一般口演 4

口腔機能評価システム — 複合センサーの開発

Oral function evaluating system — Development of composite sensor

○山田好秋¹⁾, 大房 航²⁾, 佐藤秋彦³⁾, 松林直人³⁾Yoshiaki Yamada¹⁾, Wataru Ofusa²⁾, Akihiko Satoh³⁾, Naoto Matsubayashi³⁾¹⁾ 東京歯科大学短期大学, ²⁾ 東京歯科大学生理学講座, ³⁾ 株式会社 東京技研¹⁾ Tokyo Dental Junior College, ²⁾ Tokyo Dental College Dept Physiol, ³⁾ TOKYO GIKEN, INC.

I. 目 的

高齢社会において国家的には医療費を削減する必要がある。その中で健康寿命を延ばすことの解決策として、フレイルの状態に陥らない方策が検討されている。歯科領域では、オーラルフレイルに注目が集まり初期の段階で対応するために、口腔機能を的確に評価する機器の開発が急務となっている。我々はこれまで小さな気圧センサーで口腔内圧を計測し嚥下時の咽頭内圧変化¹⁾、発声時の口腔内圧変化²⁾、安静時の Donders space の圧³⁾ を記録することに成功した。現時点では口腔機能を客観的に評価する装置が不足しているので、気圧センサー⁴⁾、筋電図、接触圧センサーを組み合わせた口腔機能評価システム開発を企画し、装置の小型化と PC 上でモニターできるソフトの開発を行ってきた。今回口腔機能評価システムをさらに実用的にする目的で顔面筋の筋電図と気圧センサーを組み合わせた口唇機能検査法を模索した。

顔面筋は、顔面の皮膚下にある約 20 の薄い骨格筋群である。これらは一般的に頭蓋骨の表面（まれに筋膜）から起始し、顔面の皮膚に終止する。顔面の筋は、口、目、鼻、耳などの顔面にある開口部の周りに配置され、頭蓋骨や頸部を結ぶことで、感情に関連する複雑な表現を無意識のうちに作り出す。したがって、これらの筋は表情筋ともよばれる。表情は、ヒトだけでなく、サルなどの動物にも共通している。

顔面筋の代表は口輪筋である。口輪筋は、口裂の周りを輪状に取り囲み、口角部で頬筋に繋がる筋で、この筋が作動すると口唇が閉鎖する。このため、口輪筋は、表情の変化だけでなく、食物の口腔摂取時に食物が口腔外へ漏れ出ないように食品を保持する重要な機能を有する。また、[p] や [b] などの口唇音を発声する際には、唇の閉鎖が必要である。

今回、口腔機能評価システムを効果的に運用するために口腔内圧・口唇閉鎖圧・口輪筋筋電図用センサーを一体化し、口にくわえるだけでこれらの生理機能が計測できる複合センサー⁵⁾を開発しその実用性について評価した。

II. 方 法

記録装置は気圧センサー (3-ch)、筋電図用電極 (2-ch)、接触圧センサー (2-ch) からの信号を 3-ms のサンプリング速度で A/D 変換し、PC に転送してモニターすることができる (図 1)。必要に応じて、log-file を作成し、csv ファイルとして保存し、波形処理ソフトに入力できる。

複合センサーは図 1 右下に示すように幅経 4-cm の楕形のポリイミドフィルムに筋電図用双極電極と不関電極を電解硬質金めっき被膜で作成し、中央に接触圧センサー (FSR400: active area 5-mm) と気圧センサーを装備している。3 種のセンサー出力はポリイミドに沿って口腔外に導出し、小さなコネクタを経由して記録装置と接続することでディスプレイととし、臨床応用に配慮した。

複合センサーの有用性を確認するため座位をとらせた 3 名の被験者で以下の内容について評価した。被験者には 5 秒間の安静に続いて最大口唇閉鎖を 20 秒、最後に再度 5 秒間安静を指示し、全 30 秒間の筋電図を口腔内圧ならびに口唇閉鎖力と共に記録した。5 分間の休息を置き、同じ課題を 3 回記録した。

1. 複合センサーの使い勝手

従来の表面筋電図電極と複合センサーによる口輪筋計測に必要な準備時間を比較した。

2. 複合センサーと従来の電極の電極としての機能評価

最大口唇閉鎖時に記録した筋電図波形から初期、中期、終了直前のそれぞれ 3 秒間 (1024 ポイント) を切出し FFT により周波数分析し、疲労に伴う周波数成分の変化を電極間で比較し、2 電極間の記録の相似性を相関係数で比較した。

3. 最大口唇閉鎖時の口唇接触圧・口腔内圧変化

最大口唇閉鎖時に筋電図と同時に記録した口唇接触圧・口腔内圧の変化を筋電図での解析同様、初期・中期・終了直前で比較した。

図左の10×12 cmのケースには筋電計、気圧計制御回路、接触圧用アンブが内蔵され、右上のPCに転送されモニターできる。右下に複合センサーを示す。片面には筋電図用不関電極と気圧センサーが、反対側には2つの関電極と接触圧センサーがポリイミドフィルム上に配置されている。センサー出力はフィルム端にある電極を経て記録装置に接続される。

図1 口腔機能評価システム

Ⅲ. 結果及び考察

口腔機能評価システムについて：

記録装置は3種のセンサー入力を合わせて7-ch分装備するが、実験の効率を考慮し最大5-chのデータを組み合わせて記録できる設計とした。サンプリング速度は気圧センサーに合わせて3-msとした。筋電図の解析を考えると1-msも検討したが、log fileのサイズが大きくなるだけでなく、後の解析が困難となることを考慮して3-msとした。

複合センサーの使い勝手：

従来の電極と複合センサーによる口輪筋計測に必要な時間を比較した結果、従来の電極を設置するのに要した①皮膚の清拭、②電極貼付部位の決定、③電極被覆除去、④電極貼付、等の煩わしい作業（約20-s）が複合センサーでは省かれるため、明らかに短時間で準備できた。また、従来の電極は験者が主体で操作することになるが、複合センサーは被験者自身も口にくわえるという動作を行うことで準備に参加できるため心理的負担も軽いとの評価もあった。

電極としての機能評価：

筋電図用表面電極は特に皮膚の清拭を行わず、口にくわえるという従来の表面電極の常識から外れる手法を取り入れた。このため、新規の電極が正確な筋電図を導出しているか否かを明確にする必要があった。本研究では2つの手法で記録した最大口唇閉鎖時の口輪筋の疲労に着目し、解析した。

図2に最大口唇閉鎖時の口唇接触圧・複合センサーで記録した口輪筋筋電図・従来の表面筋電図で記録した口輪筋筋電図の原波形を上段に、課題初期・中期・終了直前の3秒間の筋電図を周波数分析した結果を下段に示す。

最大口唇閉鎖時の筋電図周波数分析結果から、いずれの電極でも疲労に伴う周波数成分の左方移動（すなわち低域へのシフト）が観察され、両者のスペクトラムの包絡線の相関係数を求めて比較した結果、振幅の補正をしない状態でもいずれの被験者でも0.8を越えていた。このことから、粘膜下の筋活動は電極を置くだけで記録できることが分かった。また、記録された電位は新規開発

図2 口唇最大閉鎖時の筋電図・口唇閉鎖力・口腔内圧

上段から、従来の電極で導出された口輪筋筋電図、新規の電極で導出された口輪筋筋電図、口唇閉鎖力、口腔内圧の原波形を示す。下段左から、閉鎖初期の筋電図周波数分析結果（破線：新規、実線：従来の電極）、中間点で2種の電極から得られた周波数分析結果の相関図、終了直前の周波数分析結果を示す。

の電極の方が大きかったが、これは電極が口唇の赤唇部に置かれ、ヒフ上に置かれる従来の電極より筋に近いところで導出したためと考えられる。事実野村⁶⁾は、極間距離を1.5 mmに調整した双極銀球電極を使用して下唇赤唇部から口輪筋運動単位の記録に成功している。一方、口唇閉鎖力・口腔内圧は共に疲労に伴い減少した。その他：口唇を閉鎖し口腔内圧を陰圧または陽圧にする課題を被験者に課したが、気圧センサーが口腔内に固定されていることで、安定して記録できた。今後、機能評価への応用を調べてゆきたい。

結論

複合センサーで採用した粘膜に設置する表面電極は従来の皮膚に設置する電極と同等の記録を可能とし、皮膚の清拭等の煩雑さが省かれるのみならず、被験者への心理的負担も軽減されるなど、高齢者の口腔機能を評価する上で有効な手段と考えられる。

Ⅳ. 文 献

- 1) Hasegawa, M. et al. Differential response pattern of oropharyngeal pressure by bolus and dry swallows. Dysphasia 2017 in press
- 2) Sakuma T. et al. Use of a novel device to assess intraoral and intrapharyngeal baropressure during sound production. Folia Phoniatr Logop. 2017 in press
- 3) Hiraki, Y. et al. Application of a barometer for assessment of oral functions: Donders space. J Oral Rehabil 44, 2017 65-72.
- 4) 山田好秋, 黒瀬雅之. 口腔または咽頭の気圧をモニタリングする装置および方法. 特許第6174965
- 5) 山田好秋, 菅野亜紀, 大房 航. 口腔ケア支援ツール：特願2017-135099
- 6) 野村泰世. 口輪筋運動単位の生理学的特性. 口病誌 1986, 53.