原 著 論 文

顎頭運動からみた咀嚼時の外側翼突筋上頭の 筋電図学的研究

吉田 和也

An Electromyographic Study on the Superior Head of the Lateral Pterygoid Muscle during Mastication from the Standpoint of Condylar Movement

Kazuya Yoshida

Abstract : The purpose of this study was to investigate the fundamental property and time coordination of the superior head (SLpt) and inferior head (ILpt) of the human lateral pterygoid muscle.

EMGs were recorded and analysed during mastication, together with the condylar and incisal movements in five subjects with normal jaw function. EMG recordings were taken at SLpt, ILpt, the anterior belly of the digastric muscle (Da), the posterior part of the temporal muscle (Tp) and the masseter muscle (Mm) .

SLpt appears to have two phasic functions. In the first phase it controls the position and speed of the disk and condyle as it returns posteriorly to centric position. In the second phase, it functions mainly during the final closing phase on the working side to direct the orientation of masticatory forces toward the articular eminence in response to increases in these forces. These functions are completed by the supplementary activity of ILpt.

Key words : electromyography, pterygoid muscle, jaw movement, mastication

I. 緒 言

咀嚼は顎口腔系の最も重要な機能の1つであり、咀嚼運動は咀嚼筋群のきわめて巧みな協調によって行わ

れている。その中で外側翼突筋の上頭は関節円板や下顎頭に、下頭は下顎頭に付着し、上頭は閉口時、下頭は開口時に活動し、咀嚼時の関節円板と顎頭の協調運動に重要な役割を果たしている¹⁾。外側翼突筋はその付着部位から特に顎頭運動に大きく関与していると思われるが、これまで多くの筋電図学的研究²⁻¹⁶⁾がみられるにもかかわらず、本筋の機能特性は明らかでない。外側翼突筋の上頭と下頭の不協調が顎関節症の原因の1つであると考える見解も多く^{10,11,13,15,17-21)}、まず、正常な外側翼突筋上頭、下頭の機能を解明することは本

大阪歯科大学大学院歯学研究科補綴学専攻 (指導: 井上 宏教授)

Graduate School of Dentistry, Third Department of Prosthodontics, Osaka Dental University (Director: Prof. Hiroshi Inoue)

平成3年10月9日受付

疾患に対する診断および治療に重要な意義を持つと考える。そこで、切歯点運動よりも密接な関係があると思われる顎頭運動を基準にして咀嚼時の外側翼突筋上頭、下頭および顎二腹筋前腹、側頭筋後部、咬筋の筋電図学的分析により、時間的協調性、筋活動量を分析し、外側翼突筋上下頭の顎頭運動に対応した機能的特性および他の筋との協調性について検討した。

II. 実験方法

1. 被検者

被検者は顎口腔系に機能的な異常を認めない年齢 23~25 歳の正常有歯顎者男子 5 名とした。

2. 被検筋および筋電図記録

被検筋は習慣性咀嚼側の外側翼突筋上頭 (SLpt)、外側翼突筋下頭 (ILpt)、顎二腹筋前腹 (Da)、側頭筋後部 (Tp)、咬筋 (Mm) の片側計 5 筋である。

上頭への電極刺入法および筋電図記録法はすでに著者らが報告した方法²²⁻²⁴⁾で行った。下頭は上頭の電極刺入に使用したシーネを用いて行い、刺入部位および方向は神山²⁾、藍²⁵⁾の計測値を参考にした。すなわち最後臼歯根尖部の歯肉頬移行部から、咬合面に対して上方へ 30°、正中矢状面に対して内側へ 20°を基準とした。Tp、Mm、Da については極間距離 15 mm の表面電極により双極誘導を行った。

図 1 顎頭点指示用シーネ

3. 被検運動

被検食品には Dentyne gum, Raisin を用い、被検運動は被検筋側および対側で、片側の咀嚼を行わせた。Dentyne gum は十分軟化した後の安定した 10 ストロークを、Raisin は 4 グラムを普通に咀嚼、嚥下させ、中期の 10 ストロークを分析区間とした。

4. 下顎運動（切歯点、顎頭点）の記録

顎頭運動は被検筋側のみとし、LED と半導体位置センサーを用いて記録した。記録の手順は下記の方法で行った。被検者の上下顎模型を半調節性咬合器 (Cosmax MY 3) に装着し、下顎犬歯から第 1 大臼歯の頬舌側面を被覆する金銀パラジウム合金製シーネを鑄造し、干渉にならないように十分咬合調整を行った。そのシーネに直径 3 mm のアルミニウムパイプを固定し、その先端部を顎頭点の皮膚から外側 3 mm の位置まで延長し、近赤外線発光ダイオード (シャープ社製 LED GL 513 F) を設置した (図 1)。計測顎頭点は、シーネの試適時に被検者に蝶番運動をさせ、LED の移動の少ない回転点 (hinge axis) を求め測定点とした。シーネは実験中仮着用セメントで歯列に固定し、頭部の固定には被検者ごとに頭部を覆うレジン製の固定装置を用いた (図 2)。半導体位置センサー (浜松ホトニクス社製 PSD C 1373) を LED から 30 cm の位置に固定し、矢状面顎頭運動を上下、前後運動曲線として記録した。

切歯点運動は MKG K 6 Diagnostic system (Myotronics 社製) を用いて記録した。筋電図は生体電気増幅ユニット (日本電気三栄社製 1253 A) を経て時定数 0.03 にて、顎頭運動、切歯点運動とともにポータブルデータレコーダー (TEAC 社製 SR-51) に収録した。

図 2 頭部固定装置

5. データの処理および分析

筋電図は電磁オシログラフ（日本電気三栄社製 VISIGRAPH 5 L）で原波形と積分ユニット（日本電気三栄社製 1322）で積分したオートリセット波形を、また下顎運動曲線は、顎頭運動では前後方向と上下方向を、MKG では vertical, velocity 曲線を同時に再生した。計測の基準点は顎頭位を基準とし、顎頭が咬合相終末から開口相へ移行する時期、すなわち前下方へ動き始める点 O、咀嚼時最も前下方にある点 P、顎頭が関節窩内に復位した点 R とした（図 3）。また他に MKG vertical, velocity 曲線が水平になる点を参考にして、咬頭嵌合位に最も近接すると思われる歯の接触時点（tooth contact : TC）を計測の基準位として用いた。前ストロークの閉口筋のうち最も遅い offset から点 O までを区間 α 、点 O から点 P までを区間 β 、点 P から点 R までを区間 A、点 R から点 TC までを区間 B、点 TC から筋電図のうち最も遅い offset までを区間 C とした（図 3）。したがって区間 β は開口相、区間 A、B が閉口相、区間 C、 α が咬合相に対応する。開口相での各筋の onset, offset は点 P を基準として先行する場合を + とし、閉口相、咬合相では先行する場合を - とし、遅れる場合を + とし計測した。さらに各筋の burst の duration と積分値、各区分における duration とその積分値を計測し筋活動量とし、またそれを活動時間で除して平均電位とした。有意差の検定は被検者、筋、咀嚼側、被検食品を主変動因子とする分散分析法による統計処理を行った。

III. 結 果

表 1 には作業側、平衡側の各区分の時間を示す。各計測値の平均値から全被検筋の time coordination²⁶⁾ および各区分での筋活動の平均電位から time and power coordination pattern²⁶⁾ を構築し、作業側は図 4 に、平衡側は図 5 に示す。横軸は点 P を基準として時間を、縦軸は各区分における平均電位を示す。

1. time coordination

1) SLpt, Tp, Mm

3 筋ともに区間 A、B、C で活動を示した。SLpt は Tp および Mm に比べて作業側と平衡側の両側で有意に ($P < 0.001$) 早い onset となった。SLpt の onset は、作業側では平均 18.4 msec、平衡側では -16.0 msec であった。Tp は作業側で 94.2 msec、平衡側では 86.8 msec、Mm は作業側で 71.8 msec、平衡側では 46.2 msec の onset であった。図 6 に Gum, Raisin 食品別の onset の平均を示す。Raisin 咀嚼では Tp 86.4 msec、Mm 75.8 msec と SLpt 以外の 2 筋はほぼ同様な値となったが、Gum 咀嚼では Tp 94.6 msec、Mm 42.8 msec と Mm において有意に ($P < 0.001$) 早い onset となった。

この 3 筋の offset の平均は SLpt 342 msec、Tp 340 msec、Mm 332.5 msec とほぼ同様な値で有意な差は

図 3 パラメーター

表 1 作業側と平衡側での各区分の持続時間

区分	α	β	A	B	C
作業側	108.0	260.0	182.0	150.8	30.2
平衡側	123.7	329.2	269.2	25.8	55.9

(msec)

図4 作業側における time and power coordination pattern

認められなかった。

durationの平均はSLpt 340.9 msecとTp 253.9 msec, Mm 273.5 msecに比較して有意に($P < 0.001$)長かった。

2) ILpt, Da

Daは α , β 区間で, ILptは α , β 区間とA, B区間で活動がみられた。Daは両側においてILptより onsetが早く, durationが長かった。offsetは両筋とも両側で点Pより早かった。しかしILptは平衡側では被検者5名中1名で閉口相まで活動が持続した。ILpt, Daともに平衡側で作業側よりdurationが長かった。作業側では全被検者にGum, Raisinの両方で区間A, BにILptの活動がみられた。平衡側では被検者5名中4名に閉口相にまでILptの筋活動がみられた。そのうち1名はGumの場合にのみみられた。

3) 各筋の time coordination pattern

作業側では前ストロークの閉口筋の offsetの直後

図5 平衡側における time and power coordination pattern

図6 食品別の点Pからの onset

図 7 1 ストロークあたりの筋活動量のうち各区間の占める比率 (作業側)

Da が活動を始め、平均 30 msec 後に ILpt が活動した。ILpt が onset して平均 70 msec 後、顎頭が前下方へ動き出し、点 P に達する平均 26 msec 前に Da が、平均 23 msec 前に ILpt が offset した。点 P から平均 18 msec 後に SLpt が活動し、Mm, Tp, ILpt が続き、offset は ILpt が最も早く、区間 C では活動はみられなかった (図 4)。

平衡側でも Da が先行し、ILpt が続いた。点 P の平均 20 msec 前に Da, ILpt が活動を停止し、点 P の平均 16 msec 前に SLpt が活動を始めた。閉口相では作業側とは異なり、SLpt の次に ILpt が onset し、Mm, Tp が続いた。offset は ILpt が最も早く、次が Mm で SLpt と Tp はほぼ同じであった (図 5)。

2. 筋活動量

図 7, 8 に作業側と平衡側それぞれにおける各筋の 1 ストローク中の筋活動量の区間別比率を示す。図 9 に 1 ストロークあたりの筋活動量の咀嚼側別比較を示す。

1) SLpt, Tp, Mm

作業側では SLpt と Mm は区間 B で区間 A より大きな平均電位を示したが、Tp は区間 B の方が小さかった。区間 C では 3 筋とも区間 B より電位が低下した (図 4)。平衡側では SLpt と Mm は区間 B で作業側よりも大きな平均電位を示した (図 5)。両側において SLpt, Mm はよく似た time and power coordination

図 8 1 ストロークあたりの筋活動量のうち各区間の占める比率 (平衡側)

図 9 1 ストロークあたりの筋活動量の咀嚼側別比較

pattern を示した。区間別の活動比率では 3 筋に有意な差はなかったが、Mm が SLpt, Tp に比べて区間 B で比率が高かった。作業側では区間 B の占める割合が多く (図 7)、平衡側では区間 A の割合が多かった (図 8)。

1 ストロークあたりの積分電位は作業側と平衡側において Tp であまり差はなく、Mm では作業側の方が大きく、SLpt では平衡側の方が有意に ($P < 0.01$) 大きかった (図 9)。

2) ILpt, Da

Daでは α , β 区間での作業側, 平衡側の筋活動量, 平均電位の差は小さく, ILptでは α , β 区間でその活動量は平衡側が作業側の1.53倍であった。特に β 区間での平衡側の活動が筋活動量および平均電位ともに大きかった(図4, 5)。ストロークあたりの筋活動量はILpt, Daともに平衡側で多かった(図9)。ILptは作業側で区間 α , β が1ストロークのうち約50%, 平衡側では約70%であり, Daは両側で90%以上であった。作業側でILptは閉口相, 咬合相に1ストロークの筋活動量の約50%のうち, 区間Bで約30%活動がみられた(図7)。平衡側では区間Aに約22%の活動がみられた(図8)。

IV. 考 察

1. 実験方法について

1) 筋電図記録

被検筋は外側翼突筋上頭, 下頭および開口筋として顎二腹筋前腹, 閉口筋として側頭筋, 咬筋とした。筋電図から筋の機能を考察する際, 筋の正確な位置関係を把握する必要がある。外側翼突筋上頭の付着部位については研究者によって様々な見解が述べられている。すなわち上頭が関節円板あるいは関節包にのみ付着するという説²⁷⁻³⁰⁾, 上頭の大部分が関節円板に付着し, 一部が翼突筋窩に付着するという説^{31,32)}, 上頭の一部が円板に, 残りの大部分は翼突筋窩に付着するという説³³⁻³⁹⁾, 上頭は関節円板に全く付着しないという説⁴⁰⁾などである。Meyenbergら³⁵⁾は被検例のうち40%に, Moritzら³⁶⁾は20%に上頭の関節円板への付着がみられない例が観察されたと報告している。ただし日本人に関する研究で上頭が関節円板に付着していないという報告はなく, 高野¹³⁾, 尚原³⁹⁾の最近の詳細な研究から考慮して, 日本人では上頭の主要な付着部位は翼突筋窩であり, 程度の差はあるがその筋線維の一部は関節円板に付着していると考えるのが妥当である。

側頭筋については下頭と走行が逆で対向していることと, 筋電図では上頭との区別が必要となること, さらに上頭と側頭筋後部が協調して機能することを示唆した報告^{6,34,41,42)}が多いことから後部より筋電図を記録した。被検例は習慣性咀嚼側のみとしたが, これは作業側, 平衡側での咀嚼の際, 筋の記録部位の違いによる影響をなくすためである。

電極刺入に関しては上頭は全被検者とも一度で刺入が完了した。下頭は5名中4名は一度で刺入が可能であった。安静時上頭に持続的な筋活動が認められるという報告^{9,10,14,16)}が多いが, Widmalmら¹⁴⁾はこの活動が電極の刺激によるかを判断し難いと述べている。今回, 刺入回数が少なかったので誘導針による筋への侵襲は少なかったと考える。

2) 下顎運動記録法

従来より顎運動を記録するためには, 数十グラム以上ものクラッチを歯列に固定する必要がある⁴³⁻⁴⁶⁾。下顎位は下顎に加わる重量に影響される⁴⁷⁾ことを考えると, 装置はできるだけ軽量であることが望ましい。本研究で用いた顎頭点指示用シーネは約3グラムで, 重量による影響は無視できると思われる。またシーネの最も厚い部分は約0.8mmであり, 直径3mmのアルミニウムパイプは口角部を通っているため, 従来の方法と比較して正常な咀嚼運動を侵害することは少ないと考えられる。

顎運動経路は, 河野⁴³⁾, 長谷川ら⁴⁴⁾が報告しているように, 顎頭の測定点により大きく変化する。その測定点については研究者および研究目的によって様々であるが, 本研究では咀嚼中の顎運動を分析する際, 顎頭の回転時期を明らかにしておく必要性からヒンジアキシス点とした。

3) データの分析

外側翼突筋は顎関節部に直接付着しているので, 咀嚼筋の中でも顎運動の調節に最も重要な役割を果たしていると考えられている。また顎運動は咀嚼運動の支点と考えるとき, 顎頭点を基準にデータの分析区間を決定することは, より正確に咀嚼運動中の外側翼突筋の機能を分析するうえで重要である。さらに切歯点のvertical, velocity曲線, 筋電図原波形を参考にして, tooth contactや閉口筋のoffsetを基準にすることにより, 開閉口筋全体の協調活動の様相を把握できると考えられる。 α 区間は咬合相間で閉口筋活動(Tp, Mm)消失後, 開口開始までの準備区域として, β 区間は開口相, A区間は閉口相で顎頭が関節内に復位するまでの時期, B区間は食品の介在した咀嚼力発現区域, C区間はtooth contactから閉口筋のoffsetまでと考えられる。これらの区分は従来からの下顎切歯点運動からの分析では明確に得ない, 顎運動と筋活動の両者から得られる独自のパラメーターとして意義があると考えられる。特にB区間はこれまで閉口相としてA区間とともに分析されてきたが, 閉口相の等張性活動か

ら閉口相終末期に等尺性収縮をも加わった咀嚼力発現時期として区分分析することは重要である。また各区間の筋活動量と平均電位を比較することによって咀嚼時の筋おのおのの機能的特性の相違を明確にすることができると考える。

2. 実験結果について

1) time coordination

(1) SLpt, Tp, Mm

SLpt は両側において点 P, すなわち咀嚼中の顎頭の最前方点より後上方へ戻る運動開始時とほぼ同期して活動した。Tp, Mm と比較して有意に早く ($P < 0.001$), 閉口時やクレンジング時に SLpt, Tp, Mm が同期するという Juniper⁴⁾の見解とは異なっていた。閉口位では関節円板後方肥厚部は顎頭の直上に位置するが開口に伴い、この部は顎頭の回転によって後方へ移動する⁴⁸⁾。この SLpt の顎頭復位運動開始に一致した活動は閉口に際して後方へ移動した関節円板を牽引し、関節円板と顎頭を正常な位置関係に戻し^{6,41)}、その一体性を増すことによって^{38,42,49)}復位運動を円滑に行わせるためと考えられる。日比野¹⁶⁾は段階的開閉口の際、開口時の上頭の offset と閉口時の onset には違いがあり、後者が開口量 10 mm で前者より大きいと報告している。これは閉口時に SLpt が関節円板と顎頭的位置を修正するためと推察できる。この活動は上頭の付着部位、走行から考えて、Tp, Mm のような閉口筋とは異なり、顎頭の急速な後上方への復位運動に際して関節円板と顎頭との速度および位置を調節し^{6,38,41)}、関節窩の後方斜面へ顎頭の急激な復位に伴う負荷を防止するためと推察される。また Tp, Mm は食品差によって onset の変化がみられたが、SLpt は食品の影響を受けていないことも(図 6), 閉口開始時にあたっての関節円板と顎頭的位置関係修正^{6,41)}に関与している可能性を強く示唆するものである。

offset は 3 筋ともほぼ同様な値であり、閉口筋の筋活動が停止し、顎頭に加わる力^{50~52)}が減少すると、SLpt の顎頭の安定化作用は必要なくなり、閉口筋とともに活動が停止するためと推察される。

SLpt の duration が有意に長いのは onset が早いためであり、これは筋内電極と表面電極との差が影響している⁵³⁾ことも考えられるが、その差が Tp で約 90 msec, Mm で 60 msec 差があること、さらに上頭の走行から考えて、顎頭の運動に対応した活動のため長くなったと考えられる。

(2) ILpt, Da

onset は両側で Da が ILpt より早かったが、これは Woelfel ら⁵⁴⁾が述べているように、約 1 cm の蝶番運動での開口では下頭は不活発であり、開口の初期では Da が主に機能するためと考えられる。offset は両側で Da, ILpt とともに点 P より早く、井上ら⁵⁵⁾は下頭の活動が balancing side において最大開口位よりさらに 7~79 msec 閉口相にかけて活動の持続が観察されたと報告している。本研究においても平衡側で点 P から 18 msec offset が持続する被検者がみられたが、これは測定の基準点が切歯点にあるか顎頭点にあるかの相違によるものと考えられる。つまり grinding type の被検者のように最大開口位付近で下顎が側方運動を伴うと、平衡側顎頭点は前下方へ移動し点 P に達するので、点 P は最大開口位より遅れることが多いためである。閉口相、咬合相で ILpt の活動がみられるという報告^{9,12,14,56)}は多い。著者の結果も作業側では全例に活動が認められ、その活動が A 区間の終末と B 区間の大きな咀嚼力発現の時期と一致していることから、ILpt は作業側において明らかに咬合力に呼応して活動していると思われる。このような下頭の咀嚼閉口相の終末時の活動は、咬筋の咀嚼力発現に対する下顎の安定に関与するものと考えられる。平衡側では、ILpt は Tp, Mm より早く onset がみられた。これは平衡側では顎頭が関節窩内に復位する間で咀嚼力に対応する、不安定な平衡側顎頭^{50~52)}を SLpt とも協調して安定させるために活動するためと考えられる。

2) 筋活動量

(1) SLpt, Tp, Mm

図 10 は被検者 1 例の作業側での区間 B における切歯点と顎頭点の位置関係を示している。区間 B は顎頭が関節窩内に復位しているが、まだ歯が咬頭嵌合位に至っていない時期であり、大きな咀嚼力を発揮しながら蝶番運動している閉口相終末時期と考えられ、この時期の存在は Gibbs ら⁴⁶⁾によっても明らかにされている。表 1 からこの区間 B は作業側では 150.8 msec, 平衡側 25.8 msec で作業側で長く、また SLpt, Tp, Mm の 1 ストロークあたりの筋活動量の占める割合も作業側で大きく(図 7, 8), この区間が閉口相終末での咀嚼力に強く関与していることが分かる。一方区間 A は逆に作業側に比べて、平衡側においてその割合が大きく、平衡側では区間 B の蝶番運動時期はあまりみられなかった(図 7, 8, 10)。

1 ストロークのうち区間 A, B, C における筋活動量

図 10 作業側および平衡側での区間Bにおける切歯点と顎頭点の位置関係

の比率は、Mm が区間Bの比率が高いという傾向がみられたが(図7, 8), これはMmが主に咀嚼力の発現に関与する筋であり、蝶番運動を行う区間Bで活動する比率が高くなったと考えられる。SLptの筋活動比率はTpと非常によく似た傾向を示したが(図7, 8), time and power coordination patternではSLptはB区間で筋活動量が上昇し、逆にTpは減少するなど異なるのに対して、両側でMmとよく似た平均電位のパターンを示した(図4, 5)。SLptはMmの咀嚼力の発現と同期して、関節円板と顎頭を関節結節後方斜面对座させ、安定させるための活動と考えられ、咬合力の上昇と関係するものと推察される。Talmant & Duchateaux⁴¹⁾は閉口筋の活動に伴い、上頭の固有受容器の興奮がみられ、筋収縮の増強が起こると推測している。本研究の結果も上頭はTp, Mmと対応して活動しており、その走行から考慮して咬合力のベクトルを上方の後方肥厚部の方向から、より緻密で応力負担が可能な関節結節後方斜面および関節円板中央部方向への咀嚼力方向付け機能が推察できる。上頭はHonée²⁸⁾の推定によると4kgの力を発揮でき、その走行は正中矢状面に対して内側に26°, フランクフル

ト平面に対して23°であること、さらに上頭を考慮せず、側頭筋、咬筋、内側翼突筋を想定したかみしめ時の顎関節の応力解析⁵⁷⁾によると、咬合力の顎関節における緩衝部位は関節円板後方肥厚部に相当するという報告がみられる。これらの報告から、SLptは関節内における咀嚼力の方向をコントロールする機能を発揮することは十分に可能であると考えられる。しかし、この際のSLptとTpとの区間Bの協調活動は重要で、DuBrul³⁴⁾が報告する側頭筋後部と上頭の独特の走行は滑走運動、回転運動のどの一瞬においても関節の支点を固定している調節可能な靱帯として機能するとの考え方に符合している。上頭は下顎頭に側頭筋後部は筋突起に付着し、その走行が対向しているという形態的特徴と、本研究において筋活動様式がきわめて似ていること、さらに組織学的所見⁵⁸⁾から、上頭と側頭筋後部は種々の感覚受容器のフィードバックループ^{6,41,42,49)}を介して相互に協調しながら下顎の位置を調整し、安定させていると考える。

上頭はその解剖的形態から、咬合力を直接発揮することはできない。このことから区間Aにおける上頭の機能を考えると、区間Aの初期では顎頭が最前方点からの急速な後上方への復位運動に際して、関節円板と顎頭の数および位置の調整作用が推察される。ただしこの場合、上頭の一部しか関節円板に付着していないので、選択的に上頭が関節円板を単独に調節しているとは考えにくい。木野⁴⁸⁾は解剖的観察から、関節円板が過度に前方移動した場合には、円板後部結合組織の膠原線維がある程度前方移動を制限し、また、関節円板後退のきっかけを弾性線維が作り出す可能性はあるものの、関節円板を後方に牽引する作用があるとは考えにくいと述べている。したがって上頭が関節円板後部結合組織の弾力に対応して活動すると考えるよりは、上頭の収縮によって関節円板と顎頭の一体性が増し、復位運動中の関節円板の偏位を防止している^{38,42,49)}と考える方が妥当と思われる。SLptはTp, Mmとは反対に平衡側において1ストロークあたりの筋活動量が有意に($P < 0.01$)多かった。これは作業側より顎頭移動量が大きく、それだけ速度が速いので、非常に不安定な顎頭の位置および速度を調整するためにより平衡側でSLptの筋活動の必要性があったと考える。また一方作業側の上下臼歯間に食物が介在し咀嚼力が加わると、作業側臼歯部が作用点、平衡側顎関節が支点となる。平衡側の顎関節の負担が大きくなる^{50-52,59)}ことから、作業側のTp, Mmの強力な咬合力

に対応して、平衡側の SLpt は支点となる顎頭を固定しなければならないとする考え方も平衡側 SLpt の活動の必要性を説明できる。

以上より時間経過からみて上頭は第一相の機能として関節円板と顎頭の位置と速度を調節し、第二相の機能として咀嚼力を関節結節方向へ向け、関節円板と顎頭を位置付ける。作業側では主として第二相の機能が、平衡側では主として第一相の機能が重要な役割を果たしていることが示唆された。

(2) ILpt, Da

1 ストローク中開口相における筋活動の比率は ILpt は作業側で 50%、平衡側で 70%、Da は両側で 90% 以上であり (図 7, 8), ILpt, Da は平衡側において作業側より筋活動量が多く (図 9), ILpt の平衡側開口相での筋活動量は作業側の 1.5 倍となった。これは解剖的位置関係からも明らかのように、Da は主に開口に関与するのに対し、ILpt は顎頭移動による下顎の前突、側方運動に関与するため、顎頭移動量の多い平衡側で活動量が多くなったと考えられる。

ILpt は作業側の閉口相、咬合相において、1 ストロークのうち約 50% の活動がみられ、特に区間 B で 30% の活動がみられた。クレンチング時に ILpt に中程度の活動がみられるという報告がある^{12,14,56)}。下頭のこの活動は顎頭が後方へ偏位され、敏感な顎頭後部の結合組織に圧が加わるのを防止するため¹⁴⁾あるいは顎頭へ働く力を微調節し、コントロールする役割のため⁵⁶⁾と考える報告があるが、著者は上頭の第二相の機能を補助するための活動と考える。つまり顎頭に加わる咬合力を関節結節方向へ位置付けるためには、走行および付着部位から考えて、上頭が最適であるが、上頭は筋自体が小さいため、大きな咬合力が加わる作業側の咬合相において、ILpt の補助的活動が必要になると考えられる。日比野¹⁶⁾は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、以後咬合力が増加しても筋活動量はほぼ一定であったと報告している。咬合力の増加に伴って、Tp, Mm は活動量が増加するが、SLpt は一定の最大活動量で変化しないとすると、顎頭に作用する咬合力のベクトルが関節結節方向から後上方へ向かう可能性があり、そうなると神経終末の多い関節包後部⁶⁰⁾を圧迫することになり、その情報が中枢を介して ILpt の補助的活動が誘起されると推察できる。

平衡側における ILpt の Tp, Mm より早い onset は SLpt の第一相の機能を補助するための機能であると

思われる。すなわち作業側より大きな応力にさらされている平衡側顎頭を安定するために SLpt と協調して顎頭と関節結節斜面の位置関係を維持していると考えられる。したがって、ILpt は開口に主として関与するが、上頭と協調した下顎安定機能にも関連しており、顎頭の protractor としての顎頭運動にのみ関与するという考え方は適切でないと考える。

V. 結 論

咀嚼時の外側翼突筋上頭、下頭の機能および他の咀嚼筋との協調性を解明するため、筋電図と顎頭運動を記録し分析した結果、以下の結論を得た。

外側翼突筋上頭は咀嚼時の顎頭運動と密接な関連があり、関節円板と顎頭の位置と速度の調節、それらの関節結節斜面に対する位置付け、咀嚼力の作用方向を他の咀嚼筋と協調しながら微妙に調節するなど、円滑な咀嚼運動に対して重要な役割を果たしていることが示唆された。上頭は顎頭運動に対応して二相性の機能が考えられた。すなわち、第一相は主として閉口相においての顎頭の復位運動中、関節円板および顎頭の位置の安定と速度を調整する機能であり、第二相は主として作業側での咀嚼力の増加に対応して、咀嚼力が作用する方向を関節結節に向け、顎頭と関節円板を位置付ける方向変換機能である。また、これらの機能は外側翼突筋下頭の補助的活動により完遂されることも示唆された。

稿を終るに当たり、ご懇篤なるご指導と、ご校閲を賜りました井上 宏教授に深甚の謝意を表します。

また、本研究に何かとご協力くださった教職員ならびに大学院生各位に感謝致します。

さらに、ご協力いただいた被検者各位に厚くお礼を申し上げます。

本論文の要旨は、第 45 回日本口腔科学会総会 (1991 年 5 月 17 日, 京都), 第 85 回日本補綴歯科学会学術大会 (1991 年 5 月 25 日, 福岡) および World Congress on Prosthodontics, Hiroshima, '91 (1991 年 9 月 21 日, 広島) において発表した。

文 献

- 1) 吉田和也, 兼平治和, 前田照太ほか: ヒト外側翼突筋上頭の筋電図 2. 顎頭運動と筋活動との関係, 補綴誌, 35・85 回特別号: 123, 1991.

- 2) 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.
- 3) Gross, B.D. and Lipke, D.P.：A technique for percutaneous lateral pterygoid electromyography, *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 19：47～55，1979.
- 4) Juniper, R.P.：The superior pterygoid muscle ?, *Br J Oral Surg*, 19：121～128，1981.
- 5) Lehr, Jr., R.P. and Owens, Jr., S.E.：An electromyographic study of the human lateral pterygoid muscles, *Anat Rec*, 196：441～448，1980.
- 6) Lapeyre, L.：Exploration fonctionnelle du muscle ptérygoïdien latéral, Thèse 3ème Cycle Sc. Odont., Montpellier 1, 1～214，1980.
- 7) Juniper, R.P.：Electromyography of the two heads of external pterygoid muscle via intra-oral route, *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 23：21～33，1983.
- 8) Koole, P., Beenhakker, F. and Brongersma, A.J.：Electromyography of the lateral pterygoid muscle, *J Oral Rehabil*, 10：447～448，1983.
- 9) Mahan, P.E., Wilkinson, T.M., Gibbs, C.H. et al：Superior and inferior bellies of the lateral pterygoid muscle EMG activity at basic jaw positions, *J Prosthet Dent*, 50：710～718，1983.
- 10) Juniper, R.P.：Temporomandibular joint dysfunction：A theory based upon electromyographic studies of the lateral pterygoid muscle, *Br J Oral Maxillofac Surg*, 22：1～8，1984.
- 11) Koole, P., Beenhakker, F., Brongersma, A. J., et al：Electromyography before and after treatment of TMJ dysfunction, *J Craniomandib Pract*, 2：326～332，1984.
- 12) Gibbs, C.H., Mahan, P.E., 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.
- 13) 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*，86：933～969，1986.
- 14) 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.
- 15) Liu, ZJ, Wang, HY and Pu, WY：A comparative electromyographic study of the lateral pterygoid muscle and arthrography in patients with temporomandibular joint disturbance syndrome sounds, *J Prosthet Dent*, 62：229～233，1989.
- 16) 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.
- 17) 高橋庄二郎，柴田孝典：顎関節症の基礎と臨床，60～67，日本歯科評論社，東京，1986.
- 18) Krogh-Poulsen, W.G.：In Solberg, W.K. and Clark, G. T.：Temporomandibular joint problems, 90～91, Quintessence Publish. Co., Chicago, 1980.
- 19) Klett, R.：Zur Biomechanik des Kiefergelenkknackens, I. Diskusfunktion bei exzentrischem Bruxismus, *Deutsch Zahnärztl Z*, 40：206～210，1985.
- 20) Klett, R.：Zur Biomechanik des Kiefer gelenkknackens, II. Diskusverlagerung durch muskuläre Diskoordination, *Deutsch Zahnärztl Z*, 41：308～312，1986.
- 21) Klett, R.：Zur Biomechanik des Kiefer gelenkknackens, III. Ätiologie der exzentrischen und zentrischen Diskus luxation, *Deutsch Zahnärztl Z*, 41：684～692，1986.
- 22) 福田順直，吉田和也，井上 宏ほか：ヒト外側翼突筋上頭へのEMG電極刺入に関する基礎的検討，*補綴誌*，34：902～908，1990.
- 23) 井上 宏，福田順直，吉田和也ほか：ヒト外側翼突筋上頭の筋電図 1. 導出法について，*補綴誌*，35・85 回特別号：122，1991.
- 24) 吉田和也，福田順直，高橋礼太郎ほか：ヒト外側翼突筋上頭への筋電図電極刺入方法，*補綴誌*，36：88～93，1992.
- 25) 藍 稔，中村和夫，松浦基一ほか：外側翼突筋上頭起始部の位置に関する解剖学的検討，*補綴誌*，25：288～294，1981.
- 26) 吉村 宏：骨格性下顎前突患者の咀嚼運動に関する筋電図学的研究，*歯科医学*，45：337～356，1982.
- 27) Rees, L.A.：The structure and function of the mandibular joint, *Br Dent J*, 96：125～133，1954.
- 28) Honée, G.L.J.M.：The anatomy of lateral pterygoid muscle, *Acta Morphol Neerl Scand*, 10：331～340，1972.
- 29) Williams, P.L. and Warwick, R.：Gray's anatomy 36th ed, Churchill Livingstone Edinburgh London Melbourne New York, 534～535，1980.
- 30) 井原邦夫：ヒトの顎関節の線維構築，*北関東医学*，31：99～116，1981.
- 31) 石橋克禮：顎関節の臨床解剖，*歯界展望*，41：1007～1014，1973.
- 32) 杉崎正志，小守英一，中沢正博ほか：経頭蓋法による外側翼突筋の解剖学的観察ならびに文献的考察，*日口外誌*，32：718～730，1986.
- 33) Sicher, H.：Oral Anatomy, 4th ed., C.V. Mosby Co., St. Louis, 169～190，1965.
- 34) DuBrul, E.L.：Sicher's Oral Anatomy, 7th ed, C.V. Mosby Co., St. Louis, 153～154，1980.
- 35) Meyenberg, K., Kubik, S. and Palla, S.：Relationship of the muscles of mastication to the articular disc of the temporomandibular joint, *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 96：815/1～834/20，1986.
- 36) Moritz, T. and Ewers, R.：Der Ansatz des Musculus

- pterygoideus lateralis Kiefergelenk des Menschen Eine histologische Untersuchung, *Deutsch Zahnärztl Z*, 42 : 680~685, 1987.
- 37) Wilkinson, T.M. : The relationship between the disc and lateral pterygoid muscle in the human temporomandibular joint, *J Prosthet Dent*, 60 : 715~724, 1988.
 - 38) Carpentier, P., Yung, J.P., Bonnet, R.M. et al : Insertions of the lateral pterygoid muscle : An anatomic study of the human temporomandibular joint, *J Oral Maxillofac Surg*, 46 : 477~482, 1988.
 - 39) 尚原弘明 : ヒト外側翼突筋の形態に関する肉眼的ならびに顕微解剖学的研究, *鶴見歯学*, 15 : 1~26, 1989.
 - 40) Pinkert, R. : Die Beziehungen zwischen dem M. pterygoideus lateralis und dem Discus articularis und deren Bedeutung für die Bewegungen im Kiefergelenk, *Zahn Mund u Kieferheilk*, 72 : 553~558, 1984.
 - 41) Talmant, J. and Duchateaux, C. : Données nouvelles concernant la physiologie des ptérygoïdiens latéraux, *Cahiers d'Odonto-Stomatologie*, 6 : 73~76, 1974.
 - 42) Krogh-Poulsen, W. and Troest, T. : Form und Funktion im stomatognathen System, edited by Hupfau, Funktionsstörungen des Kauorgans, 11~25, Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 1991.
 - 43) 河野正司 : 下顎の矢状面内運動に対応する顎頭運動の研究 第 2 報 マルチフラッシュ装置による矢状面運動軸の解析, *補綴誌*, 12 : 350~380, 1968.
 - 44) 長谷川成男, 藍 稔, 河野正司ほか : 下顎限界運動における全運動軸の立体的測定, *補綴誌*, 19 : 434~443, 1975.
 - 45) 塩澤恭朗, 林 豊彦, 野村修一ほか : 下顎任意点の運動解析, 第一報 測定システム, *補綴誌*, 25 : 499~507, 1981.
 - 46) Gibbs, C.H. and Lundeen, H.C. : Jaw movements and forces during chewing and swallowing and their clinical significance, 2~32, *Advances in occlusion*, edited by Lundeen, H.C. and Gibbs, C.H., John Wright PSG Inc., Boston, 1982.
 - 47) Wyke, B.D. : Neuromuscular mechanism influencing mandibular posture : a neurologist's review of current concepts, *J Dent*, 2 : 111~120, 1973.
 - 48) 木野孔司 : 円板後部結合組織, 上村修三郎, 杉崎正志, 柴田孝典編, 顎関節小辞典, 28~31, 日本歯科評論社, 東京, 1990.
 - 49) Dauber, W. : Die Nachbarschaftsbeziehungen des Discus articularis des Kiefergelenks und ihre funktionelle Deutung, *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 97 : 427~437, 1987.
 - 50) 窪木拓男 : 顎関節部負荷ならびに顎関節構造の対負荷特性に関する生物力学的研究 第 1 編 近似的顎関節負荷モデルの構築, *岡山歯学会雑誌*, 9 : 179~195, 1990.
 - 51) 窪木拓男 : 顎関節部負荷ならびに顎関節構造の対負荷特性に関する生物力学的研究 第 2 編 片側かみしめ時ならびに片側咀嚼時における顎関節部負荷の導出およびその検証, *岡山歯学会雑誌*, 9 : 197~217, 1990.
 - 52) 窪木拓男 : 顎関節部負荷ならびに顎関節構造の対負荷特性に関する生物力学的研究 第 3 編 実験的顎関節部負荷が顎関節構造に及ぼす影響, *岡山歯学会雑誌*, 9 : 219~227, 1990.
 - 53) Koole, P., de Jongh, H.J. and Boering G. : A comparative study of electromyograms of the masseter, temporalis, and anterior digastric muscles obtained by surface and intramuscular electrodes : raw-EMG, *J Craniomandib Pract*, 9 : 228~240, 1991.
 - 54) Woelfel, J.B., Hicky, J., Stacy, R.W. et al : Electromyographic analysis of jaw movements, *J Prosthet Dent*, 10 : 688~697, 1960.
 - 55) 井上 宏, 西川久義, 西浦 恂 : ヒト外側翼突筋の筋電図 その 7. Chewing motion への関与, *補綴誌*, 33・81 特別号 : 56, 1989.
 - 56) Wood, W.W. : A review of masticatory muscle function, *J Prosthet Dent*, 57 : 222~232, 1987.
 - 57) 木村明祐 : 有限要素法による顎関節の応力解析, *日口外誌*, 36 : 1180~1196, 1990.
 - 58) Eriksson, P.O., Eriksson, A., Ringqvist, M. et al : Special histochemical muscle fiber characteristics of the human lateral pterygoid muscle, *Arch Oral Biol*, 26 : 495~507, 1981.
 - 59) Hylander, W.L. and Bays, R. : An in vivo strain-gauge analysis of the squamosal-dentary joint reaction force during mastication and incisal biting in *Macaca mulatta* and *Macaca fascicularis*, *Arch Oral Biol*, 24 : 689~697, 1979.
 - 60) Thilander, B. : Innervation of the temporomandibular joint capsule in man, *Trans Roy Dent Sch*, 6 : Suppl 7, 1~67, 1961.