

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 高橋圭三  
学位 博士(歯学)  
学位記番号 新大院博(歯)第353号  
学位授与の日付 平成28年3月23日  
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当  
博士論文名 Immediate Effect of Laryngeal Surface Electrical Stimulation on Swallowing Performance (喉頭部への表面電気刺激がもたらす嚥下機能への即時効果)

論文審査委員 主査 教授 小野 高裕  
副査 教授 井上 誠  
副査 教授 山村 健介

### 博士論文の要旨

医療技術の発達による疾患の多様化や超高齢社会の進行とともに、食べること・飲むことに問題を抱える要介護高齢者の問題が顕在化してきた。2011年の人口動態統計上死因別死亡率では、悪性新生物、心疾患について肺炎が第3位となった。また、肺炎による死亡の90%以上は高齢者であること、加齢に伴い誤嚥性肺炎によることが報告されていることから、誤嚥性肺炎の原因となる嚥下障害に対する医療の推進は、食に関する高齢者の生活の質(Quality of Life, QOL)の向上という観点からも重要性の高い課題といえる。

これまで、嚥下障害に対する様々な治療的アプローチが進められてきた。日本脳卒中学会では、脳卒中治療ガイドライン2009の中に嚥下障害に対するリハビリテーションのガイドラインを示している。そこでは、頸部前屈や回旋による食物摂取、咽頭冷刺激、メンデルズーン手技、supraglottic swallow(息こらえ嚥下)、頸部前屈体操、バルーン拡張法などの間接訓練の実施が勧められており、いずれもグレードBとその推奨度は高い。しかし、これらの手技は、療法士の理解や技術によるところも大きく、治療成績も明らかとされていないものが多い。

近年、嚥下機能回復の改善を目指した頸部表面(喉頭部)への電気刺激を用いた治療法が報告されている。これは、舌骨筋群への表面電気刺激を行うことで関連する筋力の増強を図るというものである。しかし、その刺激法、ターゲットとする部位、適用対象患者などを含めて、未だに治療のプロトコールが確定していない。そこで本研究では、本表面電気刺激によって舌骨筋や舌骨運動のみならず舌圧にどのような変化がもたらされるかについて、健常若年者を対象とした実験を行うことにした。

以下に実験方法を記載する。

- 1) 被験者: 健常若年者18名(男性15名、女性3名、平均年齢29歳)を選択した。
- 2) 喉頭部表面電気刺激: 喉頭部への表面電気刺激を行った。双極電気刺激を80Hz、0.2msのパルス時間とし、強さは各被験者の耐えうる強さの80%とした。
- 3) 記録内容: 口腔内前方、中央、後方、側方(2か所)の5か所の舌圧、左右舌骨上筋・下筋群の表面筋電位、嚥下造影検査による舌骨運動側面画像とした。
- 4) 実験プロトコール: 被験者は10秒ごとに、口腔内に挿入したチューブを介して5mLのバリウム溶液を飲むよう

指示した。これを10秒間隔で2分間、表面電気刺激を行いながら2分間、刺激後2分間の合計6分間（36回の嚥下動作）を行わせた。また、繰り返しの嚥下動作そのものによる影響を評価するために、被験者のうち10名では、表面電気刺激なしで36回の嚥下動作を行わせた。

5) 解析：舌圧のピーク値と持続時間、舌骨の位置と移動距離、筋電図のピーク値と持続時間を算出してそれぞれの平均値を刺激前、中、後の間で比較した。筋電図に関しては、刺激前と後のみを比較した。

舌圧は多くの測定部位（Ch.1, Ch.3, Ch.5）で刺激時には有意に減少し、刺激後には増加した。すべての測定部位で刺激後の値は刺激前より大きかった。持続時間は多くの測定部位（Ch.1, Ch.2, Ch.3）で刺激時減少し、刺激後には増加した。多くの測定部位（Ch.1, Ch.4, Ch.5）で刺激後の値は刺激前より大きかった。一方、刺激を行わなかった群ではいずれの値にも差は認められなかった。

安静時舌骨位は刺激時には有意に下方、前方に偏位した。また、嚥下時の最前方上方位は有意に下方に移動したが、刺激前と刺激時の差は安静時に比べて嚥下時の方が小さかった。舌骨移動距離は、直線距離、総移動距離、水平方向、垂直方向移動距離ともに刺激前と刺激中、刺激中と刺激後には有意差が認められ、移動距離は刺激中>刺激後>刺激前となる傾向が強かった。

舌骨上筋群活動は、刺激後のピーク値が刺激前より有意に大きかったが、持続時間は変化が認められなかった。舌骨下筋群はピーク値、持続時間ともに有意な変化は認められなかった。また、刺激前後で舌骨の異動距離が長くなる被験者ほど舌圧の増加が大きくなる傾向が認められた。刺激を行わなかった群ではいずれの値にも差は認められなかった。

本実験で用いたタスクにより、刺激前に比べて、刺激時には舌骨位の移動が舌圧を含めた嚥下運動に影響を及ぼすだけでなく、刺激後には舌骨上筋群活動やこれに影響されると思われる舌圧、舌骨運動にも有意な変化が認められた。刺激方法に検討の余地はあるものの、頸部表面電気刺激と嚥下運動の組み合わせによる訓練は、舌圧を含めた刺激後の嚥下運動増強効果を期待させる結果となった。今後の臨床応用を見据えて、今後は年齢、性別、疾患別などを考慮して高齢者や患者への適用を目指したデータ収集を継続したい。

## 審査結果の要旨

嚥下の複雑さを示すものとして、嚥下運動が反射性にも随意性（中枢性）にも誘発可能であることが挙げられる。通常、我々は口腔内の唾液を無意識のうちに嚥下している。これは唾液が咽頭を流れ込むことによって嚥下反射を惹起しているためである。嚥下反射を引き起こすための入力には咽頭の機械感覚や化学感覚とされる。一方、随意性嚥下を制御するのは大脳皮質をはじめとする上位脳である。嚥下運動を誘発し、またその運動パターンを形成する中心となるのは、脳幹延髄に存在するパターン発生器（central pattern generator; CPG）と呼ばれる神経細胞集団であり、末梢・上位脳いずれの入力であってもその閾値を越えると一連の嚥下運動を発現させる。

本研究では、頸部への連続電気刺激を行うことにより、刺激後の随意性嚥下運動にどのような影響をもたらすかについて、健康若年者を対象とした実験を行っている。頸部への電気刺激がもたらす嚥下運動への効果を調べる研究は過去にも散見されている。ことに近年、超高齢社会の日本にあって顕在化している摂食嚥下障害の問題に対処して、頸部への電気刺激を用いたリハビリテーションが広まりつつある。しかし、電気刺激の部位がどの末梢部位をターゲットとしているのか、嚥下機能をどのように変化させるのかについては一致した意見をもたない。これに対して、本研究では、電気刺激がもたらす随意性嚥下への効果を直接評価している。さらに嚥下機能に関わる舌骨位のみでなく、口腔機能とし

での口腔内圧をパラメータにおいて比較していることにその特徴がみられる。また、刺激方法や評価方法の決定に際しての苦労と工夫がうかがえる。刺激による最大効果を得ることを目的として行った予備実験では、刺激強度が強いほど実験結果が明確になる傾向が認められる一方、痛みを与えてはいけないことから痛覚閾値の 80%を採用している。しかし、実際には具体的などのような感覚入力に作用したのかについては不明確であり、感覚入力が及ぼす効果については今後の検討課題としている。また、電気刺激を 2 分間与え、その間 10 秒ごとに嚥下をさせるというタスクについて、順応や疲労の有無を舌圧計測にて確認し、本刺激方法の正当性を謳っている。今後、被験者を増やすことや高齢者への適応により、さらなる基礎データの構築に期待したい。

結果として、刺激後の筋活動上昇、舌圧上昇、さらに嚥下造影検査から得られた舌骨の安静位の変化が記録され、持続的な電気刺激がもたらす即時効果が得られている。刺激方法に検討の余地はあるものの、頸部表面電気刺激と嚥下運動の組み合わせによる訓練は、舌圧を含めた刺激後の嚥下運動増進効果が期待されるという結論は、今後の摂食嚥下リハビリテーションの臨床に大いなる進歩をもたらすことにもつながりその価値は高い。同時に、申請者らも述べるように今後解明しなければいけない課題もある。これらの効果が脳幹もしくは高次脳で得られた代償効果なのか、舌圧の変化と筋電図や舌骨位の変化にはどのような関連性があるのかについても興味がある。申請者が述べているように、電気刺激中の嚥下時舌圧が Ch.1, Ch.3, Ch.5 で有意に下がっているものの Ch.2 と Ch.4 では減少しなかったことから、舌骨下制が舌圧低下をもたらす現象は部位特異的であり、臨床への適用を考えた時には十分な機能評価を行った上で本手法を用いることを考慮すべきであろう。総じて、本研究における知見は今後の摂食嚥下リハビリテーションにおいて安全かつ有効な手法として咽喉頭電気刺激の応用につながるものであると評価でき、学位論文としての十分な価値を認める。