

平成 30 年 6 月 10 日現在

機関番号：32650

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11055

研究課題名(和文) 気圧センサを用いた口腔・咽頭機能の解明

研究課題名(英文) Evaluation of oral and pharyngeal functions using a barometric sensor

研究代表者

山田 好秋 (YAMADA, Yoshiaki)

東京歯科大学・Tokyo Dental College・客員教授

研究者番号：80115089

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：気圧センサを口腔・咽頭に設置し筋電図と同時記録することで口腔機能計測への応用を検討した。微小空間計測への応用ではDonders空隙の圧変化を記録し、口唇を閉鎖すると少し陰圧に、そして嚥下に続く安静時には陰圧が記録された。嚥下動態では、センサを中咽頭に留置し、空嚥下と液体嚥下を比較した。嚥下口腔期と咽頭期に一致する2つのピークが記録され、両者が弁別できることを示した。発声では、咽頭・Ah-line・口蓋切歯部にセンサを設置し、圧変化を部位別に評価し、舌と口蓋により形成される微小空間の動態を計測した。

口腔機能を計測する新たな機器を開発し、嚥下・発声・下顎の姿勢・等に応用し、その有用性を実証できた。

研究成果の概要(英文)：We applied a small sensor to oral cavity and pharynx and recorded baropressure with EMG to study application to oral function. In application to micro-space measurements, the pressure change of the Donders space was recorded; slightly negative when closing the lips, and clear negative pressure at rest following swallowing were recorded. In swallowing dynamics, the sensor was placed in the oropharynx, and the saliva swallow and liquid swallow were compared. Two peaks coincident with oral and pharyngeal phases of swallowing were recorded, indicating that they can be distinguished. In the utterance, sensors were installed in the pharynx, Ah-line, palatal incisor, and the pressure change was evaluated by site, and the dynamics of the micro space formed by the tongue and the palate were measured.

We developed a new instrument to measure the oral cavity function, and applied it to swallowing / uttering / lower jaw posture etc. and demonstrated its usefulness.

研究分野：口腔生理学

キーワード：口腔機能 気圧センサ 嚥下 発声 安静時の口腔内圧

1. 研究開始当初の背景

申請者は嚥下の神経生理学を専門とし「基盤研究(A)嚥下障害解明に向けた基礎的研究」を推進する過程でヒトの咽頭を電気刺激することで嚥下を誘発することに成功し特許(嚥下誘発装置:特許第5419175)を取得した。誘発システムは咽頭の嚥下誘発における化学物質の促進・抑制効果や、睡眠時の嚥下誘発閾値の測定等の成果を生んでいる。

臨床応用の過程で気づいたことは、嚥下誘発の指標としての舌骨上筋群筋電図が生理学を専門とする者には嚥下とそれ以外の活動が何とか区別できるものの、筋電図に不慣れな臨床家には嚥下の指標として提示するにはやや問題があることであった。一方、口腔・咽頭領域は咀嚼・嚥下・発話等の生命維持に重要な機能は口腔や咽頭に飲食物や空気を捉え、移送または調音することで発揮できるが、その実態は舌や顔面筋が口蓋筋や咽頭筋と協働して形成される閉鎖空間である。事実、矯正学分野では口腔内を4つのコンパートメントに分けてコンパートメント間の圧差による歯列形態の変化や各部の口腔機能を議論している。

これらの機能は筋電図や筋収縮に伴う位置変化、さらにはVFやVEで形態変化として記録されてきた。たとえば、舌圧の記録は口蓋に設置した圧センサにより口蓋-舌間で形成される力(接触圧)を計測するものであるが、食塊移送時に食塊に加わる圧とは性格が異なる。食塊は圧の高い空隙から低い空隙へと移動する。一方、ストローを使って液体を口腔内に取り込む際には口腔は陰圧にもなり得る。安静時の顎間距離は筋や軟組織など種々の要因で決定されると想定され、多くの研究がなされてきた。その中で、安静時には舌と口蓋の間にDondersの空隙が形成され、ここが平均9.7 mmHgの陰圧になると報告されている。しかし、過去の手法では正確な計測は困難で、新しい圧計測方法による追試の必要性が指摘されている。

近年、マイクロマシンの製造技術が向上し、その名の通り μm の精度で機械を作り上げることができる。この技術を使って、中が真空の小さな箱に歪みセンサを組み込むことで大気圧を記録することが可能となった。本研究で使用する小さな気圧センサは高度計として腕時計の中に組み込まれ、実用化されている。我々はセンサを口腔・咽頭機能の計測に応用することを計画し、まだ改良の余地は残ってはいるが計測装置として組み立て、安静時の口腔内圧計測を試みた。その基本部分は特許を申請済みである(山田好秋、黒瀬雅之 2013. 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. 特願2013-212282)。

2. 研究の目的

本研究では脳波や筋電図と同時記録でき

る無線の小型気圧記録装置を試作し、気圧センサを口腔または咽頭に設置することで嚥下時や発声等の機能時の鼻咽腔閉鎖開始時間、咽頭内圧変化を計測し、口腔生理学の基礎知識の補強を図る。また、安静位とDonders空隙の関連も明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 機器の小型化・無線化

これまでSerial Peripheral Interface (SPI)規格のセンサを使って来たが、6本結線する必要があった。今回、小型化・無線化を図るため4本で接続可能なInter-Integrated Circuit (IIC)規格のセンサを使い、ZigBee規格の無線接続可能なCPUと組み合わせた。また、無線接続でホストPCと通信するためのソフト、ならびに受信した圧変化ならびに筋電図等のアナログ信号をモニターし必要に応じて記録を残すためのソフトを開発した。

(2) 気圧センサの微小空間における記録の信頼性を検討するため、Dondersの空隙および口腔前庭の圧がそれぞれどのように変化し、その圧変化に対して唾液嚥下がどのように影響するかを観察した。その際、通常のsingle sensorに加え2つのセンサを約4mmの間隔に配置したtwin sensorを作成し、軟組織に囲まれた微小空間内での圧記録の精度・2点間比較を行った。

(3) 気圧センサによる嚥下動態記録法を検証するため、気圧センサを経鼻的ならびに経口的に中咽頭に留置し、空嚥下時の圧変化を記録した。

(4) 発声時の口腔内微小空間の圧変化を記録するため、3つの気圧センサを同時に使用できるようにシステムを拡張し、口蓋の前方・後方と咽頭に設置し、発声課題を施行中に3カ所の圧変化を記録し、音声波形と比較して解析した。

4. 研究成果

(1) 装置を小型化で無線によるデータ収集ができるようにTOCOSのTWE-Liteにコイン型リチウムイオンバッテリーを組み込み、気圧センサと筋電図用アンプを接続するためのコネクタを装備した。TWE-Liteには生体信号を300 Hzの周期で送信できるようにプログラムした。この装置から送られる生体信号はPCのUSBに取り付けられた受信機を経てPCに送られ、PCでモニターすると共に必要なデータはExcelで再生可能なCSV-fileでディスクに格納できる。受信機からのデータをUSBから取り込み、モニター・データ収納するソフトは新たに作成した。

気圧センサが軟組織により圧迫され微小空間の圧が正確に記録できていないのではないかの疑問に答えるため、センサを2つ並べ、8名の被験者で同様の実験を行った。

その結果、口唇開口 口唇閉口 嚥下 口唇閉口安静の一連の記録で2つのセンサはほぼ同じ圧変化を示した。

(2) 実際にこのシステムを使って安静時に形成される Donders 空隙の圧変化を20名の被験者から記録した。大気圧の記録の後、口唇を閉鎖すると空隙の圧は少し陰圧 (0.16 ± 0.24 kPa: Mean \pm SD, $n = 14$)に、そして嚥下に続く安静時には被験者全員に明らかな陰圧 (0.50 ± 0.61 kPa: Mean \pm SD, $n = 14$)が記録された。本研究結果は2015年5月にオーストリアのインスブルグで開催された第29回 Store Kro Group Conference (The Society of Oral Physiology)で発表した。

以上の結果、気圧測定システムは0.15 kPaの分解能を保ち、軟組織で囲まれた微細な空間で110 kPaを越す圧であっても問題なく記録できることが分かった。

(3) 小型の気圧センサを使用して、食塊嚥下時と空嚥下時の口腔・咽頭内圧力変化にどのような差異があるかを検証した。2つの嚥下の特徴を、粘液の影響を避けるため小さな風船で気圧センサを取り囲み、嚥下時に食塊および口腔・咽頭粘膜が直接センサに影響しない中咽頭に鼻腔経由で留置し、嚥下による圧力変化を記録した。15名の健常者が唾液、15-mlの水、45-mlの水、および粘度の点で異なる2種類の食品(ポテトスープタイプおよびマヨネーズタイプの食品)15-mlを嚥下した。舌骨上筋群の筋活動を同時に記録した。それぞれの嚥下動作時の圧変化から、面積(AUC)、ピーク振幅および圧力持続時間の3つのパラメータを計測した。食塊嚥下時のほとんどすべては(99%)、初期の小さな変化とこれに続く大きな変化からなる二相性の変化を示したが、唾液嚥下時の90%は大きな変化だけの単相性であった。AUC、ピーク、および持続時間は、初期相より後期相でより大きな値を示した。初期相の振幅は食塊量の増加に伴って有意に増加したが、後期相では影響は小さかった。しかし、いずれのピークにも小さいが有意な、圧力に対する粘度の影響が見られた。後期相の圧変化のピークには、筋活動のピークが先行したが、初期相のピークは最大筋活動と同時であった。小さなピークは嚥下口腔期を、大きなピークは嚥下咽頭期に一致すると結論された。嚥下を気圧の点から評価することは、嚥下の生理学的研究に新しいパラメータを提供できる。

(4) 音声発生時の口腔・咽頭内圧の変化7名の健常者で、母音と子音(例えば、/ aka /、/ apa /、および/ ash /)を含む音声サンプルを被験者に発声させ、2つの気圧センサを切歯乳頭部とAhラインの中央に設置し、第3のセンサを中咽頭腔に配置して3カ所で圧変化を記録した。課題毎にピーク圧力、平均圧力、および音響信号と圧力変化との時間的關係を解析した。

母音発声時には平均圧力は変化しなかった。しかし、音声サンプルの発声時には、構音の

場所に応じて過渡的に圧力が増加した。さらに、口蓋の前後方で圧力変化の開始およびピークタイミングに違いが記録された。これらの知見は、音声サンプル構音時の圧力変化が音声生成の機能的側面を反映していることを示している。特に、単一の圧力トランスデューサを使用する研究と比較して、複数の場所での同時圧力記録は、発声時の構音機構に関する正確な情報を提供できると結論された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3件)

Sakuma T, Kurose M, Okamoto K, Hasegawa M, Fujii N, Nakatani Y, Takagi R, Sato T, Kodama Y, Ominato R, Yamamura K, Yamada Y Use of a Novel Device to Assess Intraoral and Intraparyngeal Baropressure during Sound Production. Folia Phoniatr Logop. 2016, 68: 274-281.

HIRAKI K, YAMADA Y, KUROSE M, OFUSA W, SUGIYAMA T, ISHIDA R Application of a barometer for assessment of oral functions: Donders space Journal of Oral Rehabilitation. 2017, 44: 65-72.

Hasegawa M, Kurose M, Okamoto K, Yamada Y, Tsujimura T, Inoue M, Sato T, Narumi T, Fujii N, Yamamura K Differential Response Pattern of Oropharyngeal Pressure by Bolus and Dry Swallows. Dysphasia. 2018, 33: 83-90.

[学会発表](計 件)

[図書](計 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:

国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

山田 好秋 (YAMADA, Yoshiaki)
東京歯科大学・歯学部・客員教授
研究者番号：80115089

(2)研究分担者

石田 瞭 (Ishida, Ryo)
東京歯科大学・歯学部・教授
研究者番号：00327933

(3) 研究分担者

黒瀬 雅之 (KUROSE, Masayuki)
新潟大学・医歯学系・助教
研究者番号：40397162