

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 砂田 悠香子
学位 博士 (歯学)
学位記番号 新大院博 (歯) 第429号
学位授与の日付 平成31年3月25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 Measurement of hyoid muscle activity and hyoid-laryngeal position during tongue lift movement
(舌挙上運動中の舌骨筋活動および舌骨喉頭位置の測定)

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

博士論文の要旨

【目的】

食物を摂取し正常に嚥下する過程において、舌の複雑かつ統合された運動によって食塊が形成され、舌と口蓋の間での前方から後方への連続的な舌圧形成によって食塊の移送が行われる。この舌圧形成のためには、内舌筋や外舌筋などの舌筋のみならず、オトガイ舌骨筋、顎舌骨筋、顎二腹筋などの舌骨上筋群も関与していると考えられている。

脳血管疾患や神経難病などに伴う摂食嚥下障害患者では舌運動障害を伴うことが多く、嚥下時の舌圧低下が認められることが報告されている。臨床的に、舌圧を改善し関連する筋力を強化するため、嚥下間接訓練が行われている。その訓練法のひとつである舌挙上運動 (tongue lift movement, TLM) は、脳血管疾患患者や高齢者の嚥下機能の改善に寄与したという報告がある。我々の先行研究では、舌筋の等尺性収縮を行わせる TLM 時には舌骨上下筋群の筋活動も観察され、舌圧形成に影響を及ぼすことを示し、また後方部の舌運動がより負荷が高い可能性が示された。

嚥下開始時、食塊を咽頭内に送り込むための一連の緻密な舌の運動制御に続き、小さいが有意な舌骨挙上を観察されており、舌および舌骨筋収縮と協調して舌骨および喉頭が挙上すると仮定できる。しかし、TLM における筋活動と舌骨喉頭運動との関係を定量的に明らかにした研究はほとんどない。

本研究は、TLM 中の (1) 舌骨上下筋群筋活動の特性を明らかにし、(2) 舌骨と喉頭の運動パターンを定量化し、(3) 舌挙上部位や挙上強さといった挙動の異なる TLM で比較することを目的とする。

【方法】

本研究には健常成人 16 名が参加した (男性 9 人、23~40 歳、平均 30.3 歳)。記録の対象は舌圧、顎二腹筋相当部における舌骨上筋群 (suprahyoid muscles, S-Hyo) および甲状舌骨筋相当部における舌骨下筋群 (infrahyoid muscles, I-Hyo) 表面筋電位、ならびに X 線透視画像から得られた舌骨喉頭位とした。舌圧計測はバルーン型舌圧計 (JM-TPM) を使用し、舌骨および喉頭位は X 線透視画像から第 4 頸椎を基準点とした移動量を計測した。

手順として、硬口蓋前方部に位置したバルーンを舌尖で押しつぶす前方 (anterior, Ant)、およ

び硬口蓋後方部に位置したバルーンを舌根部で押しつぶす後方 (posterior, Post) での TLM 運動を計測した。初めに 100% Ant および Post TLM の平均最大値を計算した。その後、Ant 80%、Ant 100%、Post 80%、Post 100% の順で 10 秒間 TLM を実施するよう指示し、記録中は TLM の強度を認識するために視覚的なフィードバックを行った。各試行の間に少なくとも 1 分の休憩時間をおいた。さらに経時変化を評価するために測定時間を Early (1-4 秒)、Middle (4-7 秒)、Late (7-10 秒) にステージ分割して検討した。舌圧、筋電図全波整流後の積分値 (integral EMG, iEMG)、筋電位平均周波数、舌骨喉頭位の各パラメータについて、TLM 強度 (80% vs 100%)、TLM 部位 (Ant vs Post)、ステージ (Early vs Middle vs Late) の要因分析を行った。

【結果】

(1) 10 秒全体の評価

舌圧は、80% TLM、100% TLM 両方のタスクで Post よりも Ant で大きかった。S-Hyo および I-Hyo iEMG は 80% よりも 100% TLM タスクで大きかったが、TLM 部位の差は認めなかった。舌骨、喉頭運動ともに、Post TLM よりも Ant TLM でより前方に水平移動していた。また、喉頭の垂直移動量と全体の移動量については Post TLM において大きい結果となった。

(2) 経時変化の評価

舌圧はすべてのステージで Post よりも Ant の方が大きく、ステージ間の違いは認めなかった。S-Hyo および I-Hyo iEMG はすべてのステージで 80% TLM に比べ 100% TLM で大きく、Late で有意に増加した。S-Hyo の平均周波数は Ant 100%、Post 80% および Post 100% TLM タスクで、Middle での平均周波数は Early よりも有意に低かった。I-Hyo の平均周波数は Ant 100% および Post 80% で Early よりも Late で有意な減少を示した。舌骨移動量は Ant 80% において Early と比較して増加しており、喉頭移動量は Post 100% のにおいて Early と比較して Middle、Late で有意に大きかった。

【考察】

舌圧の経時的な変化が認められなかったが、S-Hyo、I-Hyo 活動量は経時的に増加し、さらに各筋電位の平均周波数は低下する傾向を認めた。このことから、10 秒間の舌筋の等尺性収縮を伴う TLM による舌圧形成を維持するためには、経時的に S-Hyo や I-Hyo が疲労しながら代償的な収縮をもたらし、さらに舌骨喉頭複合体の代償的な挙上を引き起こしていると考えられた。喉頭挙上量の計測の結果から、特に Post TLM が舌骨喉頭複合体の挙上に有効である可能性がある。これらのことは、後方部の舌圧形成が嚥下障害患者に対するリハビリテーションとしてより有効である可能性を示唆するものであると考えられた。

審査結果の要旨

摂食嚥下は、食物を認知して口に取り込んでから胃に至るまでの一連の過程をいい、ヒトでは 1) 口に取り込むまでの先行期 (認知期)、2) 取り込んだ食物を咀嚼し唾液と混和することで食塊を形成する咀嚼期 (準備期)、3) できあがった食塊を咽頭に向けて移送する嚥下口腔期、4) 咽頭から食道まで食塊を移送する嚥下咽頭期、5) 食道に入った食塊を胃に移送する嚥下食道期の 5 期 (摂食 5 期) に分けられ、全期間を通して舌の運動が重要な役割を果たす。舌運動は舌の形状変化と舌体の保持および移動によりなされるが、舌体の保持と移動には舌底部に存在し舌の土台として機能する舌骨の位置制御が重要である。その舌骨の位置制御に重要な役割を果たすのが舌骨筋群であり、舌運動は舌の形態変化を担う内外舌筋群と舌骨の位置制御を行う上下舌骨筋群の協調運動といえる。

そのような背景のもと、申請者は脳血管疾患患者や高齢者の嚥下機能の改善も目的に行われる、舌挙上訓練に着目し、舌挙上運動制御における舌骨上筋活動と舌骨喉頭運動との関係を定量的に明らかにするという本研究を立案した。

実験は、摂食嚥下機能に異常を認めない健康成人 16 名を用いて行われ、舌骨上筋群 (S-Hyo)、骨下筋群 (I-Hyo) の表面筋電図、バルーン型舌圧計を用いた舌圧記録および X 線ビデオ撮影を行いながら、舌挙上タスクを行わせ

た。舌挙上タスクには硬口蓋前方部に位置したノリレンを舌尖で押しつぶす前方 (Ant)、および硬口蓋後方に位置したノリレンを舌根部で押しつぶす後方 (Post) の2種類を用いた。各タスクで被験者が随意的に発揮できる最大舌圧を測定した。次いでその値を基準値 (100%) として、舌圧の視覚フィードバックを行いつつ運動に伴う疲労を考慮した間隔で、Ant 80%、Ant 100%、Post 80%、Post 100%の順で10秒間の舌挙上タスクを行わせた。解析には、表面筋電図全波整流後の積分値 (iEMG)、筋電位平均周波数、舌圧に加え、X線透視画像から第4頸椎を基準点とした舌骨および喉頭位の移動量を運動評価のパラメータに用い、10秒間のタスクを時間的にEarly (1-4秒)、Middle (4-7秒)、Late (7-10秒) にステージ分けした上で、各パラメータについて舌挙上強度 (80% vs 100%)、舌挙上部位 (Ant vs Post)、ステージ (Early、Middle、Late) 間で比較した。

その結果、申請者は、1) 舌圧は舌挙上強度 (80%および100%)、ステージ (Early、Middle、Late) にかかわらず、前方挙上 (Ant) タスクの方が後方挙上 (Post) タスクより大きいこと、2) 筋活動量 (iEMG) は10秒間のタスク全体では両タスクにおいてS-Hyo およびI-Hyo ともに舌挙上強度80%より100%で大きく、ステージ毎の解析でも、全てのステージでS-Hyo およびI-Hyo ともに舌挙上強度80%より100%で大きいこと、3) 筋電位筋電位平均周波数はS-Hyo ではAnt 100%、Post 80%およびPost 100%のタスクで、Middleでの平均周波数はEarlyよりも有意に低く、I-Hyo ではAnt 100%およびPost 80%でEarlyよりもLateで有意に減少すること、4) 舌骨は10秒のタスク全体では舌挙上強度に関わらず水平的にPostよりもAntでより前方に移動し、垂直および全体の移動量はタスク間で差がないこと。一方ステージに着目すると、舌骨移動量がAnt 80%においてEarlyと比較してMiddleおよびLateで増加すること5) 喉頭は10秒のタスク全体では水平的には100%AntにおいてPostより前方に移動し、垂直的には100%PostでAntより上方に移動すること。またステージに着目すると、喉頭移動量はPost 100%においてEarlyと比較してMiddle、Lateで大きいことなどを明らかにした。

これらの結果より、申請者はいずれのタスクでも舌圧は維持されたが、舌圧形成を維持するためには、経時的にS-HyoやI-Hyoが疲労しながらもより大きな収縮を行うことで、舌骨喉頭複合体の代償的な挙上を引き起こしており、喉頭挙上量の計測の結果から、特に硬口蓋後方に位置したノリレンを舌根部で押しつぶすPostが舌骨喉頭複合体の挙上に有効であり、後方部の舌圧形成が嚥下障害患者に対するリハビリテーションとしてより有効であると考察している。

本研究はヒトにおける嚥下機能を改善するための間接訓練として行われている随意的舌挙上運動について、その運動制御メカニズムと機能改善に有効な挙上運動の方法とその論拠を示した。

以上より本研究は学位論文として十分な価値があると考えた。論文内容に関する試問に対しても十分な回答を得ることができた。よって、博士 (歯学) の学位を授与するにふさわしいと判断した。