

13) 喉頭ペーシングの改良に関する研究

研究者代表 野村研一郎

<背景と目的>

喉頭は呼吸、発声、嚥下、気道防御と多彩な機能に関与する重要な臓器である。喉頭運動を制御する内喉頭筋は、迷走神経から分枝する反回神経の支配を受けている。反回神経が悪性腫瘍や外科手術等によって損傷されると声門の開大や閉鎖が起こらない喉頭麻痺の状態となり、喉頭の機能は著しく障害される。反回神経は末梢神経であり神経吻合により比較的容易に再生するが、再生の段階では本来の選択的な筋支配が失われた過誤支配が起こり、呼吸や発声に同期した合目的な喉頭運動は回復しない。臨床上、一側性と両側性の喉頭麻痺では症状は大きく異なる。一側性の麻痺では、発声時に声帯が完全に閉鎖しないことによる発声障害が問題となる。一方で両側性の麻痺では、両側の声帯がほぼ閉鎖した位置で固定し声門が開大しないことによる呼吸困難が問題となる。

近年、障害された生体機能の回復に電気刺激を用いる機能的電気刺激が様々な領域で行われている。我々はこの機能的電気刺激に注目し、麻痺した喉頭の再運動化を目的とした喉頭ペーシングの基礎研究をすすめてきた。以前に我々は両側喉頭麻痺に対する治療として、機能的電気刺激を用いて声門を開大する筋を刺激し声門開大運動の誘発を行う研究を行ってきた。この研究により、埋め込み型の脳深部刺激用の電極を用いた電気刺激によって、ヒトとほぼ同じ大きさの喉頭を有するイヌを用いた実験で、麻痺が無い状態と同様の声門開大運動を誘発できることを確認した¹⁾。

一方で、一側性の喉頭麻痺による発声障害に対しての治療は外科的治療が主に行われている。これらの治療法は麻痺側の声帯を正中位に矯正することが目的で

あり再運動化を可能とするものではない。我々は、一側性の喉頭麻痺に対しても、麻痺側の甲状披裂筋に適正なタイミングで筋収縮を誘発するような電気刺激を加えることができれば、声帯が内転し発声障害を改善することが可能ではないかと考えた。そこで、本研究では声門閉鎖筋を刺激するための新しい形状の電極を考案し、その有効性について実験動物を用いて検討した。

<方法>

実験にはビーグル犬3頭を用いた。全身麻酔後に前頸部を切開し甲状軟骨を露出し、声帯の高さで0.8cm × 1cmの開窓を行った。埋込んだ電極は直径1mmの電極が、縦に2列、横に4列の合計8個の刺激チャンネルを有する厚さ2mmのシリコン板を用いた。これを開窓部に留置し、刺激パラメーターは周波数40Hzで、パルス幅を0.5ms、1msの2つの条件で刺激強度を変化させた。喉頭の観察は経口的に内視鏡で行い、それぞれのチャンネルを介した電気刺激による声帯の位置を評価した。前交連と刺激側の声帯突起を結んだ線の正中からの角度を計測し、声帯が完全に正中位になる角度を0°とし、開大位をプラス側、過内転位をマイナス側とした。

<結果と考察>

各チャンネルの刺激閾値は、喉頭の背側に存在する4つのチャンネルで閾値が小さく良好な結果であった。パルス幅の違いでは0.5msより1msの方が閾値が小さい傾向にあった。刺激声帯の閉鎖した角度は、両方のパルス幅共に喉頭の最も腹側に存在するチャンネル1では、十分な声門閉鎖が得られなかった。一方

n=3, mA (mean±SD)

パルス幅	Ch. 1	Ch. 2	Ch. 3	Ch. 4
0.5ms	2.5mA ±0	1.12mA ±0.10	0.68mA ±0.06	0.68mA ±0.06
1.0ms	2.0mA ±0.4	1.11mA ±0.12	0.68mA ±0.06	0.68mA ±0.06
	Ch. 5	Ch. 6	Ch. 7	Ch. 8
0.5ms	1.45mA ±0.27	0.75mA ±0	0.62mA ±0.62	0.63mA ±0.09
1.0ms	1.43mA ±0.29	0.72mA ±0.02	0.62mA ±0.62	0.63mA ±0.09

図1 各チャンネルの刺激閾値

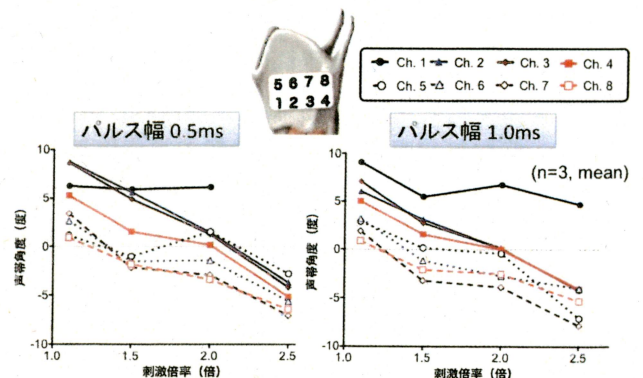


図2 刺激声帯の閉鎖角度

で、後方に存在する刺激チャンネルは、良好な声門閉鎖運動が誘発された。これらの結果は、刺激を行った甲状披裂筋を支配する反回神経前枝は喉頭の背側から進入しているため、より神経に近い電極を介した電極による刺激の方が良好な閉鎖運動を誘発することが可能であったと考えられた。

本研究の結果より埋め込み型の電極により声門閉鎖運動が誘発される事が確認された。

<参考文献>

- 1) Nomura K, Kunibe I, Katada A, et al. Bilateral motion restored to the paralyzed canine larynx with implantable stimulator. *Laryngoscope*. 2010;120(12):2399-409.