

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 古志 奈緒美
学位 博士(歯学)
学位記番号 新大院博(歯)第455号
学位授与の日付 令和2年3月23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 Properties of hyoid muscle contraction during tongue lift measurement
(舌挙上運動測定時における舌骨筋の筋活動特性)

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

博士論文の要旨

1. 目的

舌の筋力トレーニングは、脳卒中後や高齢者における嚥下障害患者の嚥下機能を改善することが知られている。舌の筋力トレーニングとして一般に行われる舌挙上運動は、舌筋のみならず、喉頭挙上に必要とされる舌筋の機能回復も期待できるといわれる。現在、舌運動は舌前方運動のみが注目されているが、舌前方と後方挙上運動では、舌骨上筋群と舌骨下筋群をはじめとする筋活動様式が異なる、すなわち期待される効果も異なると考えられる。そこで本研究では、舌の前方および後方挙上運動時の舌圧と舌骨筋の筋電図を記録し、両者の運動様式の違いを比較検討することを目的とした実験を行うこととした。

2. 方法

対象は、健康成人20名(男性11名、女性9名、平均年齢 27.5 ± 4.8 歳)として、舌圧ならびに表面筋電位を記録した。舌圧測定にはシリコン型舌圧測定器を用い、プローブを切歯乳頭部に位置つけた舌前方挙上運動および硬口蓋後方に位置つけた舌後方挙上運動時の口蓋に対する舌圧を測定した。表面筋電図測定のために双極性電極を使用し、これを右側の顎二腹筋相当部ならびに甲状舌骨筋相当部に貼付した。

測定は座位で足底接地した状態で行った。被験者には最大の力で7秒間、舌と口蓋の間のバルーンを押しつぶすように指示した。舌前方挙上、舌後方挙上の順に各3回測定し、その間の舌圧および表面筋電図を同時記録した。各施行間には10秒の休息時間を設定した。筋電図はサンプリング周波数1KHzで増幅後に、ADコンバータを介してPCに取り込み、舌圧波形はCSVデータに変換後オフラインにてPCに取り込み、時間と同期させた後に専用ソフトウェアを用いて解析した。

はじめに舌圧積分値、全波整流後の筋電図積分値(筋筋活動量)、筋電図平均周波数をパラメータとして、7秒間の記録における3回の試行(1st vs 2nd vs 3rd)と挙上部位(舌前方 vs 舌後方)の条件間で比較した。次に測定対象区間で1~4秒をEarly、4~7秒をLateのステージに分類して、経時的変化を検証した。統計検定には二元配置反復測定分散分析を用いた。

3. 結果と考察

7秒間全体について、舌挙上部位による違いを比較したところ、舌圧積分値について舌後方に比べて舌前方挙上時で有意に高かったのに対して、3回の試行間の比較では、舌骨上筋群の筋電図積分値において、1回目と比較し3回目が有意に高く、試行間で有意差を示したため、以降の経時的変化の分析には、中間の値であった2回目のデータを用いた。

経時的変化を調べたところ、舌圧積分値の比較ではEarly とLate の間に有意差を認めなかった。一方で筋電図積分値の比較では、舌骨下筋群において、Early がLate に対して有意に高い値を示した。筋電図平均周波数解析を行ったところ、いずれの試行群においても、Early に比してLate で有意に低い値を示した。

3回の試行間の比較では、舌骨上筋群の筋電図積分値が3回目に有意に増加したが、舌圧は有意差を示さなかった。一般に、筋電図活動の増加は、筋の運動単位の動員または発火率の増加の結果と考えられる。舌骨上筋群の筋活動を増加させることで内舌筋の筋疲労を補い、舌圧を維持したと推察した。

舌挙上部位の比較では、舌圧積分値は舌前方で有意に高く、舌骨下筋群の筋電図の積分値は舌後方で有意に高い値を示した。最大舌圧および嚥下時の舌圧は、舌前方で大きいことが明らかにされている。さらに舌骨下筋群の一つである胸骨舌骨筋は舌の後退運動で筋活動が高くなること、嚥下中における喉頭挙上の開始のタイミングと舌骨下筋群には有意な相関があることが報告されている。舌挙上運動による舌骨下筋群の筋活動の増加は、喉頭挙上に関わる筋群の活性化の促進に寄与する可能性があることから、舌後方の挙上運動は、摂食嚥下リハビリテーションの訓練において舌骨下筋群の筋力を強化するために効果的であることが示唆された。経時的変化の分析では、舌圧積分値はステージ間で有意差を認めなかったが、舌骨下筋群の筋電図積分値はEarly と比較してLate で有意に増加した。一方、筋電図平均周波数は、舌骨上筋群および舌骨下筋群の舌前方、舌後方ともに、Late で有意に減少した。これは舌骨筋群が徐々に疲労したことを示唆する。動物を対象とした形態学・組織化学的研究では、内舌筋の大部分が主に速筋成分からなるII型繊維で構成されていることが報告されている。この傾向はヒトも同様であるとされており、内舌筋は疲労しやすいと考えられる。よって舌挙上時に舌圧を発揮している間、経時的に舌の運動強度が増加すると、舌骨筋は舌圧を維持するために、その筋活動のパターンを変化させることによって舌筋の急速な疲労を補っていることが考えられた。

審査結果の要旨

超高齢社会となった日本において、摂食嚥下機能障害をもつ要介護高齢者や障害者数も増加しており、高齢者医療の中でも注目されている。歯科診療においても、口腔ケアの実践による誤嚥性肺炎予防、義歯治療をはじめとする口腔運動や咀嚼機能へのアプローチがもたらす摂食嚥下機能改善に関わる歯科医療の貢献が明らかであり、今後本テーマに関する基礎・臨床研究のますますの推進が望まれている。

口腔機能検査のひとつに舌圧検査がある。これまでは喉頭摘出術後の実質欠損に対する舌口蓋補助床や顎義歯適用患者など、一部の患者のみに保険適用されていたが、平成30年度に口腔機能低下症が保険収載となって以降、全高齢者を対象とした検査項目のひとつとなったことによって、広く一般にも知られるようになってきた。舌圧の値は、加齢とともに減退すること、認知症・障害者高齢者の自立度に依存することなどが報告されるなど、その信頼性はゆるぎないものである。

一方、舌圧発揮に必要な舌筋への負荷が摂食嚥下リハビリテーションのひとつとして推奨されている。舌の筋力トレーニングとして一般に行われる舌挙上運動は、舌筋のみならず、喉頭挙上に必要とされる舌筋の機能回復も期待できるといわれている。現在、舌運動は舌前方運動のみが注目されているが、本研究では、舌前方と後方挙上運動では、舌骨上筋群と舌骨下筋群をはじめとする筋活動様式が異なると仮定し、これらの運動時の筋活動発現様式を生理学的に明らかにすることを目的とした実験を行った。測定項目には、舌圧積分値の他、筋疲労を評価する目的で筋電図の積分値および平均周波数をパラメータとしている。検査項目とされている7秒間の最大舌圧発揮時の各パラメータの経時的変化、舌圧発揮によるそれらの違いを評価する手法は、申請者らの独自の手法である。本実験系においては、健常者を対象としており、サンプルサイズを決定するにあたっては、 $G*Power3.1$ を使用し、サンプルサイズが十分であることを確認するなどの十分な準備をしている。研究立案時に事前にサンプルサイズを設計し、そのサンプルサイズを確保してデータを収集することが理想であること、また現実には、諸事情によりそれが困難な場合もあり、サンプルサイズ設計は客観的計算のみで限定されるものでない。治療などではサンプルサイズを厳密に設定することが多いが、実際には観察研究で計算が複雑となることや介入研究で必要サンプルサイズを集めることができないこともあり、限界とするこ

とを否定的に捉えるものではないことも考慮している点において十分な事前準備といえる。

長期間の筋収縮により周波数が低周波数帯域に移行することが知られている。これは筋線維の伝導速度が低下するためであり、筋疲労の評価として用いられる。また筋電図の振幅増加も筋疲労の特徴であり、活動していた運動単位の収縮力が低下すると、他の運動単位を動員することで、疲労した運動単位を補う。したがって、舌挙上運動中の筋電図の振幅と周波数の変化は筋負荷の評価指標となりうることを想定した。

結果として、予想通り舌圧積分値について舌後方に比べて舌前方挙上時で有意に高く、さらに経時的変化を調べたところ、舌圧積分値が一定に保たれていたのに対して、筋電図積分値の比較では、舌骨下筋群において経時的な上昇、筋電図平均周波数でいずれの筋においても減少を認めたという。以上の結果は、舌後方挙上運動が舌前方挙上運動よりも急速に筋疲労を生じたためであると推察でき、舌後方挙上運動の方が明らかに、負荷が高いことが考えられる。

形態学・組織化学的研究では、内舌筋の大部分が主に速筋成分からなる II 型線維で構成されていることが報告されていることから、舌圧発揮時は急速に疲労する舌固有筋活動を舌骨筋が代償していることを示したものとして、その価値を認める。さらに、舌骨筋活動は 7 秒間の舌圧発揮時にその振幅を上昇させ、さらに平均周波数の減少が観察されたことから、このタスクが舌骨筋に疲労を伴う負荷となっていることを明らかにしたものである。

これらの結果は、(1) 舌圧発揮時における舌骨筋の関与は前方と後方で異なる、(2) 舌挙上運動による舌骨下筋群の筋活動の増加が、喉頭挙上に関わる筋群の活性化の促進に寄与するとすれば、舌後方の挙上運動は臨床においても適用される価値が高いことを示唆しており、今後、舌圧検査や舌機能訓練における新たな指針を与える可能性をもつといえる。

以上、舌挙上運動に対する舌骨筋の関与ならびに舌挙上訓練の手法そのものを再検討して、より効果的な運動療法のあり方を提案した本論文の価値は高く、本研究に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。