原著論文

外側翼突筋上頭の基本特性ならびに開口量・ 咬合力との関係

日比野和人

Fundamental Properties of the Human Lateral Pterygoid Muscle Activity and Quantative Observation in Relation to Vertical Dimension and Bite Force

Kazuto Hibino

Abstract : The purpose of this study is to investigate the fundamental property of the superior head of the lateral pterygoid muscle (LPT) of the human beings. The experiments were performed on 6 subjects. Electromyographic activity of the superior head of LPT were simultaneously recorded with masseter, temporal and digastric muscle.

The findings may be summerized as follows :

1. Superior head of LPT showed the maximum activity during closing and clenching.
2. Superior head of LPT showed remarkable tonic activity at rest position and notable activity during swallowing and passive retrusion.
3. Superior head of LPT activity was related to vertical dimension and bite force quantitatively, but such relationship was quite different from masseter and temporal muscle.
4. Jaw-jerk reflex was evoked by mechanical chin tap in the superior head of LPT, masseter and temporal muscle showing identical time course.
5. Periodontal excitatory reflex was evoked by mechanical tooth stimulation in the superior head of LPT and temporal muscle.

From these findings it was concluded that superior head of LPT was qualitatively similar to but quantitatively distinct from jaw closing muscles such as masseter and temporal muscle.

Key words : superior head of LPT, vertical dimension, bite force, stretch reflex

I. 緒 言

円滑な下顎運動を営む上で上頭と下頭の2つの筋頭を

持つ外側翼突筋は、関節円板や下顎頭の動きに関与する
きわめて重要な筋とされている。また、顎関節症に対し
て外側翼突筋の関与も推測されるなど、外側翼突筋上頭、
下頭の下顎運動における機能的役割を明らかにすること

愛知学院大学歯学部第一歯科補綴学教室（主任、指導：平沼
謙二教授）
The First Department of Prosthodontics, School of Den-

tistry, Aichi-Gakuin University (Chief, Director : Prof.
Kenji Hiranuma)
平成元年12月9日受付

は重要である。しかしながら、外側翼突筋は他の咀嚼筋に比べて深部に位置し、解剖学的にも複雑な形態をしているため、その構造や機能に関して不明な点が多い。

そこで近年、ワイヤー電極を用いる方法の開発により、動物を用いた研究^{1~4)} やヒトにおける研究^{5~17)} が行われ、外側翼突筋の筋電図導出に成果をあげているが、いまだ一致した見解が得られていない。特に、外側翼突筋の上頭については、従来より関節円板を前方に牽引する役割を果すといわれていたが、筋電図学的研究により閉口運動時に活動するという報告^{7,8,10,11,13~17)} も数多くみられ、形態学的な走行より考えると閉口運動時には引伸ばされる方向であり、関節円板を前方に牽引しているとは考えられない。また、外側翼突筋が咀嚼運動時に開口時と閉口時の2相性の筋活動を示すという報告⁹⁾ もあるが、1つの筋が全く相反する運動に関与しているという所見には疑問な点が多い。このように、外側翼突筋上頭の下顎運動における機能的役割に対して種々な見解がみられるので、このことをさらに明らかにするには、なお一層の検討が必要であるといえる。

そこで本研究は、まず屍体により外側翼突筋上頭、下頭への電極刺入方法の検討を行い、その方法にて生体により確実に筋電図導出が可能であるかどうかの確認を行った。ついで、外側翼突筋上頭の基本的特性を明らかにする目的で咬筋、側頭筋の筋電図を同時記録し、1) 各種の下顎運動、下顎位における活動様式、2) 反射性応答よりみた活動様式、3) 開口量および咬合力との定量的関係について比較検討することにした。

II. 実験方法

1. 筋電図導出部位の屍体による検索

被験者より外側翼突筋上頭、下頭の筋電図を別個に導出する電極刺入方法を口外法で定量的、定位的に規定するため、屍体 12 体を用いて以下の検索を行った。

まず、刺入角度規定用の角度プレートにフェースボー側面にボーと直角に取りつけた。外側翼突筋上頭への刺入部位はカンペル平面と平行に規定したフェースボーの下方約 5 mm で、イヤールロッドの中央より約 40 mm 前方の皮膚上の点とした。この点より、前後的にはイヤールロッドと平行で、上下的には角度プレートの 20 度で上方に向かう方向で骨に軽く触れる所まで注射針を刺入し、その位置より 5 mm 引き抜いた所に赤インクを注入、印記した。一方、外側翼突筋下頭への刺入部位は、上頭の刺入部位より約 5 mm 下方とし、この点より、前

図1 筋電図導出に用いた電極（fine wire）と誘導針

後的にはイヤールロッドと平行に、上下的には0度の角度で刺入し、前者と同様に骨に軽く触れた所より約 5 mm 引き抜いた所に緑インクを注入し、印記した。ついで、屍体を解剖し、両印記が外側翼突筋上頭、下頭内に存在しているか否か、存在しているとすれば筋のどの部位に位置しているかを観察した。

2. 筋電図測定方法

1) 被験者

被験者は、当教室医局員のうち、いわゆる健全歯列者で、臨床的に顎口腔系に機能的な異常の認められない 27~33 歳の男性 6 名を対象とした。

2) 筋電図導出部位と導出方法

筋電図導出部位は、外側翼突筋上頭、咬筋中央部、側頭筋前腹、顎二腹筋とし、記録側は、各被験者の習慣性咀嚼側とした。

外側翼突筋上頭の筋電図導出には、図1に示すように樹脂で絶縁したステンレスワイヤー（California Fine Wire 社製、 $\phi 60 \mu\text{m}$ ）2 本を先端 1 mm を露出し、23 G 60 mm カテラン針を誘導針として針先より各々 2, 3.5 mm 折り曲げて使用した。電極刺入は、最大開口時にも電極が下顎頭より前方に位置するように開口状態で、屍体により検討、規定した方法により行った。なお、電極刺入の深さは、皮膚表面より 42~48 mm で、平均 46.5 mm であった。

咬筋、側頭筋、顎二腹筋の筋電図記録は、電極間距離

25 mm に規定し、筋繊維の走行と平行に貼付した表面電極により行った。

3) 記録法

被験者を治療椅子に楽な姿勢で腰掛けさせ、頭部を安頭台にて軽く固定し、次項で示す各種下顎運動などの筋電図およびその下顎運動を記録した。

下顎運動の測定には Mandibular Kinesiograph (Myo-tronics 社製 K 5 型、以下 MKG と略す) を用い、筋電図とともにデータレコーダ (TEAC 社製 MR-30) に同時記録した。

4) 記録項目ならびに解析方法

(1) 各種の下顎運動, 下顎位

下顎運動, 下顎位の記録は, 開閉口運動, 左右側方運動, 前後運動, 噛みしめ, 嚥下, ガム咀嚼, 下顎安静位, 下顎の持続的後方伸展, 下顎の下方 stretch・後方 stretch 時について行った。なお, 下顎の持続的後方伸展は術者がオトガイ部に指を当て持続的に後方に押し, 下顎の下方 stretch は術者が下顎前歯部に指を置き下顎を下方に一過性に stretch し, 下顎の後方 stretch は術者がオトガイ部に指を当て下顎を後方に一過性に stretch した。また, 中心咬合位の確認と筋活動量の指標を得るために, 各運動前後にタッピングを行わせた。

解析は, 上記の各種下顎運動時および下顎位での外側翼突筋上頭の活動様式と咬筋, 側頭筋との活動様式の類似点, 相違点について定性的に行い, 比較検討した。

(2) 段階的開閉口運動および段階的噛みしめ

外側翼突筋上頭, 咬筋, 側頭筋, 顎二腹筋の筋活動と開口量, 咬合力との関係を定量的に検索する目的で, 開口量を規定した段階的開閉口運動時, および咬合力を規定した段階的噛みしめ時の活動を記録した。

段階的開閉口運動においては, MKG の垂直成分の出力をオシロスコープにてモニターして被験者に提示し, 規定した開口量で 2 秒間下顎位を保持し, 段階的に開口量を増減させた。

段階的噛みしめにおいては, 図 2 に示すような金属シーネを上下顎歯列間に装着し, 下顎位, 咬合力を規定して噛みしめを行った。下顎位は金属シーネ上にゴシックアーチを描記し, 中心咬合位にディンプルを形成し, 噛みしめ時の下顎位を規定した。咬合力は, シーネに貼付したストレングージにて測定し, その出力をオシロスコープにてモニターして, 規定した咬合力で 2 秒間の噛みしめを行い, 段階的にその咬合力を増減させた。なお, 金属シーネ装着による咬合挙上量は前歯部で約 3 mm とした。

図 2 咬合力計測に用いた金属シーネ

段階的開閉口運動時, 段階的噛みしめ時の各筋の活動量は, 外側翼突筋上頭, 咬筋, 側頭筋については最大噛みしめ時の筋活動を, 顎二腹筋については最大開口時の筋活動を 100% とした時の相対的筋活動量として算出した。すなわち, 各筋の筋活動量は, 筋電図を全波整流後, smoothing (low path 7 Hz) を行い, 各段階での平均振幅を算出し, 同様に求められた最大噛みしめ時, 最大開口時の平均振幅に対する相対的筋活動量とした。各被験者ごとに, このような段階的開閉口運動および段階的噛みしめを各 3 回行い, その平均値を算出し, 筋活動量と開口量および咬合力との関係を定量的に検索した。

(3) オトガイタツプ, 歯牙タツプ

オトガイタツプは, 下顎安静位をとらせ, 機械刺激装置 (ダイヤメディカル社製 DPS-250 SH) を用いオトガイ正中部を前上方より後下方に向け毎秒 1 回の頻度で 30 回タツプし, 外側翼突筋上頭, 咬筋, 側頭筋の筋電図とタツプ強度を同時記録した。

歯牙タツプは, 前記の金属シーネを上下顎歯列間に装着し, 咬合力を測定して可及的に咬合力を一定に保った状態で, 機械刺激装置を用い, 左右の上顎中切歯, 犬歯の唇面を歯軸に垂直の方向より毎秒 1 回の頻度で各々 50 回タツプした。タツプ強度は, 開口反射の起こらない程度の強さとし, 開口反射が起きていないことを確認するために顎二腹筋筋電図を外側翼突筋上頭, 咬筋筋電図と同時記録した。

オトガイタツプ時は筋電図原波形, 歯牙タツプ時は全波整流した波形それぞれを機械刺激信号と同期した刺激装置からの出力信号を trigger として平均加算した。

III. 結 果

1. 外側翼突筋筋電図導出部位の屍体による検索

屍体の右側外側翼突筋について上頭, 下頭のインク注入部位の確認を剖検したところ, 上頭は 12 体中 11 体, 下頭は 12 体中 12 体ともそれぞれインク注入部位が確認できた。また, 注入部位の確認できたすべての屍体においてインクは該当筋内に存在しており, その部位は図 3 に示す位置であった。外側翼突筋上頭においては, 10 体が起始部に近い部位に注入され, 1 体のみ下顎頭に近い部位に注入されていた。外側翼突筋下頭においては, 9

図 3 屍体 12 体のインクによる印記部位

S : 外側翼突筋上頭, I : 外側翼突筋下頭, ● : 外側翼突筋上頭の印記部位, ■ : 外側翼突筋下頭の印記部位

体が起始部に近い部位で, 3 体が筋の中央付近に注入されていた。以上より, 上頭の導出部位はフェースポーにより規定した方法によることにした。

2. 各種の下顎運動, 下顎位の活動様式

被験者について, 咀嚼運動時の外側翼突筋上頭の活動

図 4 咀嚼運動時の外側翼突筋上頭の活動様式 (記録側でのガム咀嚼時記録)

V : 下顎運動の垂直成分 (CL : 閉口方向, OP : 開口方向), A-P : 下顎運動の前後成分 (A : 前方, P : 後方), L : 下顎運動の側方成分 (R : 右側側方, L : 左側側方), SUP. LPT. EMG : 外側翼突筋上頭筋電図, MASS. EMG : 咬筋筋電図, TEMP. EMG : 側頭筋筋電図

ANTERO-POSTERIOR JAW MOVEMENT

図 5 前後運動時の外側翼突筋上頭の活動様式 (弱いタッピング運動とそれに続く前後運動時の記録)

A : 前方運動, P : 後方運動, V, A-P, L, SUP. LPT. EMG, MASS. EMG, TEMP. EMG は図 4 と同一

LATERAL JAW MOVEMENT

図 6 左右側方運動時の外側翼突筋上頭の活動様式 (弱いタッピング運動とそれに続く左右側方運動時の記録)

I: 記録側と同側への側方運動, C: 記録側と反対側への側方運動, V, A-P, L, SUP. LPT. EMG, MASS. EMG, TEMP. EMG は図4と同一

JAW OPENING

図 7 開閉口運動時の外側翼突筋上頭の活動様式 (弱いタッピング運動とそれに続く開閉口運動時の記録)

▲は筋活動の onset, V, A-P, L, SUP. LPT. EMG, MASS. EMG, TEMP. EMG は図4と同一

を記録したところ、上頭は図4に示すように閉口相で著明な活動を示すものがほとんどで、咬筋、側頭筋と非常に類似した活動であった。そこで、種々の下顎運動時の外側翼突筋上頭と咬筋、側頭筋の筋活動を対比観察し、機能的類似点、相違点を検索した。図5~10に各種の下顎運動、下顎位の活動を示すが、外側翼突筋上頭は、図

5, 6に示すように後方運動、記録側への側方運動時に著明な筋活動を示し、前方運動、反対側の側方運動時には筋活動を示さないか、わずかな筋活動を示すものがほとんどであった。咬筋、側頭筋については、前方運動時両筋ともほとんど筋活動を示さず、後方運動時に側頭筋に筋活動が認められた。側方運動時においては、記録側の側

方運動時に側頭筋に、反対側の側方運動時に咬筋に筋活動が認められた。しかし、いずれの場合も各運動前後のタッピング時の筋活動と比較すると、外側翼突筋上頭の筋活動の増加が著明であった。

図 7 に示す開閉口運動時においては、外側翼突筋上頭は、最大開口位付近では筋活動を示さなかったが、閉口時に開口量 10 mm 程度の所より筋活動が出現し、開口量が減少して中心咬合位に近づくにつれて筋活動が徐々に増加してゆく特徴を示した。

図 8 は噛みしめ時の活動を示すが、外側翼突筋上頭、咬筋、側頭筋ともに噛みしめ時に最大の筋活動を示した。この噛みしめ時においては、3 筋とも非常に類似した筋活動であった。

図 9 はタッピング運動、下顎安静位、嚥下、持続的な下顎の後方伸展時、ガム咀嚼時の記録を示す。外側翼突筋上頭は、下顎安静位において持続的で明らかな筋活動を示し、嚥下時、下顎の持続的な後方伸展時には著明な筋活動を示した。このような外側翼突筋上頭の嚥下、持続的な後方伸展時の筋活動は、ガム咀嚼時の最大筋活動にほぼ相当する著明な活動であった。嚥下、持続的な後方伸展時に側頭筋においても筋活動が認められたが、ガム咀嚼時の筋活動と比較すると外側翼突筋上頭程度の筋活動の増加はみられなかった。

図 10 は下顎を下方および後方へ一過性に stretch し

た時の筋活動を示す。下顎を下方に stretch した時には開口相に一致して咬筋、側頭筋に下顎伸張反射による筋活動が認められたが、外側翼突筋上頭も咬筋、側頭筋と時間的に同一の相で筋活動を示した。また、下顎を後方に stretch した時にも、咬筋、側頭筋に下顎伸張反射による筋活動が認められ、時間的に同一の相で外側翼突筋

図 8 噛みしめ時の外側翼突筋上頭の活動様式 (弱いタッピング運動とそれに続く噛みしめ時の記録)

V, A-P, L, SUP. LPT. EMG, MASS. EMG, TEMP. EMG は図 4 と同一

図 9 下顎安静位、嚥下、下顎の持続的な後方伸展、咀嚼時の外側翼突筋上頭の活動様式

TAP: タッピング運動, REST: 下顎安静位, SWALLOW: 嚥下運動時 (嚥下は▼印の時に起こっている), STRESS: 下顎の持続的な後方伸展, CHEWING: 咀嚼運動時の 1 サイクルを時間軸を拡大して示す, V, A-P, L, SUP. LPT. EMG, MASS. EMG, TEMP. EMG は図 4 と同一

図 10 STRETCH 時の外側翼突筋上頭の活動様式

DEPRESSION: 下顎の下方への一過性の STRETCH 時, RETRUSION: 下顎の後方への一過性の STRETCH 時, 点線は中心咬合位を示す, V, A-P, L, SUP. LPT. EMG, MASS. EMG, TEMP. EMG は図 4 と同一

図 11 段階的開閉口運動時の外側翼突筋上頭の活動様式

JAW DISPLACEMENT: 開口量, SUP. LPT. EMG: 外側翼突筋上頭筋電図, RECTIFIED EMG: 全波整流後 smoothing を行った筋電図

上頭も筋活動を示した。しかし, 下顎を後方へ stretch することにより, 外側翼突筋上頭には持続的な background activity が認められ, その background activity に重畳したより大きな筋活動が認められるという点は咬筋, 側頭筋とは異なり外側翼突筋上頭にみられる特徴的な所見であった。

図 12 段階的噛みしめ時の外側翼突筋上頭の活動様式

BITE FORCE: 金属シーネに貼付したストレンゲージで測定した咬合力, SUP. LPT. EMG: 外側翼突筋上頭筋電図, MASS. EMG: 咬筋筋電図, RECTIFIED EMG: 全波整流後 smoothing を行った筋電図

3. 段階的開閉口運動時および段階的噛みしめ時の活動様式

段階的開閉口運動時の外側翼突筋上頭の活動を図 11 に示す。外側翼突筋上頭は, 開口運動時, 閉口運動時ともに開口量(切歯間距離)と反比例の関係で筋活動は増減するが, 開口運動時筋活動が消失する時点 (offset)

図 13 外側翼突筋上頭の筋活動量と開口量，咬合力との定量的関係

縦軸：相対的筋活動量 横軸：DISPLACEMENT—開口量，NORMALIZED BITE FORCE—相対的咬合力 黄色—LPT.S：外側翼突筋上頭 赤色—MASS：咬筋 紫色—TEMP：側頭筋 水色—DIG：顎二腹筋
実線—閉口時および咬合力増加時 破線—閉口時および咬合力減少時

図 14 外側翼突筋上頭の筋活動量と開口量，咬合力との定量的関係

図 13 の開口量 10 mm 以下，相対的咬合力 20 % 以下の部分を拡大したもの
(顎二腹筋は除く 他は図 13 と同一)

と，閉口運動時筋活動が出現する時点 (onset) での開口量には差があり，閉口運動時の方が大きな開口量で筋活動が出現した。咬筋，側頭筋には開閉口運動時にこのような開口量と関係を示す筋活動を表面筋電図から検出することはできなかった。

つぎに，段階的噛みしめ時の外側翼突筋上頭の活動を

咬筋とともに図 12 に示す。外側翼突筋上頭，咬筋，側頭筋とも咬合力の増加，減少に伴い筋活動の増加，減少が認められたが，外側翼突筋上頭の筋活動の変化の様相と咬筋，側頭筋の変化の様相とは明らかに異なっていた。すなわち，外側翼突筋上頭は，咬合力の小さな段階で急激な筋活動の増加を示し，以後筋活動はほぼ一定の

図 15 オトガイタップ時の外側翼突筋上頭の反射応答 (30回の平均加算)

TAP FORCE: タップ強度, SUP. LPT. EMG: 外側翼突筋上頭筋電図, MASS. EMG: 咬筋筋電図, TEMP. EMG: 側頭筋筋電図

図 16 歯牙タップ時の外側翼突筋上頭の反射応答 (50回の平均加算)

TAP FORCE: タップ強度, SUP. LPT. EMG: 外側翼突筋上頭筋電図, MASS. EMG: 咬筋筋電図, DIG. EMG: 顎二腹筋筋電図

表 1 オトガイタップ時の下顎伸張反射の潜時

(msec)

	外側翼突筋 上頭 (n=14)	咬 筋 (n=13)	側頭筋 (n=11)
平均	7.7	8.0	7.6
S.D.	1.10	1.38	0.74

状態になり咬合力が増加しても筋活動の増加はわずかであった。それに対し、咬筋、側頭筋は咬合力の小さな段階での筋活動の増加はわずかであるが、以後咬合力の増加に伴って筋活動も急激な増加を示した。

上記のような段階的の開閉口運動時および段階的の噛みしめ時の活動をより定量的に示すために、6名の被験者で計7回行った結果について、開口量および咬合力と外側翼突筋上頭、咬筋、側頭筋、顎二腹筋の筋活動量との関係を図13に示す。咬合力については、各被験者間の最大咬合力の違いを補正するために、各被験者とも最大咬合力を100%とした時の各段階での咬合力を相対的咬合力とした。図から明らかなように、外側翼突筋上頭と咬筋、側頭筋との間には、開口量、咬合力との関係に明らかな相違が認められるが、咬筋と側頭筋の間には相違はみられなかった。そこで、下顎運動における外側翼突筋上頭の役割を考える上で重要であると思われる中心咬合位付近を拡大して観察したものを図14に示す。

図14に示すように、各被験者とも外側翼突筋上頭の onset は、開口量約10mm所にみられ、中心咬合位に近づくにつれて急激に大きくなるという開口量と反比例の筋活動を示した。また、中心咬合位付近において外側翼突筋上頭は、最大噛みしめ時の10~30%程度の明らかな筋活動を示した。咬合力との関係は、外側翼突筋上頭

は相対的咬合力20%以下の所で急激に筋活動は増加し、最大噛みしめ時の30~50%程度のきわめて明らかな筋活動を示した。一方、咬筋、側頭筋においては、開口量と関係した筋活動を検出することはできなかった。また、咬合力との関係は咬筋、側頭筋に差は認められず、相対的咬合力20%以下の所では筋活動の増加はわずかであり、最大噛みしめ時の5~20%程度の筋活動を示すのみであった。

以上のように、開口量および咬合力との定量的関係をみると外側翼突筋上頭と咬筋、側頭筋間には明らかに異なった筋活動がみられた。

4. オトガイタップおよび歯牙タップ時の反射応答

オトガイタップにより誘発された下顎伸張反射時の筋電図を図15に示す。咬筋、側頭筋ともにオトガイをタップすることにより下顎伸張反射による誘発筋電図が認められ、外側翼突筋上頭も同一の時間経過で伸張反射様応答が認められた。その潜時は表1に示すごとく、外側翼突筋上頭は 7.7 ± 1.10 msec (n=14)、咬筋は 8.0 ± 1.38 msec (n=13)、側頭筋は 7.6 ± 0.74 msec (n=11) であり、いずれの筋間にも潜時に有意差はなかった。

歯牙タップによる歯根膜反射を図16に示す。外側翼突筋上頭、咬筋には、短潜時の一過性の興奮性反射応答(ER)とそれに引き続いて抑制相(SP)が出現し、その後比較的潜時が長く持続時間の長い興奮性反射応答(LR)が認められた。一方、顎二腹筋にはこのような反射応答は認められなかった。

歯根膜反射の各反射応答の潜時を表2に示すが、歯種間にも記録側間にも有意差はなかった。平均値より各筋

表 2 歯牙タップ時の歯根膜反射の潜時

(msec)					
		ER の潜時	SP の潜時	SP の持続時間	LR の潜時
外側翼突筋上頭	記録側中切歯	7.5±1.00	13.6±1.12	15.9±5.06	29.5±5.14
	反対側中切歯	7.7±1.09	13.9±0.94	15.3±4.91	29.1±5.29
	記録側犬 歯	7.0±1.34	13.1±1.59	±16.6±4.12	29.7±4.09
	反対側犬 歯	7.6±0.98	13.9±0.52	17.1±4.46	31.1±4.65
	平 均	7.5±1.08	13.6±1.10	16.2±4.44	29.8±4.60
咬筋	記録側中切歯	7.8±0.84	14.5±0.73	20.0±2.84	34.4±2.98
	反対側中切歯	7.9±0.82	14.2±1.15	17.5±2.80	32.1±3.03
	記録側犬 歯	7.2±0.56	14.7±0.70	18.1±3.13	32.2±2.97
	反対側犬 歯	7.7±0.69	14.6±0.92	17.5±2.95	32.5±3.20
	平 均	7.7±0.75	14.5±0.86	18.3±2.96	32.8±3.03

n=7

図 17 同一被験者より得られた咀嚼運動時の4つの異なった活動パターン

V：下顎運動の垂直成分，L：下顎運動の側方成分，CONDYLE A-P：顎頭運動の前後成分，CONDYLE V：顎頭運動の垂直成分，SUP. LPT. EMG：外側翼突筋上頭筋電図，INF. LPT. EMG：外側翼突筋下頭筋電図

別にみると，ER の潜時は外側翼突筋上頭では 7.5 ± 1.08 msec ($n=28$)，咬筋では 7.7 ± 0.75 msec ($n=28$) であった。SP の潜時および持続時間は，外側翼突筋上頭では 13.6 ± 1.10 msec および 16.2 ± 4.44 msec であり，咬筋では 14.5 ± 0.86 msec および 18.3 ± 2.96 msec であった。また，LR の潜時は，外側翼突筋上頭では 29.8 ± 4.60

msec，咬筋では 32.8 ± 3.03 msec であった。このように，外側翼突筋上頭と咬筋の反射応答の時間的経過はほぼ同じであり，両筋間の各反射応答の潜時には有意差はなかった。

IV. 考 察

1. 実験方法の検討

これまでに報告されている外側翼突筋上頭の筋活動様式は，咀嚼運動時あるいは開閉口運動時の閉口運動時に活動を示すタイプ^{7,8,10,11,13-17})と閉口運動時のみならず開口運動時にも活動を示すタイプ^{9,12})と開口運動時に活動を示すタイプ^{5,6})の3タイプに大別できる。このように，各研究者により上頭の活動様式に異なるタイプがみられる原因として以下の点が考えられる。すなわち，1) 外側翼突筋上頭と下頭の筋線維の交錯による筋構造の複雑性，2) 筋電図導出法の安定性および再現性，3) 外側翼突筋下頭を含めた隣接する筋の筋活動を電気緊張性に間接的に記録している可能性，である。しかし，これらの点は密接に関連しており別個に論ずることは困難である。そこで，本研究において上記の問題点を解決するために以下の点に留意した。すなわち，筋電図導出法には，長時間安定した記録が可能な fine wire を使用し，再現性を向上させるために口外法にてフェースボーを用いて定量的，定位的に電極刺入を行った。また，筋電図導出部位は外側翼突筋上頭と下頭の筋線維の交錯が報告されている下顎頭に近い部位は避け，肉眼的にも明らかに両筋が分離している前方部の起始部付近より筋電図記録を行った。この時，電気緊張性に間接的に筋電図を記録する可能性の一番高いのは外側翼突筋下頭であり，記

録した筋電図に下頭筋電図が間接的に記録される可能性があるのでまずこれについて検討した。

図 17 に同一被験者から外側翼突筋上頭、下頭を同時記録した結果を示す。日を変えて同一被験者より記録すると大別して 4 タイプの筋活動が記録できる。すなわち、A に示すように、外側翼突筋上頭の電極からは閉口運動時にのみ筋電図が記録でき、外側翼突筋下頭の電極からは閉口運動時にのみ記録でき、上頭、下頭が全く相反するタイプ。B に示すように、外側翼突筋上頭の電極からは閉口運動時に著明な筋活動が記録できるが、閉口運動時にも外側翼突筋下頭の筋活動に同期したわずかな筋電図が記録でき、外側翼突筋下頭の電極からは閉口運動時にのみ著明な記録ができるタイプ。C に示すように、外側翼突筋上頭の電極からは閉口運動時にのみ筋電図が記録でき、外側翼突筋下頭の電極からは閉口運動時に著明な筋活動を記録できるが、閉口運動時にも外側翼突筋上頭の筋活動と同期したわずかな筋活動が記録できるタイプ。D に示すように、外側翼突筋上頭、下頭の電極とも閉口運動時に著明な筋活動が記録できるが、閉口運動時にもわずかな筋活動が記録でき、外側翼突筋上頭と下頭の電極から全く同じ筋電図が記録できるタイプ、である。これら 4 つのタイプのうち、同一被験者にて日を変えて記録を行っても、外側翼突筋上頭については A または C タイプがほとんどであった。また、どの被験者からも必ず A タイプの筋活動を記録することが可能であった。以上のことより、外側翼突筋上頭は本質的には閉口運動時に筋活動を示すものであり、これまで報告されている外側翼突筋が閉口運動時、閉口運動時に 2 相性の活動を示す^{9,12)} と述べていることは、閉口運動時の外側翼突筋下頭の筋活動を間接的に記録したためと考えられる。また、高野¹⁶⁾ が報告した筋活動パターンは、筋走行すなわち筋線維交錯による個体差に起因するよりはむしろ記録部位が個体により微妙に異なったためと、記録部位が下顎頭に近い停止部付近であったことによるものと考えられる。本研究においても、下顎頭に近い部位から口外法による導出を試みたが、この部位からでは外側翼突筋上頭、下頭の筋活動を分離して記録することは不可能であった。このことは、サル¹⁻⁴⁾ による実験で直視下にて電極を刺入しても、下顎頭に近い部位では依然として、上頭、下頭の筋電図の漏洩の問題が残ることを意味しているといえる。

以上の理由により、本研究においては図 17 に示す A または C タイプの筋活動を示す外側翼突筋上頭について解析を行い、上頭の基本的特性を明らかにするとともに、

側頭筋の筋電図を間接的に記録している可能性については側頭筋の筋電図を同時記録し、外側翼突筋上頭の筋活動と比較し検討を行った。

2. 筋電図導出方法

従来より、外側翼突筋に対する電極刺入方法は口内法と口外法が用いられており、Gross¹⁰⁾ らは、口内法では血腫をきたしやすく、ワイヤーが口腔内に残置されることにより生理的な下顎運動が阻害されるとの理由で上頭、下頭の筋電図を口外法にて導出している。一方、Juniper¹³⁾ は口内法による電極刺入が浸潤麻酔に似ており被験者の苦痛が少なく、他筋を通過することがないとの理由で、上頭、下頭の筋電図を口内法により導出している。このように口内法による刺入も口外法による刺入も一長一短が考えられるが、本研究においては、外側翼突筋上頭、下頭へ定量的、定位的に刺入し、各被験者ごとに再現性を向上させる目的で、角度規定用のプレートを取りつけたフェースボーを用いた口外法による刺入を行った。この口外法にて刺入する場合、ワイヤー電極が下顎運動の障害となったり、アーチファクトやワイヤー疲労の原因とならないように、最大開口時の下顎頭の位置よりも電極が前方に位置するように開口状態にて刺入することが良いと考える。屍体 12 体による刺入方法の基礎的検討の結果では、外側翼突筋上頭においては、インクの注入部位の不明であった 1 体を除いた 11 体で、外側翼突筋下頭では 12 体とも筋内にインクが注入されており、この方法で刺入を行った場合、ほぼ確実に目的とする外側翼突筋上頭、下頭に電極が到達し、筋電図導出が可能であることが確認できた。また、この方法にて刺入した注射針の到達部位は図 3 に示したごとく、外側翼突筋上頭、下頭とも両筋の交錯の少ない起始部付近に刺入されており、交錯の多い停止部付近に刺入された場合と比較して、より分離の良い外側翼突筋上頭、下頭の筋電図導出が可能となる。

3. 外側翼突筋上頭の活動様式

本研究においては、図 17 に示す 4 つのタイプのうち、どの被験者からも記録でき、最も記録できる頻度の高かった A タイプについて解析を行った。この結果をみると外側翼突筋上頭は後方運動、記録側側方運動、噛みしめ、嚥下時に著明な筋活動を示し、下顎安静位においては持続的な明らかな筋活動を示した。一方、前方運動、反対側側方運動、閉口運動時には筋活動を示さなかった。このように、外側翼突筋上頭が活動を示す状況は、下顎頭

の移動がないか、あってもわずかな場合であり、逆に下顎頭の前方移動が大きくみられる場合ではその活動は著明に減少することが観察される。このことより、外側翼突筋上頭は咀嚼運動時の閉口相から咬合相、嚙みしめ時に筋活動を示し、時間的には閉口筋と同一の筋活動様式となったものといえる。

以上の所見より、外側翼突筋上頭は、顎頭安定位付近において下顎頭と関節円板の位置関係を強固に保つために活動するものと考ええる。

4. 開口量、咬合力よりみた役割

中心咬合位付近において、全く咬合力の発現をみない状態においても、外側翼突筋上頭には最大嚙みしめ時の筋活動の 10~30% の明らかな筋活動が認められた。また、段階的開閉口運動時に外側翼突筋上頭は、開口時には開口量の増加に伴い筋活動が徐々に減少し、開口量約 4 mm で筋活動が消失し、閉口時には開口量約 10 mm より筋活動を開始し、開口量の減少に伴い徐々に筋活動が増加するという開口量と反比例の筋活動を示した。このような開口量と関係した筋活動や、中心咬合位付近の明らかな筋活動は咬筋、側頭筋には認められず、外側翼突筋上頭にみられる特徴的な活動であり、外側翼突筋上頭と咬筋、側頭筋を鑑別する上で重要な所見であると考ええる。

Mahan¹⁴⁾ は、外側翼突筋上頭の機能について報告し、上頭は関節円板後部靱帯の上層部の受動的弾性緊張に拮抗するために閉口時に活動するとしている。もし、Mahan の述べているように弾性緊張に拮抗しているとすれば、外側翼突筋上頭は、開口量と比例関係の筋活動を示すはずである。しかしながら、本研究において外側翼突筋上頭が開口量と反比例の筋活動を示したことは、Mahan の述べている考えに疑問が残ることになる。

一方、段階的嚙みしめ時において外側翼突筋上頭は咬筋、側頭筋とともに咬合力の増加に伴い筋活動を増加し、咬合力の減少に伴い筋活動を減少させたが、その活動様式は咬筋、側頭筋とは異なっていた。すなわち、外側翼突筋上頭は咬合力の小さな段階で急激な増加を示し、以後咬合力が増加しても筋活動はほぼ一定となり増加はわずかであった。このことは、外側翼突筋上頭は咬筋、側頭筋のような力を出す筋とは機能的に異なり、前述の嚙みしめ時に下顎頭に対し関節円板をいわゆる顎頭安定位の状態に強固に保つために活動するという機能をさらに明らかにしたことになる。

また、この定量的解析を行うことは、外側翼突筋上頭

の機能的な役割を考える場合だけでなく、咬筋、側頭筋の筋活動と鑑別同定する上においてきわめて有効な手段であるといえる。しかし、下顎運動における外側翼突筋上頭の機能的役割を考える時、きわめて興味深く重要な開口量と関係した筋活動については、今回は下顎運動を切歯点の運動のみにより記録しているため不明な点がある。今後、顎頭点の運動も同時記録し、より詳細な検討を行う必要があると思われる。

5. 反射性制御機構

咬筋、側頭筋、内側翼突筋等の閉口筋には筋紡錘が存在し、オトガイをタップすることにより筋紡錘が興奮し、閉口筋に下顎伸張反射が誘発されることは周知の通りである。ヒトの外側翼突筋には筋紡錘が存在しないという報告¹⁸⁾があるが、石橋¹⁹⁾、関井²⁰⁾はヒトの外側翼突筋においても筋紡錘が存在すると報告している。また、Nozaki^{21~23)} はモルモットを用いた研究で、外側翼突筋に horseradish peroxidase (HRP) を注入し逆行性に標識された細胞が三叉神経中脳路核に存在していることを示し、同時に、外側翼突筋の伸展受容器(筋紡錘)を神経支配する中脳路核細胞が外側翼突筋運動ニューロンに対し単シナプス性の中核突起を出していることを示した。本研究において、外側翼突筋上頭にも咬筋、側頭筋と同様にオトガイをタップすることにより下顎伸張反射様応答が誘発されたことや、下顎を持続的に後方伸展し外側翼突筋上頭が受動的に伸展されたと考えられる時に著明な筋活動の増加が認められ、嚙みしめ時に匹敵する程の筋活動を示したことは、外側翼突筋上頭にも他の閉口筋と同様に筋紡錘が存在していることを強く示唆したものと考える。

下顎伸張反射の潜時については数多くの報告があり、6.5~9.9 msec^{24~28)} で三叉神経中脳路核—三叉神経運動核を経由する単シナプス反射であるといわれている。本研究における伸張反射の潜時は外側翼突筋上頭では 7.7 ± 1.10 msec、咬筋では 8.0 ± 1.38 msec、側頭筋では 7.6 ± 0.74 msec であり、いずれの筋間の潜時にも有意差はなく、単シナプス性の反射応答に相当するものと考えられる。

一方、Goldberg²⁸⁾ はヒトの前歯部への機械的刺激により咬筋に潜時 7.5 msec の興奮性反射応答と、それに引き続く抑制相が誘発されることを見出し、短潜時の興奮性反射応答は刺激部位を局所麻酔すると消失することから一連の反射応答の受容器が歯根膜に存在すると考え、この反射を「歯根膜—咬筋反射」と名づけた。最近、

Clark²⁹⁾らは同じくヒト歯肉への電気刺激により、咬筋に潜時 7.6 msec の excitatory masseteric reflex が誘発されることを報告している。外側翼突筋におけるこのような歯根膜反射については、Sessle⁴⁾ がサルを用いた研究において報告しているに過ぎない。本研究における各反射応答の時間的経過は、外側翼突筋上頭と咬筋との間には有意差は認められず、先人の咬筋についての報告²⁸⁻³¹⁾とほぼ同じであった。

Jerge³²⁾は、三叉神経中脳路核の偽単極性ニューロンには筋紡錘以外に歯根膜の圧受容器にもその末梢枝を送るものが存在することを報告している。また、Funakosi³³⁾はラットを用いた研究で、上顎切歯の圧刺激により咬筋に短潜時と長潜時の2相性の筋電図が誘発され、その中枢経路について短潜時の反射は三叉神経中脳路核を介し、長潜時の反射は脊髄路核を介することを示した。今回歯牙タップにより誘発された潜時約 7.5 msec の興奮性反射応答 (ER) は、下顎伸張反射とほぼ同じ潜時であったことから単シナプス性の反射で誘発されたことが示唆される。また、歯牙タップにより外側翼突筋上頭、咬筋に誘発された短潜時の興奮性反射応答は三叉神経中脳路核を介する単シナプス反射であり、長潜時の興奮性反射応答は脊髄路核を介する多シナプス反射であると考えられる。

以上のように、オートガイタツプおよび歯牙タップにより誘発された反射性の筋活動は外側翼突筋上頭と咬筋、側頭筋ともに非常に類似した活動であり、短潜時の反射性応答様式より外側翼突筋上頭は咬筋、側頭筋と本質的には同様の反射性制御機構が存在すると考える。

V. 結 論

下顎位、下顎運動時に対応する外側翼突筋上頭の機能的役割を定量的に検討するため、まず電極刺入方法を屍体 12 体により明らかにし、この方法を用いて正常被験者 6 名により筋電図を導出し、咬筋、側頭筋の筋活動と比較し、以下の結論を得た。

外側翼突筋上頭は、

1. 後方運動時あるいは下顎の持続的後方伸展時など、下顎頭が後方に偏位したと考えられる場合に著明に筋活動が上昇する。

2. 開口量と密接な関係があり、下顎安静位付近で筋活動量は急激に変化する。この開口量と相関を示す筋活動は咬筋、側頭筋では検出できず、下顎運動における機能的役割を考える上で重要な所見である。

3. 噛みしめ時に示す筋活動は、咬筋、側頭筋のように力を出す筋とは異なり、下顎頭に対し関節円板を顎頭安定位の状態に強固に保つ機能があると考えられる。

4. オートガイタツプにより咬筋、側頭筋と同様に下顎伸張反射様応答が誘発され、他の閉口筋と同様に筋紡錘が存在していると考えられる。

5. 歯牙タップにより咬筋と同様に歯根膜反射が誘発され、歯根膜の圧受容器が関与した反射性制御機構が存在すると考える。

稿を終えるに臨み、終始 ご懇篤なご指導とご校閲を賜りました平沼謙二教授に深甚なる謝意を表します。また、ご指導、ご教示いただきました平場勝成講師に心から感謝いたします。さらに、剖検にご協力いただきました第二解剖学教室宮尾嶺雄教授に深く感謝いたします。最後に、補綴学教室員各位、大学院生諸兄にお礼申し上げます。

文 献

- 1) McNamara, Jr., J.A.: The independent functions of the two heads of the lateral pterygoid muscle, *Am J Anat*, 138: 197~206, 1973.
- 2) McNamara, Jr., J.A.: An electromyographic study of mastication in the rhesus monkey (*macaca mulatta*), *Arch Oral Biol*, 19: 821~823, 1974.
- 3) Burk, R.H. and McNamara, Jr., J.A.: Electromyography after lateral pterygoid myotomy in monkeys, *J Oral Surg*, 37: 630~636, 1979.
- 4) Sessle, B.J. and Gurza, S.C.: Jaw movement-related activity and reflexly induced changes in the lateral pterygoid muscle of the monkey, *Arch Oral Biol*, 27: 167~173, 1982.
- 5) Moyers, R.E.: An electromyographic analysis of certain muscles involved in temporomandibular movement, *Am J Orthod*, 36: 481~515, 1950.
- 6) 河村洋二郎: 歯科領域に於ける筋電図法の応用, 歯界展望, 37: 225~230, 259~264, 1954.
- 7) 神山光男: 外側翼突筋の活動様式に関する研究, 口病誌, 25: 164~183, 1958.
- 8) 三浦不二夫: 筋電図法による咀嚼筋の活動様式に関する研究 (特に咬筋, 側頭筋, 顎二腹筋について), 口病誌, 23: 291~320, 1959.
- 9) Møller, E.: The chewing apparatus, *Acta Physiol Scand*, 69: suppl. 280, 1966.
- 10) Gross, B.D. and Lipke, D.P.: A technique for percutaneous lateral pterygoid electromyography, *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 19: 47~55, 1979.

- 11) Grant, P.G. : Lateral pterygoid : Two muscles ?, *Am J Anat*, 138 : 1~9, 1973.
- 12) Lehr, Jr., R.P. and Owens, Jr., S.E. : An electromyographic study of the human lateral pterygoid muscles, *Anat Rec*, 196 : 441~448, 1980.
- 13) Juniper, R.P. : The superior pterygoid muscle ?. *Br J Oral Surg*, 19 : 121~128, 1981.
- 14) Mahan, P.E., Wilkinson, T.M. and Gibbs, C.H. et al : Superior and inferior bellies of the lateral pterygoid muscle EMG activity at basic jaw position, *J Prosthet Dent*, 50 : 710~718, 1983.
- 15) Gibbs, C.H., Mahan, P.E. and Wilkinson, T.M. et al : EMG activity of the superior belly of the lateral pterygoid muscle in relation to other jaw muscles, *J Prosthet Dent*, 51 : 691~702, 1984.
- 16) 高野直久 : 外側翼突筋に関する臨床解剖学的ならびに生理学的研究, *歯科学報*, 86 : 933~968, 1986.
- 17) Widmalm, S.E., Lillie, J.H. and Ash, Jr., M.M. : Anatomical and electromyographic studies of the lateral pterygoid muscle, *J Oral Rehabil*, 14 : 429~446, 1987.
- 18) Thilander, B. : Fiber analysis of the lateral pterygoid nerve, *Acta Odont Scand*, 22 : 157~163, 1964.
- 19) 石橋克禮 : ヒト顎関節の支配神経に関する研究, 第2報, 神経組織学的研究, *歯基礎誌*, 8 : 58~70, 1966.
- 20) 関井啓文 : ヒト外側翼突筋の解剖学的研究, 筋線維構成と関節円板について, *歯学*, 76 : 360~372, 1988.
- 21) Nozaki, S., Chandler, S.H., and Goldberg, L.J. : Crossed and uncrossed central effects of muscle spindle afferents from the lateral pterygoid muscle of the guinea pig, *Brain Res*, 302 : 339~345, 1984.
- 22) Nozaki, S., Iriki, A., and Nakamura, Y. : Trigeminal mesencephalic neurons responsible for lateral pterygoid stretch reflex in guinea pig, *J Dent Res*, 63 : 557, 1984.
- 23) Nozaki, S., Iriki, A. and Nakamura, Y. : Trigeminal mesencephalic neurons innervating functionally identified muscle spindles and involved in the monosynaptic stretch reflex of the lateral pterygoid muscle of the guinea pig, *J Comp Neurol*, 236 : 106~120, 1985.
- 24) Kugelberg, E. : Facial reflexes, *Brain*, 75 : 385~396, 1952.
- 25) Hufschmidt, H.J. and Spuler, H. : Mono- and polysynaptic reflexes of the trigeminal muscles in human beings, *J Neurol Neurosurg Psychiat*, 25 : 332~335, 1962.
- 26) Goodwill, C.J. : The normal jaw reflex : measurement of the action potential in the masseter muscles, *Ann Phys Med*, 9 : 183~188, 1968.
- 27) Munro, R.R. and Griffin, C.J. : Electromyography of the jaw jerk recorded from the masseter and anterior temporalis muscles in man, *Arch Oral Biol*, 16 : 59~69, 1971.
- 28) Goldberg, L.J. : Masseter muscle excitation induced by stimulation of periodontal and gingival receptors in man, *Brain Res*, 32 : 369~381, 1971.
- 29) Clark, G.T. and Goldberg, L.J. : Factors influencing the excitatory-masseteric reflex evoked by gingival electrical stimulation in man, *Arch Oral Biol*, 28 : 1055~1058, 1983.
- 30) 大場浩二 : 歯周組織への電気刺激でヒト咬筋に誘発される反射性応答, *日歯周誌*, 30 : 22~32, 1988.
- 31) 恩地良幸 : ヒト歯肉電気刺激により誘発される咬筋の Response, *歯科医学*, 51 : 571~586, 1988.
- 32) Jerge, C.R. : Organization and function of the trigeminal mesencephalic nucleus, *J Neurophysiol*, 26 : 379~392, 1963.
- 33) Funakosi, M. and Amano, N. : Periodontal jaw muscle reflexes in the albino rat, *J Dent Res*, 53 : 598~605, 1974.