

主 論 文 要 旨

論文提出者氏名：

嶋田 仁

専攻分野：外科学

コース：消化器・一般外科

指導教授：大坪 毅人

主論文の題目：

Development of a System to Measure Swallowing Motion by Surface

Electromyography

(表面筋電図による嚥下イベント検出プログラムの開発)

共著者：

Akihiro Ueta, Yumie Ono, Takehito Otsubo

緒言

我が国の高齢者は増加し、その死因の一つ、誤嚥性肺炎が問題となっているが、非侵襲的かつ簡便で詳細な嚥下機能評価検査はいまだ開発されていない。嚥下関連筋の表面筋電図を用いて、非侵襲的で簡易に嚥下活動を長時間計測し、嚥下障害の病態診断的要素も持ち合わせた計測機器の開発を最終的な目標とした。本研究では最初の第一歩として、表面筋電図を用いて安静時の嚥下イベントを検出するシステムを開発することを目的とした。

対象と方法

対象は 20～80 代、各年代男女 2 名ずつ（80 代のみ 1 名ずつ）の計 26 名の嚥下健常者で、ボランティアとして募集し、インフォームドコンセントを得た。

【計測準備】

下顎正中下面と甲状軟骨正中直上の 2 か所に筋電図測定用電極、両鎖骨頭に接地電極、基準電極を置き、ポリメイト V・AP5148（ティアック社）を用いて嚥下表面筋電図を測定した。同時に被験者前胸部に嚥下運動観察用のビデオカメラを設置し、観測者が目視で嚥下回数の測定を行った。

【自発嚥下の測定】

被験者は観測者の合図に従い、15 秒毎に計 5 回唾液を嚥下し、嚥下表面筋電図測定およびビデオ撮影を行った。

【安静時嚥下の測定】

被験者は 30 分間、座位安静とし視野前方のモニターで映画鑑賞を行い、その間の嚥下表面筋電図測定およびビデオ撮影を行った。

【嚥下検出システムの作成】

①被験者毎のテンプレート嚥下筋電図波形の作成

嚥下波形を 2～3 個選び、波形ピーク時刻をトリガ点とし±2000ms の部分波形として抽出、加算平均してテンプレート波形 $T(t)$ を得た。

②畳み込み積分法による自発嚥下パターンの検出

安静時筋電図波形 $Y(t)$ とテンプレート波形 $T(t)$ との畳み込み積分波形 $(Y * T)(t)$ を下記のように計算した。これは $Y(t)$ と $T(t)$ がよく一致する時刻で極大値をとり、テンプレート波形に類似した筋電図パターンを抽出することが可能となる。

$$(Y * T)(t) = \int Y(\tau)T(t - \tau)d\tau$$

③閾値決定による嚔下回数の検出

(Y*T) (t)の最大値の 40%を閾値として、波形強度が閾値をこえた回数をカウントした。

【システムによる嚔下イベント検出能の評価】

目視で計測した嚔下回数 (visual count:VC) を基準とし、本システムで検出した嚔下回数 (system count:SC) の感度、陽性的中率を算出した。また、SC 測定 of 困難症例の原因を検証した。なお、VC と SC の一致を真陽性、VC あるも SC がないのを偽陰性、VC ないが SC があるものを偽陽性とし、感度 (真陽性/VC*100) と陽性的中率 (真陽性/SC*100) を計算している。統計は Mann-Whitney U 検定または G 検定を用いた。なお、本研究は聖マリアンナ医科大学生命倫理委員会により承認されている (承認番号: 2593 号)。

結果

15 秒毎、能動的に 5 回行う自発嚔下では、VC と SC に誤差のなかったものが 61.5%、 ± 1 回であったものが 26.9%、 ± 2 回以上であったものが 11.5%であった。感度は 88.5%、陽性的中率は 90.3%であった。30 分間の安静時嚔下では、全年代の平均回数は 12.0 回 (VC)。回数では、VC=SC は 19.2%、VC>SC は 15.4%、VC<SC が 65.4%。感度は 79.9%、陽性的中率は 46.6%。感度が 50%未満だった 3 例はいずれも陽性的中率が低値だった (15.4%、33.3%、21.1%)。感度を 75%未満 (n=7) と 75%以上 (n=19) の 2 群に分けた間での性別、BMI、年齢における有意差は認めなかった (NS*, NS*, p=0.1847***)。また、陽性的中率を 50%未満 (n=13) と 50%以上 (n=13) の 2 群に分けた間での同様の比較も有意差は認めなかった (NS*, NS*, p=0.0534***)。

* by Mann-Whitney U test, *** by G-test

考察

今回の自動嚙下検出システムでは、自発嚙下の感度は 90.3%、陽性的中率は 88.7%と良好な結果であった。30 分間の安静時嚙下の感度は 79.9%と比較的高かったが、陽性的中率は 46.6%と低かった。偽陽性は多いが、嚙下イベントをシステムで検出する一定の効果は得られた。嚙下波形を拾い上げきれない理由として、①テンプレート波形と本来の嚙下のずれ、②振幅不足による検出率低下、③頸部運動の誤判定による偽陽性増加、④ノイズが大きく嚙下波形自体の検出が困難、の 4つが主にあげられた。本研究の結果から、電極数の増加や、設置方法の調節などにより改善が見込めることが期待できた。

結論

本システムによる嚙下イベントの検出は 5 回前後の自発嚙下では感度 90.3%、陽性的中率 88.7%と比較的高値であったが、30 分間の安静時嚙下では感度 77.9%、陽性的中率 46.6%であった。症例の蓄積と検査法の改良を今後も継続し、実用化に向け開発をすすめたい。