原著論文

ヒト外側翼突筋上頭・下頭の機能的相違について

2. 関節頭運動要素と筋活動量

平場 勝成* 日比野和人 平沼 謙二

Functional Roles of Superior and Inferior Heads of Human Lateral Pterygoid Muscle

2. Relations Between the Movement Factors of Condyle and the Amount of muscle Activity

Katsunari Hiraba*, Kazuto Hibino and Kenji Hiranuma

Abstract : We investigated functional roles of the superior and inferior heads of the human lateral pterygoid muscle (SUP. LPT and INF. LPT, respectively). In 6 subjects EMG activities were recorded from the both heads of the lateral pterygoid muscle and other masticatory muscles. The movements of the incisor and condyle points were measured.

In stepwise jaw opening and closing movements, the activity of the SUP. LPT was in inverse proportion to the extent of jaw opening. When the jaw performed hinge-like movement without anterior displacement of the condyle, the relationship between the SUP. LPT activity and the extent of jaw opening became linear, in both opening and closing phases. This indicates that the SUP. LPT activity is well correlated with the rotational angle of the mandible, whereas the activity of INF. LPT is proportional to the extent of antero-posterior displacement of the condyle. The working range of the SUP. LPT was between 0 and 3 mm in antero-posterior condyle displacement, in all different types of jaw movement in the same subject. The INF. LPT started to be active at 3 mm anterior to the posterior-most position. There was no overlap in their working range between the SUP. LPT and INF. LPT, indicating that they act as antagonist.

Key words : lateral pterygoid muscle, superior head, inferior head, condyle movement, rotational angle of mandible

* 愛知学院大学歯学部生理学講座
愛知学院大学歯学部歯科補綴学第一講座（主任：平沼謙二教授）

• Department of Physiology, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University
First Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University (Chief: Prof. Kenji Hiranuma)
平成3年10月9日受付

I. 緒 言

日比野¹⁾によると段階的に開口量を変化させた場合、外側翼突筋上頭の筋活動量は、開口量と反比例の関係で変化することが報告されている。しかし同一被

験者でも、開口時と閉口時で変化の様相が異なる。すなわち開口時、上頭筋活動の消失する開口量と、閉口時上頭の筋活動が出現する開口量とが異なるのである。この違いは個体差なのかあるいは開閉口運動経路が異なるためなのか、興味深いところである。このような違いの解明のためにも、日比野は関節頭の運動をも同時記録して、下顎運動のより総合的な観察が必要であるとしている。また本論文の1（各種基本運動時の活動様式ならびに解剖学的考察）で述べたように、外側翼突筋の下顎運動（関節頭運動）における機能的役割として、上頭は関節頭板の関節頭に対する回転角度的位置調節が考えられる。一方下頭は、関節頭の前方移動距離の調節に関与していることが強く示唆された。

そこで本研究では、外側翼突筋上頭・下頭の下顎運動（関節頭の運動）における役割を解明する目的で、切歯点のみならず関節頭の運動も同時記録し、関節頭の運動要素（回転角度、前方移動距離）と外側翼突筋の筋活動量との定量的関係を解析した。

II. 方 法

1. 被験者、筋電図記録方法、下顎運動記録方法、咬合力記録方法は本論文の1と同様である。解析対象としたのは、習慣的開閉口運動の特徴（詳細は結果で示す）から選択した3名（延べ12人）で、本論文の1の実験手順(1)～(6)に基づき、外側翼突筋上頭、下頭と鑑別同定した筋活動である。

2. 段階的開閉口運動

切歯点ならびに関節頭の運動を矢状面で記録し、下顎運動を矢状面内運動として測定した。切歯点の垂直成分を被験者にオシロスコープ上に提示し、規定した開口量で約2秒間下顎位を保持させ、段階的に開口量を変化させた。その際、習慣的開閉口運動、意識的後方開閉口運動（意識的蝶番運動）、意識的前方開閉口運動の3つの異なる運動経路上での開口量の変化を指示した。意識的後方開閉口運動とは、できるだけ関節頭を前方に移動させずに、蝶番運動で可能な位置まで開閉口運動を行わせ、それより大きな開口量での運動は習慣的開閉口運動により行わせた場合である。意識的前方開閉口運動とは、関節頭を意識的（積極的）に前方に移動させながら行わせたときの開閉口運動である。各運動は3回行わせた。

MEASUREMENT OF ROTATIONAL ANGLE OF MANDIBLE

図 1 下顎の回転角度の模式図³⁾

顎頭点Cと切歯点Iを結んだCIと、それらがのおのおの移動した直線C'I'とのなす角度 θ を算出し、下顎の回転角度を求める

3. 下顎運動と筋活動量との定量的解析

下顎運動と筋活動との関係を定量的に検索するために、筋電図を全波整流し、アナログフィルター（ローパス7 Hz）にて処理した後、下顎運動信号と共にA/D変換器にてコンピュータに取り込み、各開口量での筋活動量・下顎位の約2秒間の平均値を求めた。この各平均筋活動量は最大筋活動量（上頭：最大噛みしめ時、下頭：最大開口時）を100%とした相対値として求め、以下の項目について検索した。

- 1) 切歯点運動軌跡（矢状面内）
- 2) 関節頭運動軌跡（矢状面内）
- 3) 関節頭前方移動距離と下顎回転角度より構成した下顎回転運動

- 4) 切歯点開口量と上頭・下頭筋活動量
- 5) 関節頭前方移動距離と上頭・下頭筋活動量
- 6) 下顎回転角度と上頭・下頭筋活動量

4. 関節頭の運動軌跡の再構成と下顎回転角度の計算

関節頭部のLEDの位置は、本論文の1の方法で述べたように、可能な限りいわゆる全運動軸²⁾と思われる点での計測を行ったが、さらにコンピュータ上で全運動軸と思われる点を試行錯誤的に捜して、関節頭の運動を再構成した。福島³⁾の方法に準じ、その関節頭と

切歯点とを結ぶ線分のなす角度を下顎の回転角度とした (図 1)。

III. 結 果

1. 習慣的開閉口運動と意識的後方開閉口運動 (意識的蝶番運動) での外側翼突筋筋活動

図 2-a, b に、同一被験者での習慣的開閉口運動と意識的後方開閉口運動 (意識的蝶番運動) での、外側翼突筋筋活動とその下顎運動を示す。習慣的開閉口運動では、開口運動の開始とほぼ同時に関節頭も前下方への運動を開始している。この開口運動開始直前に上頭筋活動は消失し、少し遅れて下頭の筋活動が出現した。そして下頭筋電図は振幅を増加させ、最大振幅の筋電図が記録できたのは、切歯点での最大開口位のほぼ直前で、関節頭では最前方位の直前であった。一方、閉口運動では、関節頭の後方運動に従い下頭筋電図の振幅は減少し、関節頭前方移動距離約 2 mm、切歯点開口量約 20 mm で消失した。その時点より上頭筋活動が出現し、中心咬合位に向けて開口量が減少するにつれて筋活動量は増加した (図 2-a)。このように開口時の上頭筋電図の消失する時点 (OFFSET 点) での開口量と、閉口運動時に筋活動が出現する時点 (ONSET 点) での開口量が異なった。また、上頭の活動時期と下頭の活動時期は全く相反しており、同時に活動することはなかった。

そこで同一の被験者に、蝶番運動による開閉口運動を行わせた (図 2-b)。この開口運動時の上頭筋活動の OFFSET 点は、切歯点開口量約 20 mm と 23 mm、関節頭前方移動距離約 1 mm と 0 mm となり、閉口運動時の ONSET 点は、切歯点開口量約 26 mm と 24 mm、関節頭前方移動距離約 1.5 mm と 0.8 mm となった。すなわち、蝶番運動により開口時の OFFSET 点の開口量が習慣的開閉口運動よりも著しく大きな値になり、閉口時の ONSET 点の開口量とほぼ一致した。よって、上頭筋活動の ONSET・OFFSET 点は、下顎運動により左右されることが出来る。一方下頭筋活動の ONSET 点と OFFSET 点は、上頭の OFFSET 点と ONSET 点におおのほぼ対応しており、図 2-a でみられた上頭・下頭の筋活動時期の相反性に関してはほとんど変化はなかった。

2. 段階的開閉口運動と外側翼突筋筋活動量

次に運動速度が筋活動に及ぼす影響を除外するため

図 2 開閉口運動時の外側翼突筋の活動様式

a : 習慣的開閉口運動時の記録

b : 蝶番運動による開閉口運動時の記録

V : 切歯点運動の垂直成分, A-P : 切歯点運動の前後成分, 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

▲は筋活動の ONSET, OFFSET を示す

に、規定した開口量で下顎をフリーな状態で保持させた場合の筋活動を、段階的開閉口運動で観察した。段階的開閉口運動と外側翼突筋筋活動量の変化を図 3-a, b, c に示す。図 3-a は習慣的開閉口運動時の記録である。開口運動時、上頭筋活動の OFFSET 点は切歯点開口量で約 5 mm、関節頭前方移動距離で約 2 mm であり、閉口運動時の ONSET 点は切歯点開口量で約 15 mm、関節頭前方移動距離で約 2.5 mm であった。一方下頭筋活動の ONSET は、切歯点開口量約 10 mm で、関節頭前方移動距離約 2.5 mm であったが、閉口運動時の OFFSET は開口量約 15 mm で、関節頭前方移動距離約 2.5 mm であった。このように習慣的な開

図3 段階的開閉口運動時の外側翼突筋の活動様式

a: 習慣的開閉口運動

b: 意識的蝶番運動による開閉口運動

c: 意識的前方移動による開閉口運動

JAW DISPLACEMENT (VERTICAL): 切歯点開口量, CONDYLE A-P: 顎頭運動の前後成分, 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, RECTIFIED EMG: 全波整流後, ローパスフィルター 7 Hz で処理を行った筋電図

▲は筋活動の ONSET OFFSET を示す

閉口運動では、筋活動の ONSET・OFFSET 点は、開口量でみる限り大きく異なった。開口運動と閉口運動の違いを関節頭の前方移動の違いからみると、開口運動では運動開始直後より関節頭は前方移動を示していた。一方閉口運動時、上頭の筋活動に変化がみられる時期については、関節頭はほとんど前方移動を示さない蝶番運動で閉口していた。すなわち、上頭筋活動の変化には関節頭の前後移動は必要なく、下顎の回転角度と密接な係わりをもっていることが強くみられた。一方下頭の筋活動量は、関節頭の前方移動距離と比例関係で変化していることは図より明らかであろう。そこで次に図 3-a の同一被験者に蝶番運動による開閉口運動を行わせた。

図 3-b に意識的な蝶番運動時の記録を示す。可能なところまで意識的に蝶番運動を行わせたところ、上頭筋電図の変化がみられたのは、開口・閉口いずれもほとんど蝶番運動の時期であった。そして上頭の ONSET, OFFSET 点はほぼ一致した。すなわち上頭筋活動は、開口・閉口時で本質的には差はなく、下顎の回転角度と密接な関係を保ちながら、変化していることが推測される。一方下頭の活動時期は、時間的に圧縮されて短くなった。しかし関節頭の運動範囲からみると、図 3-a と同様に関節頭前方移動距離約 2.5 mm 以上の範囲で、関節頭の前方移動距離と強い相関を保ちながら変化しているのが明らかに観察された。

次に同一被験者に、関節頭を意識的に前方に移動させながら、段階的開閉口運動を行わせた時の記録を図 3-c に示す。開口運動と共に関節頭は急速な前方移動を示しているが、上頭は急激に筋活動量を減少させた。閉口運動時、開口量約 10 mm から上頭筋活動が開始しているが、中心咬合位直前まで筋活動量には変化がなく、中心咬合位で急激に筋活動量は上昇した。一方下頭の活動時期は時間的には大きく広がったが、図 3-a, b, c, でもみられたように、関節頭前方移動距離約 2 mm 以上の範囲で、関節頭の前方移動距離と強い相関を保ちながら変化していた。以上のように外側翼突筋の筋活動は、関節頭の運動と密接に関係しており、開口・閉口時の筋活動の相違は、下顎運動（関節頭の運動）の違いに起因していることが強く示唆された。すなわち上頭筋活動は蝶番運動時の開口量（≒下顎回転角）と、下頭筋活動は関節頭前方移動距離と密接な関係があることが観察された。

3. 段階的開閉口運動時の外側翼突筋上頭・下頭の筋活動量と、下顎運動との定量的関係

1) 上頭筋活動に対する各下顎運動の影響

図 3-a, b, c で明らかなように、次のステップに移行する時の下顎運動に対応して、一過性に大きな筋活動の変化が認められた。各開口量での筋活動量の平均値を求めるに際して、このような運動に関連した一過性の筋活動の変化を除いて、定常状態での筋活動量の平均値を求めた。各開口量での下顎位と筋活動量との関係を、図 4 に示す項目について解析した。

(1) 習慣的開閉口運動

図 5-a は習慣的開閉口運動時の上頭筋活動の変化を示す。開口量 0 mm (中心咬合位) で最大筋活動量の 20% もの筋活動が存在した上頭は、開口運動時では、急速に筋活動は減少して、切歯点開口量約 5 mm (OFFSET 点) で消失したのに対して、閉口運動時では開口量約 18 mm (ONSET 点) から筋活動が出現して、以後開口量と反比例の関係で、筋活動量は増加した。以上のように OFFSET 点と ONSET 点が大きく異なった。しかしこのような筋活動の変化を、関節頭前方移動距離でみると、開口時・閉口時いずれも約 3 mm 以内のごく限られた範囲で起こっており、しかも変化の様相も同様であった。切歯点運動経路・関節頭運動経路には、開口時・閉口時で顕著な相違はみられないが、下顎回転角度と関節頭前方移動距離より構成した下顎回転運動より下顎運動を観察してみると、関節頭前方移動距離約 3 mm 以内の範囲で起こっている運動が開口時と閉口時とで大きく異なっていた。すなわち開口運動は、関節頭の前方移動と下顎の回転の両方が同時に起こっている運動であるのに対して、閉口運動は関節頭の前方移動がほとんどみられず、下顎の回転運動のみで閉口運動が行われていた。このように、下顎が回転運動を示したときは、下顎回転角度と直線的な反比例の関係で筋活動量が変化したのに対して、回転運動だけではなく前方運動要素が含まれる運動時には、指数曲線的な急激な変化を示した。

(2) 意識的後方開閉口運動 (意識的蝶番運動)

次に図 5-b に、図 5-a の被験者に意識的後方開閉口運動 (意識的蝶番運動) を行わせた時の記録を示す。下顎回転角度と関節頭前方移動距離より構成した、下顎回転運動より下顎運動を観察してみると、関節頭は約 1 mm 前方に移動しているものの、開口運動は回転角度約 7.5 度 (切歯点開口量約 20 mm) まではほぼ回転運動といえよう。このような開口運動時では、上頭

図 4 下顎位と筋活動量との関係の解析項目

INCISOR OPENING: 切歯点開口量, INCISOR MOVE.: 矢状面で記録した切歯点運動軌跡, CONDYLE DISPLACE A-P: 関節頭前方移動量, ROTATIONAL MOVE.: 関節頭前方移動量と回転角度より求めた下顎回転運動軌跡, CONDYLE MOVE.: 矢状面で記録した関節頭運動軌跡, ANGLE: 下顎回転角度, LPT ACTIVE: 外側翼突筋筋活動量

は開口量と反比例の関係で筋活動量を減少させたが、その様相は図 5-a の習慣的開閉口運動時の指数曲線的な急激な変化とは異なった。一方閉口運動は、回転角度約 7.5 度 (開口量約 20 mm) から中心咬合位までは、関節頭の前後的移動がみられない回転運動による閉口運動であった。この時期の上頭は、開口量と反比例で直線的に筋活動量が増加した。以上のように開口運動・閉口運動共に、回転運動を行わせた結果、上頭の ONSET 点と OFFSET 点が、切歯点開口量・回転角度でみても、習慣的開閉口運動時より大きな値になるとともに、両者は一致した。しかし、関節頭前方移動距離約 3 mm 以内の範囲で、上頭筋活動に変化がみられることについては変わりはない。この関節頭の範囲内での下顎運動は、開口運動時には少し関節頭の前方移動もみられるが、図 5-a と比べると、下顎の回転運動成分が圧倒的に増え、閉口運動時の回転運動とかなり類似してきた。また筋活動の変化の様子も、関節頭の前方移動の影響のためか、完全な直線関係にはなっていないが、回転角度と反比例の関係で筋活動が変化している様相がみられた。

(3) 意識的前方開閉口運動

次に図 5-c に、図 5-a の被験者の意識的前方開閉口運動時の記録を示す。下顎回転角度と関節頭前方移動距離より構成した下顎回転運動より明かなように、下顎運動は関節頭の前方移動要素の大きな開閉口運動であった。上頭筋活動の ONSET 点と OFFSET 点がほぼ一致してはいるものの、ONSET・OFFSET 点の

値が習慣的開閉口運動時より非常に小さくなった。筋活動の変化の様相は、図 5-b の意識的蝶番運動のものと大きく異なった。すなわち筋活動量の変化も図 5-a の開口運動時のように、指数曲線的な急激な変化を示した。しかしながら、上頭に筋活動の変化がみられたのは、関節頭前方移動距離より観察すると、約 3 mm 以内の範囲であり、図 5-a, b の習慣的・意識的後方開閉口時（意識的蝶番運動時）と同様であった。

(4) 開口時について

異なる 3 種類の開口運動時（図 5-a, b, c の青色）の上頭筋活動の記録を比較すると、切歯点の運動軌跡では異なる運動でも、関節頭の運動軌跡には変化がなく、上頭の筋活動に変化がみられたのは、関節頭前方移動距離約 2 mm 以内の範囲であったことがよく理解できる。この関節頭前方移動距離約 2 mm 以内の範囲で、どのような下顎運動が行われるかにより上頭筋活動の変化の様相が異なった。すなわち蝶番運動による回転運動時では、筋活動の OFFSET 点は切歯点開口量約 20 mm と最も大きい値を示したが、習慣的開口運動、ならびに意識的前方開口運動時には、上記の関節頭の運動範囲内では関節頭の前方移動を伴う開口運動であり、両開口運動に顕著な差がなかったため、筋活動の変化にも顕著な違いは認められず、指数曲線的に急激に変化していた。

(5) 閉口時について

異なる 3 種類の閉口運動時（図 5-a, b, c の黄色）の上頭筋活動の記録を比較すると、切歯点の運動軌跡では異なる運動でも関節頭の運動軌跡には変化がなく、上頭の筋活動に変化がみられたのは、関節頭前方移動距離約 3 mm 以内の範囲であった。この関節頭前方移動距離約 3 mm 以内の範囲で、どのような下顎運動が行われるかにより上頭筋活動の変化の様相が異なった。すなわち回転運動時には下顎回転角度と直線的な反比例の関係で筋活動量は変化し、関節頭の前後的移動要素を含む運動時には指数曲線的に急激に筋活動量が変化することに関しては、基本的には開口運動時と同様であった。以上のような筋活動の変化を切歯点で観察すると、ONSET 点は大きく異なるが、関節頭の運動より観察すると、いずれも ONSET 点は前方 3 mm に存在した。

2) 下頭筋活動に対する異なる下顎運動の影響

(1) 習慣的開閉口運動

図 6-a に図 5 の被験者の習慣的開閉口運動時の下頭筋活動の変化を示す。開口量と筋活動の関係でみて

みると、開口運動時約 10 mm (ONSET 点) の開口量で筋活動は出現し、以後開口量の増加に伴い筋活動量は直線的に増加した。一方、閉口運動時、筋活動量は開口量の減少とともに小さくなり、開口量約 15 mm (OFFSET 点) で消失した。同一開口量では、開口運動時の方が筋活動量が少し多い傾向であった。このような筋活動の変化を、関節頭前方移動距離よりみると、ONSET・OFFSET 点ともに約 2.5 mm の所に一致してみられ、これより前方の範囲で筋活動の変化がみられた。この範囲での下顎運動を回転角度と関節頭前方移動より構成した下顎回転運動としてみると、開口・閉口時ともに下顎の回転と関節頭の前後移動の両者の運動が同時に起こっているケースであり、開口時と閉口時で顕著な差はなかった。

(2) 意識的後方開閉口運動（意識的蝶番運動）

図 6-b に図 5 の被験者の意識的後方開閉口運動（意識的蝶番運動）時の記録を示す。図 6-a と同様、筋活動に変化が認められたのは、関節頭前方移動距離約 2.5 mm より前方の範囲であった。切歯点開口量約 20 mm 以内の範囲では、ほぼ蝶番運動であり、それより大きな開口量では、関節頭が前方移動を示した。そのため、切歯点でみた筋活動の ONSET・OFFSET 点は、習慣的開閉口運動時よりも大きな値を示した。しかし、開口時と閉口時で運動がほぼ同じであったため、ONSET 点と OFFSET 点は開口量 20 mm で一致していた。また、開口量と比例して筋活動量が変化することと、同一開口量では、開口運動時の方が筋活動量が少し多い傾向があることに関しては前者と同様であった。

(3) 意識的前方開閉口運動

図 6-c に図 5 の被験者の意識的前方開閉口運動を行なったときの記録を示す。図 6-a, b と同様、筋活動の ONSET・OFFSET 点は、関節頭前方移動距離約 2.5 mm の所に一致して認められ、これより前方の範囲で下頭筋活動は変化した。蝶番運動時とは逆に、関節頭の前方移動要素が優勢であるため、関節頭が前方約 2.5 mm の所に位置したときの開口量は、蝶番運動時の値に比べて圧倒的に小さな値を示した。したがって、切歯点開口量で観察した ONSET・OFFSET 点は、非常に小さな値を示した。しかし、開口時と閉口時で運動がほぼ同じであったため、ONSET 点と OFFSET 点はほぼ一致していた。また、開口量と比例して筋活動量が変化することと、同一開口量では、開口運動時の方が筋活動量が少し多い傾向があることに関しては前者と同様であった。

(4) 開口時・閉口時

異なる 3 種類の開口・閉口運動時 (図 6-a, b, c) の下頭筋活動の記録を比較すると, 切歯点の運動軌跡では異なる運動でも, 関節頭の運動軌跡には変化がなく, 下頭の筋活動に変化がみられたのは, 関節頭前後移動距離約 2.5 mm 以後の範囲であったことがよく理解できる。この関節頭前方移動距離約 2.5 mm 以後の範囲での下顎運動は, 下顎の回転と関節頭の前後移動の両方の運動が同時におこっており, 本質的な相違はないため, いずれの下顎運動時でも, 開口量, 回転角度, 関節頭前方移動距離と比例関係で筋活動量が変化した。ただ, その筋活動の ONSET・OFFSET 点が下顎運動の相違により変化した, それも関節頭前方移動距離より観察すれば, 約 2.5 mm の所で一致していた。

3) 上頭・下頭の活動時期の相反性と異なる下顎運動の影響

図 7-a, b, c, 図 8-a, b, c に 3 種類の開口・閉口運動時の上頭と下頭の筋活動 (図 5-a, b, c, 図 6-a, b, c) の記録を重ねて示す。3 種類の異なる運動での開口あるいは閉口時には, 切歯点開口量で観察した, 上頭・下頭の筋活動の ONSET・OFFSET 点は, 下顎運動の相違を反映して変化した。しかし, どのような運動であれ開口時では上頭筋活動が消失した時点 (OFFSET 点) から下頭が筋活動を開始する, また閉口時では下頭筋活動が消失した時点 (OFFSET 点) から上頭が筋活動を開始する, という活動時期の相反性に関しては, 一定不変であった。すなわち, 上頭筋活動を示す曲線の立ち上がり点と, 下頭筋活動を示す曲線の立ち上がり点が絶えず一致しており, その一致点は関節頭前方移動距離でみてもと約 2.5 mm の所で一定不変であった。

4) 異なる被験者間での筋活動パターンと下顎運動

(1) 上頭について

図 9-a, b に 3 名の習慣的開閉口運動での, 開口時・閉口時の上頭筋活動の記録を色分けして示す。なお切歯点開口量, 下顎回転角度は各被験者の最大値を 100% とした, 相対値で表している。被験者 (赤) は図 5 以降に示してきた被験者で, これまで述べたようにこの被験者の習慣的下顎運動の特徴は, 開口運動は下顎の回転運動と関節頭の前方移動が平行して起こる (図 9-a), 閉口運動の末期は下顎の回転運動のみがみられるタイプである (図 9-b)。一方, 被験者 (白) は, 開口運動, 閉口運動ともに中心咬合位付近では, 関節頭の前方移動要素が非常に強いタイプであり, 回転運

動は関節頭前方移動距離約 3 mm 前後の所で行われていた。被験者 (緑) は, 開口運動は 3 者の中では回転運動要素の強い被験者であるが, 純粹の回転運動ではなく, 関節頭の前方移動要素も含んだ開口運動であり, 閉口運動は 3 者の中間的なタイプで, 関節頭の後方移動と下顎の回転運動の両方の運動要素が含まれていたタイプである。3 者の違いがよく現れているのは, 閉口運動時の記録 (図 9-b) である。切歯点開口量と筋活動量との関係を見ると, 3 者 3 様に異なったパターンであった。しかし関節頭前方移動距離と筋活動量との関係からみると, いずれの被験者も関節頭の前方移動距離の減少に従い, 指数曲線的に急速に筋活動量は増える傾向にあった。(白) で関節頭前方移動距離約 2 mm から, (赤) では関節頭前方移動距離約 3 mm から, (緑) では約 5 mm から筋活動が急速に増加した。この時期の下顎運動の違いは, 上記のごとく (白) は, 関節頭の後方移動運動要素が強いタイプであり, (赤) は, 関節頭の回転運動のみであり, (緑) はその中間タイプである。このような下顎運動の違いを反映して, (白) の上頭筋活動は, 回転角度でみても開口量でみても, 閉口に伴い指数曲線的に急激に筋活動が増加するタイプであった。一方, (赤) は図 5-a で述べたように, 下顎の回転角度に対して直線的に変化した。(緑) はその中間的な変化の様相を呈した。図 9-c に図 9-b の閉口運動時の記録を 2 倍に拡大して示す。中心咬合位付近での筋活動パターンと下顎運動の違いをよく知ることができる。以上のように図 5 の被験者 (図 9 の (赤)) で認められた, 同一個体での下顎運動パターンの違いと筋活動パターンとの関係が, 異なる被験者間での下顎運動と筋活動量パターンにも当てはまるようであった。一方, 図 9-a の開口運動時では, 閉口運動時ほどの下顎運動の違いがみられず, したがって筋活動パターンにも明らかな差は, 認められなかった。

(2) 下頭について

図 10-a, b, c に上記の 3 被験者の習慣的開閉口運動での, 開口時・閉口時の下頭筋活動の記録を色分けして示す。下頭に関しても, 下顎運動の違いが筋活動パターンの違いとしてよく現れているのは, 閉口運動時であった (図 10-b, c)。3 被験者に共通している所見は下頭筋活動が認められるのは, 関節頭前方移動距離約 3 mm より前方の範囲であるということである。そしてこの関節頭前方移動距離 3 mm 前後での下顎運動の違いが筋活動パターンの違いとして現れていた。(赤) は, 最大開口位からいち早く顎頭安定位に向けて,

図5 a: 習慣的開閉口運動時の外側翼突筋上頭筋活動の変化
b: 意識的後方開閉口運動時の外側翼突筋上頭の筋活動の変化
c: 意識的前方開閉口運動時の外側翼突筋上頭の筋活動の変化
水色: 開口時, 黄色: 閉口時

図6 a: 習慣的開閉口運動時の外側翼突筋下頭筋活動の変化
b: 意識的後方開閉口運動時の外側翼突筋下頭の筋活動の変化
c: 意識的前方開閉口運動時の外側翼突筋下頭の筋活動の変化
水色: 開口時, 黄色: 閉口時

図7 開口運動時の外側翼突筋上頭と下頭の筋活動の変化
a: 習慣的運動時
b: 意識的後方運動時
c: 意識的前方運動時
黄色: 外側翼突筋上頭, 緑色: 外側翼突筋下頭

図8 閉口運動時の外側翼突筋上頭と下頭の筋活動の変化
a: 習慣的運動時
b: 意識的後方運動時
c: 意識的前方運動時
黄色: 外側翼突筋上頭, 緑色: 外側翼突筋下頭

図9 3名の被験者の習慣的運動の外側翼突筋上頭の筋活動の変化
 a: 開口運動時
 b: 閉口運動時
 c: 閉口運動時の2倍拡大
 白色, 赤色, 緑色は各被験者を示す

図10 3名の被験者の習慣的運動の外側翼突筋下頭の筋活動の変化
 a: 開口運動時
 b: 閉口運動時
 c: 閉口運動時の2倍拡大
 白色, 赤色, 緑色は各被験者を示す

関節頭が後方に移動して、それから回転運動により閉口するタイプであった。したがって3被験者の中で、下頭筋活動の切歯点開口量での OFFSET 点が、最も大きな値を示した。一方、(白)は関節頭前方移動距離でみた OFFSET 点より前方で回転運動をし、それから関節頭の後方移動を主要素とした閉口運動を示した。したがって小さな開口量でも関節頭は OFFSET 点より前方にあるため、かなりの筋活動量の残留が認められ、それから急速に筋活動量が減少していた。(緑)は、両者の中間的運動と筋活動の変化を示した。一方、開口運動時でも下頭筋活動が認められるのは、関節頭前方移動距離約 2.5 mm 前後より前方の範囲である、ということに関しては閉口運動時と同様であった。ただ、閉口運動時程の下顎運動の違いがなかったために、筋活動にも顕著な差はみられなかった。すなわち、関節頭前方移動距離約 2.5 mm 以内での開口運動は、程度の差はあれ3被験者とも下顎の回転と関節頭の前方移動が同時に起こっている運動であり、閉口運動時でみられたような顕著な差は認められなかった。したがって、筋活動の ONSET 点を開口量でみても、3被験者で大きな違いは存在しなかった。一方、関節頭前方移動距離での ONSET 点より前方では、関節頭の前方移動距離の増大につれて筋活動量は増加したが、特に(白)の被験者では関節頭の前方移動がみられない回転運動時にも筋活動量は増加した。

IV. 考 察

1. 外側翼突筋上頭筋活動と関節頭運動要素

上頭に筋活動が認められたのは、いずれの被験者においても、いずれの下顎運動においても関節頭前方移動距離約 3~5 mm 以内の範囲で、切歯点開口量で観察されたような大きな変動はなく、ほぼ不変であった。そしてこの関節頭の移動範囲内で、関節頭の前後的移動距離に対して指数曲線的に筋活動は変化した。このような筋活動の変化が、いったいどのような下顎運動要素と機能的に関連するのかが問題であろう。

本論文1の考察の解剖所見でも述べたように、開口運動時では関節頭は回転運動しながら前方移動するが、この時関節円板は相対的には関節頭の後方に回転移動しなければならない。さもなければ、関節頭と関節結節は関節円板後方肥厚部を介して対合するようになり、円板中央部のくぼんだ薄い部分を介して絶えず安定な位置関係にすることは物理的に不可能になる(本論文1, 図17, E)。したがって回転運動を伴わない

反対側側方運動、前方運動時にも、関節頭は関節窩から前方に移動する必要があるが、このような移動運動時にも、関節円板は関節頭に対して後方に回転移動しなければならない。このような関節円板の後方回転移動は上頭の弛緩により初めて円滑に営まれることは、本論文1での解剖所見で示した通りである。このような関節円板と関節頭との回転角度的位置関係を直接的に計測することは非常に困難なことであるので、本実験では蝶番運動を用いて両者の角度的位置関係を把握することを試みた。すなわち、関節頭の前後的位置に変化がなく開口量だけが変化するような下顎運動は、関節頭を回転中心とする回転運動とみなすことができる。このような運動時に起こっている現象としては、関節円板と関節頭との角度的位置関係のずれのみが生じていると考えられる。このような運動時に上頭筋活動が、下顎の回転角度と直線的な相関を示したことは、関節円板と関節頭との回転角度的位置関係の調節機能を上頭が担っているとする論拠となろう。そして関節頭の前後的位置移動が、回転運動と同時に、あるいは単独で起こる運動時には、下顎回転角度との直線的な関係はみられなくなり、筋活動と下顎回転角度(開口量)との関係は、関節頭の前後的移動運動要素の強弱を反映したものになったと考えられる。

2. 筋活動量と運動速度

下顎運動と筋活動量とを解析する場合に注意を要するのは運動速度であろう。等張力性収縮時では、筋活動量は、運動(収縮)速度の影響を受ける^{4,5)}ことは、周知の通りである。開口運動時の下頭筋活動出現時期に関しては、関節頭前方移動距離 0 mm からという報告がある⁶⁾。図2-aの開口運動時では上頭筋活動の OFFSET は開口量 0 mm であったのが、運動速度の影響を取り除いた段階的閉開口運動時(図3-a)では、OFFSET は開口量 5 mm に変化した(図2~5の被験者は同一)。したがって、運動速度の影響を除いて筋活動量と下顎運動との関係を解析するためには、本実験で行ったように段階的に下顎の位置を変化させ、その位置を連続的に連ねたものを、運動軌跡としてとらえる方法が適当であると考えられる。

3. 関節円板前方転位患者のスプリント療法の効果と外側翼突筋上頭の筋活動との関係について

本論文1の考察でも述べたように、外側翼突筋上頭が関節円板前方転位の原因筋である可能性が考えられ

るが、関節円板前方転位患者の治療に用いられるスプリント(シーネ)の臨床効果と、上頭筋活動の基本特性とが非常によく適合することになる。そこでスプリント療法が関節円板の復位に対して効果があるのは以下の状況下にあると考える。

- 1) 咬合を挙上する。
- 2) 咬合関係を前方位にとる。
- 3) 患側に変位している下顎正中を上顎正中に合わせる(近づける)。

上頭筋活動量が、関節頭の前方移動に伴い指数曲線的に減少することはこれまで示した通りである。関節頭を前方に移動させる効果のある治療方法(上記1, 2, 3, のすべてが該当する)は、前方転位した関節円板をただ単に物理的にあと追いつけるだけではなく、前方転位の原因と考えられる上頭の張力を最も劇的に減少させる効果的な方法であろう。また咬合挙上の効果が、関節頭の前方移動を引き起こさなくとも、下顎の回転角度の増加により上頭筋活動量は反比例で減少することより、やはり上頭筋活動量の張力を減少させる効果的な方法となろう。以上のようにスプリント(シーネ)の臨床効果と、上頭筋活動の基本特性とがよく結びつくことも、関節円板の前方転位の原因として、上頭の機能異常をあげる根拠となるであろう。

V. ま と め

1. 外側翼突筋上頭・下頭の筋活動がみられる範囲を関節頭前方移動より観察すると、異なる被験者間でも、異なる下顎運動でもほぼ一定不変であり、関節頭前方移動距離約3 mmより後方では上頭が、前方では下頭が主として筋活動を示し、筋活動時期の相反性が明らかに認められた。

2. 筋活動の個体差、あるいは開閉口運動時の差は、上記関節頭の移動範囲で、どのような下顎運動が行われるかに起因していた。すなわち 1) 上頭に関しては、回転運動が主体である場合は、筋活動の ONSET・OFFSET 点は切歯点開口量では大きな値になり、その時の筋活動の変化は、下顎の回転角度と直線的な関係を示した。逆に前後の移動要素の強い運動では、ONSET・OFFSET 点は切歯点開口量では小さな値になり、その時の筋活動量の変化は開口量、回転角、関節頭前方移動距離のいずれのパラメータに対しても、指数曲線的な急激な変化を示した。2) 下頭に関しては、回転運動が強い場合は筋活動の ONSET・OFFSET 点は切歯点開口量では大きな値になり、関節頭前方移動

距離よりはむしろ開口量、回転角度と直線的な関係を示した。逆に前後の移動要素の強い運動では、ONSET・OFFSET 点は切歯点開口量では小さな値になり、その時の筋活動量の変化は開口量、回転角、関節頭前方移動距離のいずれかのパラメータに対しても直線的な変化を示した。

3. 上記の結果ならびに本論文1での解剖所見より、上頭の下顎運動(関節頭運動)における機能的役割は、関節頭と関節円板との相対的角度的位置調節機能と考えられる。そしてこのような機能が必要となるのは、関節頭が関節窩内から大きく前方に移動しない顎頭安定位付近(関節頭前方移動距離約3~5 mm以内)での顎頭運動時においてであろう。

4. 下頭の筋活動量と関節頭前方移動距離とがただ単純に直線的な関係を示す被験者だけではなく、関節頭の前方移動を伴わない回転運動時にも筋活動量に変化を示した被験者も存在したことは、下頭が関節頭を前方に牽引するというこれまでの機能的役割について、さらなる検討が必要であることを示唆している。

本研究の要旨の一部は、第32回日本歯科基礎医学会(1990年10月、千葉)、第3回国際神経科学会議(Third IBRO, 1991年8月、モントリオール)において発表した。

稿を終えるに臨み、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致します。

文 献

- 1) 日比野和人：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，補綴誌，34：545~558，1990。
- 2) Kohno, S., Bando, E., Tanaka, B. et al：Mandibular movement and mandibular position in man, edited by Kubota, K., Nakamura, Y. and Schumacher, G.H., Jaw position and jaw movement, 24~36, Volk und Gesundheit, Berlin, 1980。
- 3) 福島俊士：習慣的開閉運動における顎頭運動の研究，補綴誌，15：267~290，1971。
- 4) Cooke, J.D. and Brown, S.H：Movement-related phasic muscle activation II. generation and functional role of the triphasic pattern, J Neurophysiol, 63：465~472，1990。
- 5) 上田龍太郎，大井啓司，西川啓介ほか：外翼突筋下頭活動の顎運動に及ぼす影響，補綴誌 34・84 回特別号：129，1990。
- 6) 上田龍太郎，大井啓司，近藤宏治ほか：6 自由度顎運動と外側翼突筋下頭活動の同時測定，下顎運動機能と EMG 論文集，第8集，141~148，1990。