, des mouvements de la cage thoracique, du diaphragme ou des muscles inspiratoires accessoires^{3, 4, 5}. Une telle information, si elle peut être utile, n'est malheureusement pas

* Department of Otolaryngology and Communicative Disorders
* Department of Artificial Organs The Cleveland Clinic Foundation, 9500 Euclid Avenue, Cleveland Ohio

l'apanage uniquement des phénomènes respiratoires. De plus, la plupart de ces systèmes font porter l'excitation motrice effectrice au sein même de la masse musculaire paralysée au moyen d'électrodes qui y sont directement implantées, certes, l'expérience acquise avec les pacemakers cardiaques suggère bien que l'on puisse agir de façon comparable sur le larynx, mais rien n'est finalement moins sûr en raison de l'absence à ce niveau, d'un tissu de type nodal tel qu'il est retrouvé dans le myocarde. De plus, il paraît hautement probable que la voie de l'implantation directe ait comme désavantage de devoir augmenter progressivement le niveau de stimulation électrique en raison de l'augmentation de la résistance du tissu musculaire au fur et mesure que le temps passe, comme c'est d'ailleurs le cas pour les pacemakers cardiaques. Finalement, le faible volume du muscle cricoaryténoïdien postérieur et le voisinage immédiat des adducteurs, pourraient bien être responsables d'un effet contraire au but recherché, soit qu'il y ait glissement des électrodes, ou bien par effet de « contagion électrique » dû à un niveau de stimulation trop élevé. C'est dans un but d'éviter de tels problèmes, que nous avons proposé de construire un système électronique entièrement implantable, susceptible de distribuer aux dilatateurs de la glotte, les influx électriques nécessaires, par l'intermédiaire d'un pédicule neuromusculaire, en utilisant un stimulus originant au niveau de la trachée au cours de l'effort inspiratoire. Nous avons, dans une publication antérieure⁶, rapporté une série d'expériences sur le chien ou un tensomètre élastique suturé longitudinalement aux anneaux trachéaux, déclenchait un signal électrique synchrone à l'occasion de chaque inspiration, et le maintenait pendant toute sa durée. La stimulation effectrice était transmise à un des deux muscles sternocléido-hyoidiens reinnervé à partir de son homologue controlatéral, par le biais d'une électrode monopolaire perineurale⁷, dont l'extrémité semicirculaire était placée autour du pédicule de réinnervation (Figure 1). De telles expériences pilotes initiales

ayant donné entière satisfaction quant à la validité d'un tel nouveau concept, sans avoir à y introduire des facteurs jugés extrinsèques à ce stade, en rapport direct avec la paralysie laryngée elle-même, les tracés électromyographiques obtenus au niveau du muscle sternocléido-hyoidien reinnervé apparaissent en effet en synchronie avec l'élongation inspiratoire du tensomètre (Figure 2). Ces résultats encourageants nous ont alors permis d'agir cette fois au niveau d'un muscle cricoaryténoïdien postérieur lui-même⁸.

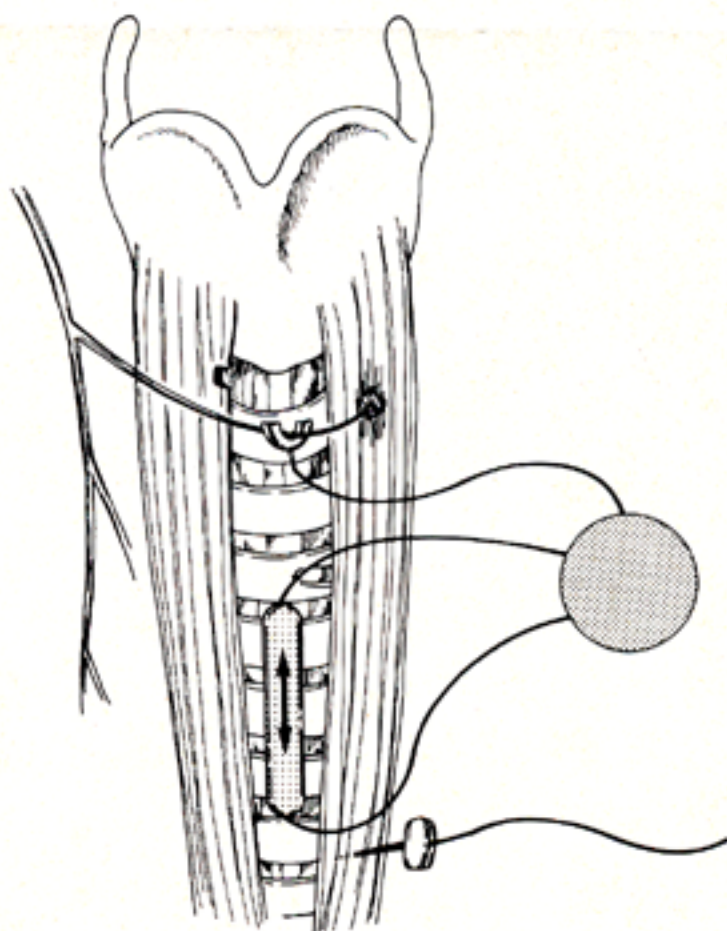


Figure 1 : Principe de l'entraînement électronique des muscles laryngés appliqué au sternocléido-hyoidien.

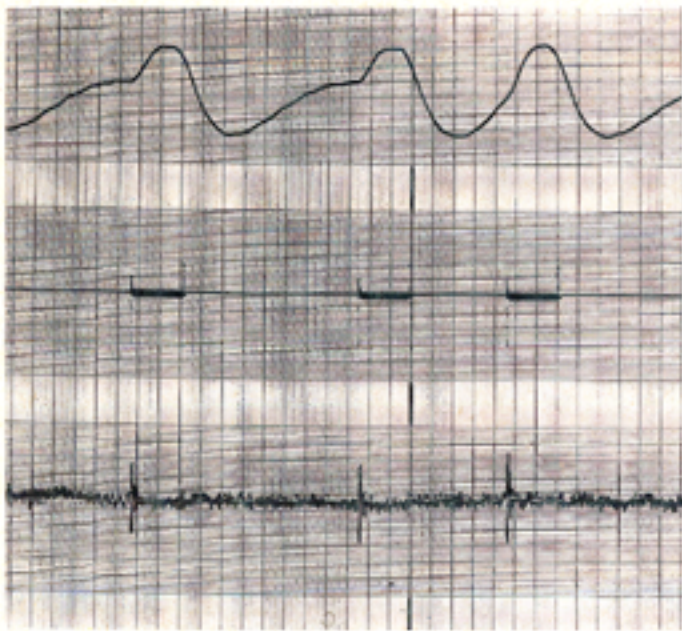


Figure 2 : Tracés obtenus du sternocléidohyoïdien réinnervé et entraîné de façon synchrone par les phénomènes inspiratoires trachéaux : de haut en bas : 1. déplacement du tensomètre, 2. signal déclenchant, 3. électromyogramme objectivant la contraction synchrone du muscle réinnervé, 4. flux aérien trachéal.

MATERIEL ET METHODES

Cette série d'expériences fut effectuée sur six chiens batards de poids moyen de 20 kgs. Les interventions furent menées par voie cervicale médiane sous anesthésie au penthotal. Sur chaque animal, la dissection de l'anse de l'hypoglosse droite fut poussée jusqu'à obtenir deux ou trois filets nerveux avec un bloc de muscle sternocléidohyoïdien correspondant. Après section du nerf récurrent homolatéral, et rotation médiane du larynx, l'élément musculaire du pédicule fut suturé dans la substance du cricoaryténoïdien postérieur (Figure 3).

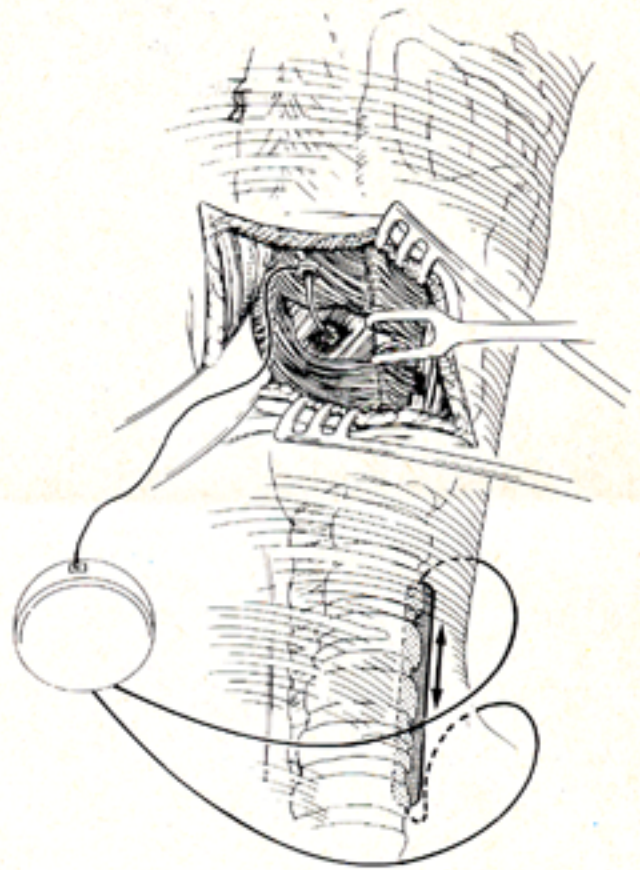


Figure 3 : Principe de l'entraînement électronique du larynx proprement dit (cricoaryténoïdien postérieur).

Les animaux furent repris deux semaines plus tard, et confirmation que réinnervation avait bien eu lieu fut obtenue par l'observation de mouvements d'abduction de la corde vocale en réponse à la stimulation électrique des filets transposés. Un tensomètre élastique du type mentionné plus haut, fut alors mis en place, et un tracé sinusoidal synchrone aux mouvements respiratoires, obtenu sur l'oscilloscope (Figure 4). Après avoir connecté les électrodes afférentes au bloc modulateur électronique⁹, l'influx électrique ainsi traité fut renvoyé au muscle cricoaryténoïdien postérieur droit, par l'intermédiaire de l'électrode péri-neurale décrite plus haut. L'enregistrement vidéoscopique

des mouvements de la corde réinnervée fut effectué en laryngoscopie directe en même temps qu'une seconde caméra enregistrait les tracés correspondants de l'activité du tensomètre, du flux aérien trachéal, et le signal électrique déclenchant la contraction du muscle réinnervé. Ceci permit de suivre l'événement (courbes et mouvements laryngés) sur un même écran de façon simultanée (Figure 5).

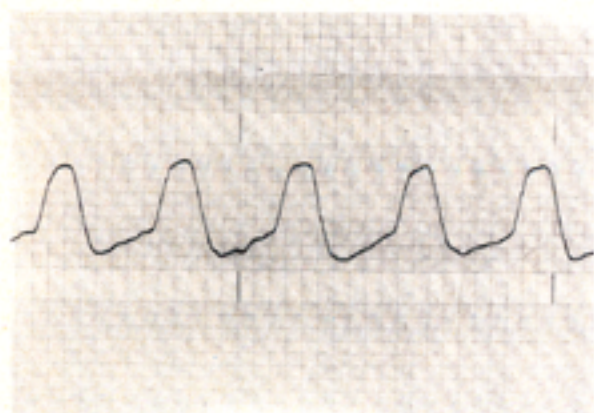


Figure 4 : Tracé sinusoïdal obtenu par l'intermédiaire du tensomètre en réponse aux phénomènes inspiratoires trachéaux.



Figure 5 a et b : Série de deux figures objectivant les positions de la corde réinnervée au repos et sous l'influence de la stimulation électronique électronique synchronisée aux mouvements inspiratoires trachéaux. Noter le mouvement de la plume traçant la courbe d'élongation trachéale (chien intubé par les cordes).

RESULTATS

Observation et enregistrement des phénomènes ci-dessus furent effectués sur chacun des animaux, soit en ventilation spontanée ou bien assistée, que l'intubation trachéale ait eu lieu par les cordes vocales ou par une canule transmurale. La corde réinnervée subissait une abduction marquée du type tout-ou-rien au moment précis où le signal électrique déclenchant était réperé sur le graphique (figure 6). A la fin de l'inspiration, la corde retournait spontanément à sa position paramédiane initiale. L'entraînement électrique du pédicule neuromusculaire avait donc bien eu lieu uniquement en inspiration.

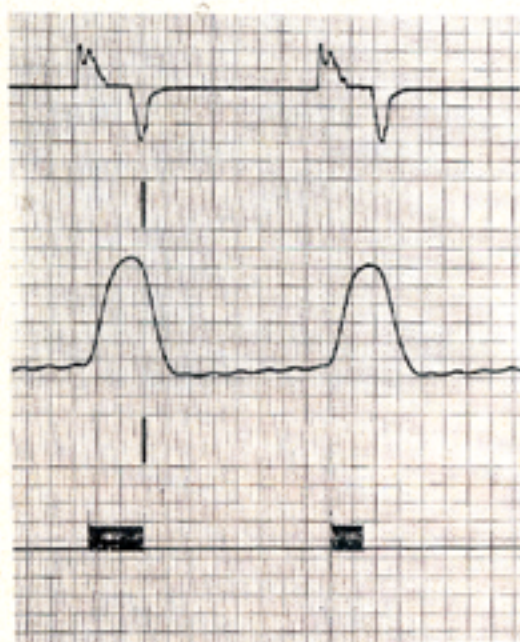


Figure 6 : Tracés obtenus objectivant la simultanéité de l'évènement tel qu'il apparaît sur les courbes : de haut en bas : 1. flux aérien trachéal, 2. déplacement du tensomètre, 3. signal déclenchant. Noter que le signal déclenchant 3, commence au moment précis où l'élongation trachéale débute, et a lieu pendant et seulement durant, la phase inspiratoire 2.

Un système idéal d'entraînement électronique de la musculature laryngée paralysée devrait être 1)

entièrement implantable dans le cou ou les tissus avoisinants, 2) alimenté électriquement de façon telle à ce que la réouverture de la plaie de façon périodique ne fût nécessaire, 3) déclenché par l'effort inspiratoire uniquement, sans « pollution » due à des variables indépendantes relatives aux phénomènes de phonation, de déglutition, de toux, ou d'effort quelconque.

Les études effectuées jusqu'à présent en ce sens n'ont pu éviter de détecter l'information afférente à partir de structures localisées en dehors de la région cervicale, tandis que la stimulation électrice avait lieu au sein même du muscle réinnervé. Outre la possibilité de voir les électrodes qui y seraient implantées, voir se déplacer pendant les mouvements répétés de l'organe, l'effet quasi certain de fibrose contribuait à rendre impossible un contrôle précis de l'effort d'abduction attendu. De telles difficultés seraient sans doute aggravées par la mauvaise qualité de l'information détectrice initiale obtenue à partir de structures non nécessairement activées en absolue synchronie avec les phénomènes inspiratoires proprement dits.

C'est ainsi que nous avons proposé un principe, qui à notre avis évite tous ces problèmes. Suivant notre étude pilote, qui a donné entière satisfaction sur le plan du principe, nous avons modifié l'élément efférent du système en implantant un pédicule neuromusculaire dans le muscle cricoaryténoïdien postérieur, lequel était donc stimulé à distance du larynx. Le désavantage de travailler au contact direct d'un tel organe hautement mobile était ainsi évité. Quant à l'information obtenue par le tensomètre, elle devrait représenter à notre avis le stimulus idéal car 1) elle est à notre connaissance, sans rapports anatomiques ou physiologiques avec les éléments « extrinsèques » des fonctions ci-dessus énumérées, et que nous tenions à éviter, 2) elle est détectable dans le même champ opératoire que les muscles à entraîner, 3) son activité est à mettre en parallèle au rythme et à la demande inspiratoires, et 4) elle a lieu pendant la durée entière de l'effort inspiratoire proprement dit.

CONCLUSION

Nous présentons un système d'entraînement du larynx, basé sur la stimulation du muscle cricoaryt-noidien postérieur, effectuée de façon synchrone à l'élongation trachéale inspiratoire détectée par un tensomètre élastique. L'abduction a lieu à distance du larynx par voie de stimulation d'un pédicule neuromusculaire implanté dans la masse du muscle paralysé. Un exposé de ce que devraient être les caractéristiques idéales d'une unité totalement implantable est donné.

BIBLIOGRAPHIE

1. TUCKER HM. - Human laryngeal reinnervation: Long term experience with the nerve-muscle pedicle technique. *The laryngoscope* 88 : 1978, 598-604.
2. ANONSEN CK., PATTERSON HC., TRACHY RE., GORDON AM. - Cummings CW : Reinnervation of skeletal muscle. *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*. 93 : 1985, 48-57.
3. OBERT PM., YOUNG KA., TOBEY DN. - Use of direct cricoarytenoid stimulation in laryngeal paralysis. *Arch Otolaryngol* 110 : 1984, 88-92.
4. BERGMAN K., WARZEL H., ECKARDT HU., GERHARDT HJ. - Respiratory rhythmically regulated electrical stimulation of paralysed laryngeal muscles. *The Laryngoscope* 94 : 1984, 1376-80.
5. KANEKO S., JACOBS G., BRONIATOWSKI TUCKER HM., NOSE Y. - Physiological laryngeal Pacemaker. *Trans. Am. Soc. Artif. Org. Sous presse*.
6. BRONIATOWSKI M., TUCKER HM., KANEKO S., JACOBS G., NOSE Y. - Laryngeal pacemaker I: Electronic pacing of reinnervated strap muscle in the canine. Communication au Research Forum de l'American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Las Vegas, 9/15/84, et Otolaryngology-Head and Neck Surgery. Sous presse.
7. DE VILLIERS R., NOSE Y., MEIER W., KANTROWITZ A. - Long term continuous electrostimulation of a peripheral nerve. *trans. Am. Soc. Artif. Org. X* : 1964, 357-365.
8. BRONIATOWSKI M., KANEKO S., JACOBS G., NOSE Y., TUCKER. - Laryngeal Pacemaker II: Electronic pacing of reinnervated posterior cricoarytenoid muscles in the canine. Communication à l'american Laryngological, Rhinological and Otological Society, Rochester, 19/1/85, et *The Laryngoscope*. Sous presse.