

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 佐久間 利喜
学位 博士 (歯学)
学位記番号 新大院博 (歯) 第332号
学位授与の日付 平成27年9月24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 大気圧センサを用いた口腔内圧変化測定の利用の検討

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

【目的】

発音時や嚥下時には軟口蓋が挙上し鼻腔と咽頭腔が遮断される鼻咽腔閉鎖が生じる。閉鎖が不良な場合、口腔内圧が高まらず、音声は鼻音化または弱音化した聴覚的印象を与える。また、摂食・嚥下時には、閉鎖が不良な場合、鼻腔から食物や水分の漏出が起り、生活の質を保つことが困難となる。そこで、発音や嚥下の円滑な遂行に係わる鼻咽腔閉鎖機能を適切に定量的に評価する必要が求められている。

鼻咽腔閉鎖機能の判定には、①音声評価 ②ブローイング ③嚥下内視鏡 ④嚥下造影法 (VF) ⑤四次元MRIなどの方法がある。内視鏡検査法は、鼻咽腔閉鎖運動と他の器官の運動を同時に観察することが出来ない。VF画像は、側方からの透視画像であり鼻咽腔閉鎖運動に関する情報の精度が内視鏡に劣る。四次元MRIを用いた報告では、鼻咽腔閉鎖の時間的なタイミングが明らかにされてきたが時間分解能は決して高くない。

そこで、鼻咽腔閉鎖機能を定量的に評価するために、口腔・咽頭内に形成される管腔での容積変化に着目した。従来、管腔内で生じる圧は、ひずみ圧ゲージを用いて、舌と硬口蓋が接触することで生じる舌圧や声門下圧を中心に検討されてきた。その結果、機能時の管腔の容積変化を三次元的に推察できるようになったが、内部容積が変化した空間の圧力の絶対値に注目した報告は少ない。そこで、超小型の大気圧センサを用いて口腔機能遂行時の口腔や咽頭内圧変化をチェアサイドで計測可能な小型の記録システムを作製し、ガス流体の移動時の圧変化量の記録を行った。

【方法】

口腔・咽頭内に設置する圧センサとして、50から115 kPaまでの気圧測定が可能なセンサを採用した。被験者から舌骨上筋活動記録と音声記録を行った。被覆したセンサを実験用スプリントの切歯乳頭部と硬軟口蓋移行部に。ゴムカバーで被覆しセンサを中咽頭に設置した。記録は①5秒間の吸気時②発音時(母音: /a/, /i/, 破裂音: /k/, /p/ 摩擦音: /si/)の圧測定とした。被験者には、日常会話音量の +/- 10 dBの範囲内で発音するように指示した。発音時の声の強さと圧変化量の関係を調べるために、/p/を被験

者に声の強さを変えて発音するよう指示した。

【結 果】

吸気時の圧変化: 吸気動作開始と共に各部位で、陰圧方向への圧変化が記録され、その変化量は -8.0 から -9.0 kPa であり、記録部位で有意な差はなかった。

発音時の圧変化: /a/ /i/ 産出時は、切歯乳頭部・硬軟口蓋移行部・中咽頭の各部位で明確な圧変化は記録されなかった。 /k/ 産出時は、硬軟口蓋移行部 (2.5 kPa)・中咽頭 (1.6 kPa) で一過性の有意な陽圧方向への圧変化が記録されたのに対して、切歯乳頭部では明確な圧変化が記録されなかった。 /si/ /p/ 産出時、各部位で一過性の有意な陽圧方向への圧変化 ($1-2$ kPa) が記録された。音声の種類は、各記録部位での圧変化量に有意な影響を及ぼし、破裂音・摩擦音では母音間と有意な圧の上昇が認められた。音量と圧変化量の関係: /p/ 産出時、音量の増加と圧変化量の増加に強い相関係数があった。

【考 察】

吸気時には、明確な陰圧方向への圧変化が記録された。呼吸流量と得られた気道内圧から気道抵抗を計測すると、記録を行った各部位では差違が見られなかったことから、吸引時の口唇から咽頭までの気道内では、おおよそ一定の通路が確保されていることを示唆し、吸気による管腔内の空気容積の減少により管腔内は陰圧を示したことが示唆される。

/a/ /i/ 産出には、口腔内を分断するような舌の動きがないため1つの空間が形成され、鼻腔と声道は切り離されているが口唇は閉鎖されない。よって、空間は閉鎖空間とはならないため明確な圧変化が各部位で記録されなかったことが示唆される。 /k/ 産出時は、構音点である硬軟口蓋移行部の手前で声道抵抗を著しく上昇させることで、硬軟口蓋移行部までの咽頭部の管腔内の圧力が呼気流によって上昇し、結果として特徴である雑音を発声させたことが示唆される。 /si/ 産出時は、呼気流が一様に気道抵抗の高い中咽頭から硬軟口蓋移行部・切歯乳頭と通過する過程で、高い抵抗の箇所を通過する際に生じた音が摩擦音として聴覚的に認識されていることが示唆される。 /p/ 産出時には、舌が構音点に接触しないため口腔内の気道抵抗には相違がなく、声道内に呼気流の流入が開始し一過性に高まった口腔内圧が開口により開放され、破裂音が形成されたことが示唆される。

本研究において開発した一連の記録システムは、小型の大気圧センサを用いて、口腔・咽頭部に形成された空間内に生じる陽圧並びに陰圧方向の圧変化を高いサンプリング周波数で経時的に記録することを可能としたシステムである。規格化された製品ではないため、定点測定とはならず、任意に測定場所を選定することができ、設計の自由度は高い。また、 1 kPa 程度の小さい圧変化量を経時的に検出することができ、鼻咽腔閉鎖不全の診断やその予後の評価などに用いられることが期待される。

審査結果の要旨

咀嚼・嚥下・発音などの口腔機能が営まれる際には、口唇・頬・舌・下顎などの顎口腔器官が活発に運動するだけでなく、軟口蓋の挙上による鼻咽腔閉鎖により、口腔の形態、体外・体内との連続性が変化している。それによって生じる口腔内の圧変化は、口腔機能のbiomechanicsのパラメータとして注目され

ており、近年舌圧や口唇圧を測定して機能診断に応用する試みがさかんに行われている。しかしながら、それらはいずれも口腔器官どうしの接触圧であり、口腔内の気圧変動を測定したものではなかった。本研究は、市販の超小型デジタルICセンサを口腔内2カ所（切歯乳頭部、硬軟口蓋移行部）と中咽頭後壁部に設置する方法を工夫し、吸気、母音、破裂音、摩擦音産出時の口腔内圧変動を測定することに成功した点で、画期性を有している。また、発音時の声の強さと口腔内圧変化量との関係を調べ、破裂音産出時における両者の相関関係を明確に記述した。これらの知見は、ヒトの生命と社会性の維持に欠くことのできない口腔機能をbio-mechanicalに評価する新しい方法としての口腔内圧測定の可能性を示唆するものである。

実験系の要点としては、気圧センサの設定位置を規格化するために実験用スプリントを試作し、リード線の走行が機能を妨げないよう配慮したこと、またステンレス製の筐体に格納されたひずみセンサが湿潤状態では出力が安定しないため、唾液や咽頭浸出液から防御するためにカバーでセンサを被覆したことが挙げられる。いずれも予備実験を重ねて試行錯誤の末に考案されたものであり、本論文におけるデータ採取には有効であったと思われる。ただ、実験用スプリントについては、口腔感覚と運動に影響を与える可能性があるため、試問において先行研究で行われているような馴化期間を設けるべきではないかという指摘があった。今回は、吸気と単音節の発音という単純なタスクであったため影響は小さかったと考えられるが、今後この手法をより複雑な発語や発話、あるいは咀嚼や嚥下に応用する場合は、無視できない点がある。

実験結果として、ストローを用いた吸気タスクにおいて、各測定部位に明確な陰圧の形成が見られた。すなわち、形成された管腔構造内の気圧が吸気動作による肺の容積増加により減少し、その減少量が吸気速度に依存したという結果は、測定システムの基本的有用性を示唆している。また、母音/a/発音時には有意な圧変化が見られなかったが、/k/, /si/, /p/発音時には各部位において有意な陽圧の形成が見られ、一部構音点や構音様式を反映した部位間の圧変化の差異が認められた。こうした結果は、従来概念的に予想されていた構音時の口腔内圧変化を客観的に裏付けただけでなく、構音動作による管腔構造の変化を複数の測定点における気圧変化によって詳細に記述した点に意義がある。

吸気時や構音時の圧変化は、より複雑な嚥下動作において指摘されている口腔・咽頭間の圧勾配とはまた異なるものだが、防水性が確保されれば嚥下時の圧勾配が観察できるのではないかという期待を抱かせる。試問においては、将来の可能性として、本システムを用いて気道抵抗を評価することができれば呼吸機能障害の評価にも有用ではないかという指摘があった。このように、本論文は、気圧計による口腔内圧測定という新たな手法を用いて、口腔機能の biomechanics を探索するだけでなく、新たな機能検査法の可能性を提示していることから、学位論文としての十分な価値を認める。