

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 笹 杏奈
学位 博士(歯学)
学位記番号 新大院博(歯)第508号
学位授与の日付 令和4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 **Functional evaluation of suprahyoid muscle activity**
(咀嚼における舌骨上筋群活動の機能評価)

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

1. 目的

固形食品摂取時には、咀嚼による食品粉砕、食塊形成の後に嚥下によってこれを咽頭から食道へと移送する。過去の研究では、咀嚼による食品粉砕や嚥下運動を種々の生理学的手法を用いて評価しているが、食塊形成や嚥下に向けた移送に関する報告については、画像を用いる他にほぼ手段がない。本研究では、ことに舌骨上筋群の活動に注目し、筋電図と顎運動記録を同時記録して、独自の解析手法にて咀嚼時の食塊形成を評価できるか否かについて検討した。

2. 対象と方法

摂食嚥下機能に臨床的な異常を認めない20名の健康成人(男性12名、女性8名、平均年齢31.0歳)を対象とした。実験1では、一定の開口量(4mm)のもとでの最大開口5秒、最大舌圧に対して25、50、75、100%の舌圧発揮時の舌骨上筋群活動の記録を行った。実験2では、物性の異なる2種の米菓(Happy3g、Haihain0.85g)およびピーナッツ(3g)を自由摂取と習慣性咀嚼側にて片側咀嚼で全量摂取した際の両側咬筋及び舌骨上筋群の筋電図記録、三次元動作解析装置を用いた顎運動記録、嚥下内視画像記録の同時採取を行った。全量摂取時間、最初の嚥下までの咀嚼時間、咀嚼回数、咀嚼サイクル時間、咬筋ならびに舌骨上筋群の1咀嚼サイクル当たりの筋活動量(全波整流後の積分値)をもとに自由咀嚼と片側咀嚼時の摂取運動の違いを明らかにした後に、片側咀嚼における咀嚼から最初の嚥下が引き起こされた咀嚼区間を対象として、最小開口から次の最小開口を咀嚼の1サイクルとした際の1咀嚼サイクル当たりの各筋活動量と開口量を計測して、筋電図との関係を相関分析により調べた。また、1咀嚼サイクル当たりの舌骨上筋群活動量/開口量を求めて、食品ごと、最初の嚥下までの咀嚼時間内の咀嚼サイクル数をもとに定めた咀嚼前期、後期間の値を比較した。

3. 結果と考察

実験1より、舌圧発揮の程度に依存して舌骨上筋群活動は有意に上昇し、最大舌圧発揮時には最大開口時に近い活動量が得られたことで、舌骨上筋群は舌全体を引き上げることで舌運動を補助していることが示された。実験2では、全量摂取時間、最初の嚥下までの咀嚼時間、咀嚼回数とも食品の硬さに応じて延長した。また、いずれの食品摂取時においても、自由咀嚼に比べて片側咀嚼では、咀嚼時間、咀嚼回数は延長し、咀嚼サイクル時間はわずかに延長した。

一方、咬筋活動量は硬さに依存して増加したものの、舌骨上筋群活動は咀嚼タスクによる違い、咀嚼側と非咀嚼側による違いは認められず、開口や食塊形成における左右差は明らかではなかった。

次に、舌骨上筋群活動量とこれに依存すると期待される開口量の相関を調べたところ、いずれの食品においても、初回嚥下までの咀嚼時間内における相関は明らかではなかったものの、食品粉砕が主となる咀嚼前期においては、いずれの被験者においても高い正の相関が得られた。これらの値を用いて、回帰直線、95%信頼区間を求め

て、これらの値を用いて1咀嚼サイクルにおいて舌骨上筋群が開口優位に働いたサイクル(jaw-opening dominant cycle, JO), 食塊形成優位に働いたサイクル(deviation cycle, De)を定義し、条件間で比較したところ、JOサイクルはピーナッツで有意にその回数、頻度ともに高かったのに対して、DeサイクルはHaihainにて有意に高い頻度だった。最後に咀嚼前期と後期における舌骨上筋群活動量/開口量を比較したところ、Haihain咀嚼時には咀嚼側、非咀嚼側ともに後期に上昇しており、さらにその増加割合は咀嚼側で高かった。軟らかく油分を含まないHaihainは食塊形成が難しいとされていることは、舌骨上筋群が開口以外に働く割合やその活動量が高いことに合致しており、これらの関係を調べることで、食塊形成における舌骨上筋群の働きを明らかにするために有用であることが示唆された。

審査結果の要旨

咀嚼時の食塊の形成と上下歯間での咀嚼・咽頭への移送などの食塊の位置制御は顎・舌・口腔粘膜など口腔周囲の多くの器官が共同することで行われる運動である。直接に観察することが困難な口腔内部で行われるため、レントゲンビデオなどを用いた画像を観察することにより、概要は理解されているものの、運動の詳細は明らかになっていない。また、運動の制御メカニズムについても基本的な運動パターンは咀嚼中枢により作られると考えられているが、実際の咀嚼時には咀嚼中枢に加えて咀嚼に伴い生じる種々の感覚情報によって誘発される反射、感覚情報をもとに行われる随意制御など複数の制御様式が混在すると考えられ、不明な点が多い。本研究は三次元動作解析装置を用いた下顎運動軌跡の記録と舌骨上筋群および閉口筋の筋電図記録を同期させることで、舌骨上筋群がこの複雑な運動の遂行にどのような役割を果たしているかを調べた研究である。筋電図記録対象となった舌骨上筋群は顎二腹筋前腹と顎舌骨筋で、両者とも起台は下顎骨、停止は舌骨で下顎骨を固定すれば舌骨を引き上げ、舌骨を固定すれば下顎骨を引き下げる作用を持つ。すなわち咀嚼時には開口筋として開口を主導することに加え、舌が動く際には舌の土台としての舌骨を支え舌運動を補助するという2つの機能を同時並行的に果たす。申請者は1咀嚼サイクル中の舌骨上筋活動を三次元動作解析装置を用いて記録した開口量と比較することにより、そのサイクルで舌骨上筋群が開口優位に働いたのか、舌運動補助優位に働いたのかを判定する独自の解析法を用いて、物性の異なる食物咀嚼時の舌骨上筋群の機能を詳細に検討した。

被験者には20名の健常成人を用い、まず、随意的な舌圧発生時の舌圧と舌骨上筋群筋活動を比較することで舌機能時の舌運動補助における舌骨上筋群の基本的な役割を確認した。次いで、光学式三次元動作分析装置(Motion Capture System)を用いた下顎運動記録、嚥下内視鏡を用いた咽頭嚥部での食塊と嚥下動態観察と両側の咬筋および舌骨上筋の筋電図記録を行いながら、物性の異なる2種類の米菓(食塊形成が容易なものと同難なもの)とピーナッツ(硬くばらけやすい)について自由摂取と習慣性咀嚼側での片側咀嚼で摂取させた。記録したデータは最初に誘発された嚥下までの期間を咀嚼前期(Early)、咀嚼後期(Late)に区分した後に各咀嚼サイクルについて舌骨上筋群活動量と開口量の相関関係を求めた上で、相関が高いサイクルをjaw-opening dominant cycles (JO:開口優位)、低いものをdeviation-dominant cycles (De:食塊形成優位)と判定し、食品毎の出現頻度を解析した。

その結果申請者らは①JOサイクルはピーナッツで有意にその回数、頻度ともに高いこと、②Deサイクルは食塊形成が困難な米菓で有意に高いこと、③咀嚼前期、咀嚼後期間の比較では食塊形成が困難な米菓では咀嚼側、非咀嚼側ともに咀嚼後期での活動が高く、特に活動増加率は咀嚼側で高いことを明らかにした。以上の結果より申請者は、舌骨上筋群の筋電図を記録し、本研究で用いた解析法を行うことで食塊形成における舌骨上筋群の働きを明らかにするために有効であると考察している。

先に述べたように閉口および咬合相のみで活動する閉口筋と比較して舌骨上筋群は咀嚼時に開口および舌骨を位置制御・固定することによる舌運動の補助という複数のタスクをこなすために、その制御メカニズムには不明な点が多い。本研究は従来行われてきた筋電図記録と光学式三次元動作分析装置を併用することで、ヒトにおける舌骨上筋群の活動様式とその制御メカニズムを知る上で貴重な一歩となる。その先にある、さらに複雑な舌運動制御のしくみにも繋がる研究である。咀嚼運動の制御メカニズムを調べる研究において、下顎運動および食物の粉碎・臼磨のメカニズムについては多くの知見があるが、摂食嚥下障害の治療・リハビリの臨床現場では、より重要な食塊形成と移送のメカニズムは不明であり、本研究で得られたデータは臨床的にも価値があるものである。一方、審査において、細かい解析方法についてブラッシュアップの必要性が指摘された。申請者は、これらの項目について検討・考察を行い、本研究が持つ臨床的意義や限界を回答するとともに、今後の研究の発展すべき方向性

についても展望している。

以上のような審査の結果を踏まえ、笹杏奈氏が提出した論文は歯学の発展に寄与するところがあり、同氏は歯学研究者としての資質を十分に備えていると認められたことから、博士の学位を授与するに相応しいと判断した。