

シンポジウム

生理的立場からみた咬合

森本 俊文

大阪大学歯学部口腔生理学教室

はじめに

咬合時の下顎位は生体にとってどのような意味をもつ位置なのであろうか。わたくし共は上下歯の存在することが自然に咬合の高さあるいは下顎位を決めていると考えがちである。しかし、歯の萌出がこの位置で止まるように遺伝的に決定されたものでないことは、対合歯がなければ歯はさらに挺出してくることから明らかである。このように、咬合の高さが咬頭嵌合位として一定した位置で滞まることを考えると、その位置に滞まるべき生理的意味があると思われる。ここでは、わたくしたちの行ったヒトでの実験結果に基づいて、咬頭嵌合位のもつ生理的意義を下顎位の感覚と下顎運動の面から考察することとした。

下顎位感覚と咬合

まず、咬合感覚を考えると、有歯顎の人は自分の歯の咬合について高いあるいは低いという感覚を通常は意識しない。また総義歯を作製する場合、患者がその義歯に満足するためには、少なくともその咬合高径が患者にとって高すぎもせず低すぎもしない高さ、すなわち不快感を生じない高さに設定されるのが通例である。そこで、無歯顎者を対象として、咬合時の下顎の位置感覚面からみて、咬合高径として受け入れられる下顎位の範囲を求めた。

被験者は、顎口腔系に異常が認められない無歯顎者3名とし、被験者にとってちょうどよいと感じられる咬合高径の範囲を求めた。まず、各被験者に対して咬合高径を変化させることが可能な実験用咬合床を製作した(図1)。下顎基礎床の前歯部および両側臼歯部に金属製の内冠を取り付け、そこへ種々の高さのレジンブロックをはめ込むことによって咬合高径を変化させた(図2)。その咬合高径は使用中の義歯を基準として、4 mm 低い位置から 4 mm 高い位置まで 1 mm 間隔で高さの異なる 9 種類とし、低い方から 1, 2, 3, … 9 と設定した。次に、9 種類のブロックをおのおの 10

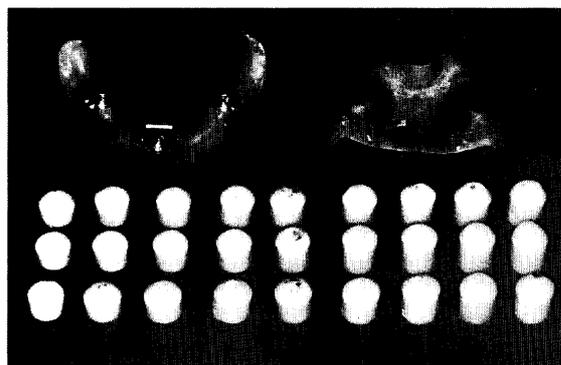


図1 咬合感覚テスト用咬合床と9対のレジンブロック

図2 レジンブロックを前歯部と臼歯部に装置したところ

回ずつランダムな順序で計 90 回口腔内に装着し、それが高く感じられるか、低く感じられるか、あるいはちょうどよいと感じられるかの回答を求めた。

図3のグラフは、被験者1における結果を示している。横軸にはブロックの高さが低い方から順にスコアを、縦軸には 10 回の試行のうち何回その回答が得られたかの比率を示している。■, ▲, ●はそれぞれ「高く感じる」、「ちょうどよい」、「低く感じる」の3種類の回答を示す。この方法は知覚心理学で恒常性と呼ばれる方法であるが、この例で 50% の確率で「高い」あ

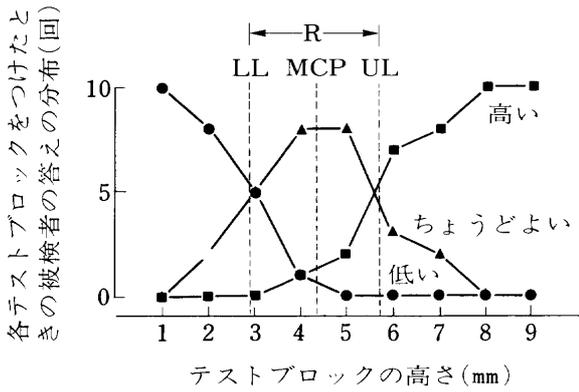


図 3 咬合感覚テスト結果の1例

LLとUL:「高く感じる」および「低く感じる」感覚の50%弁別閾, MCP:LLとULの中間値(計算上の「最もよいと感じる」下顎位), R:ULとLLとの差. この範囲内に咬合高径があると被験者は不快感を感じないと考える.

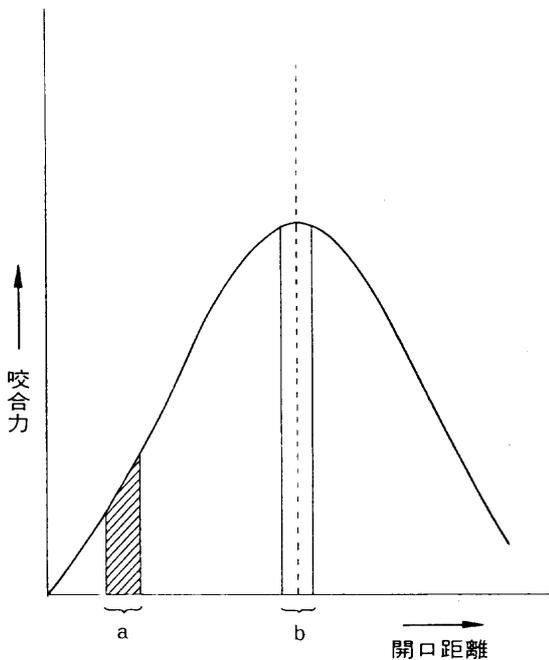


図 5 開口度と咬合力関係の模式図

図4に示した Manns ら⁵⁾の実験結果と著者らの結果(図中のaで示した中心咬合位付近での関係, 未発表)を合わせて示したもの. なお, 最も有効に咬合力を発揮できる位置をbで示した.

るいは「低い」と感じられる弁別閾を計算で求めるとそれぞれ 5.7 mm, 2.9 mm となった.

そこでこの被験者にとって高くもなく, 低くもなく「ちょうどよい」と感じられる咬合の高さの範囲を comfortable zone (CZ) とよび, その値を以下 R で表すと, R はこれら2つの弁別閾の差の 2.8 mm として求められる. さらに, これら2つの弁別閾の中央値を計算上の最適咬合位(以下 MCP) とすると, その値

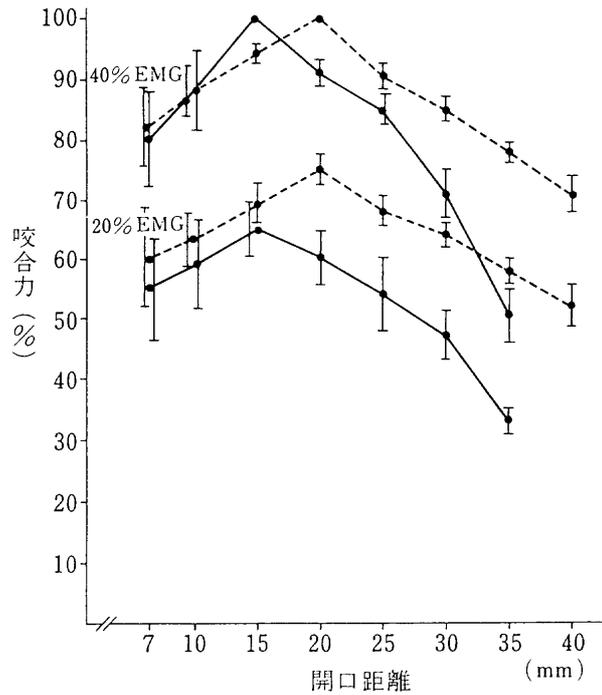


図 4 筋活動量を一定に保った状態下における開口度と咬合力の関係

7 mm 開口における最大噛みしめ時の咬筋の筋活動を 100% として, その 20% および 40% になるように各開口度で咬合させた時の力を測ると, 開口度が 15 mm の時(実線)あるいは 20 mm の時(点線)に咬合力が最大となった.

(Manns ら⁵⁾より引用)

は 4.3 mm となる. この位置は, 被験者が使用している義歯の咬合高径にきわめて近い. ほかの 2 人の被験者についても同様の実験を行い, R として 2.6 mm および 1.4 mm が得られた. これらの CZ の値は, これまでに同様な方法で求めた値とほぼ同じである⁸⁾. したがって, ヒトが「ちょうどよい」と感じる下顎位については約 3 mm の幅があると考えてもよいであろう. 臨床的に他の方法で決定される咬合高径はおそらくこの範囲内に納まるであろう. 逆に, この範囲から外れた位置に咬合高径を設定すれば, 「高すぎる」か「低すぎる」と感じることになる.

下顎の位置感覚は主として閉口筋中の筋紡錘によって伝えられる^{2,7)}ので, CZ の決定もこの感覚受容器によると考えられる. しかし, 下顎位の相違(開口度の相違)によってなぜ快・不快の感覚を生じるのかそのメカニズムは不明である.

下顎位と咬合力・咀嚼力

次に運動面から見ると, 咬合時の下顎位はどのような意義をもつのであろうか? 上記のような不快感を生じない咬合位は, 単に感覚面から受け入れられるだけでなく, 下顎運動の面からも都合のよい下顎位であ

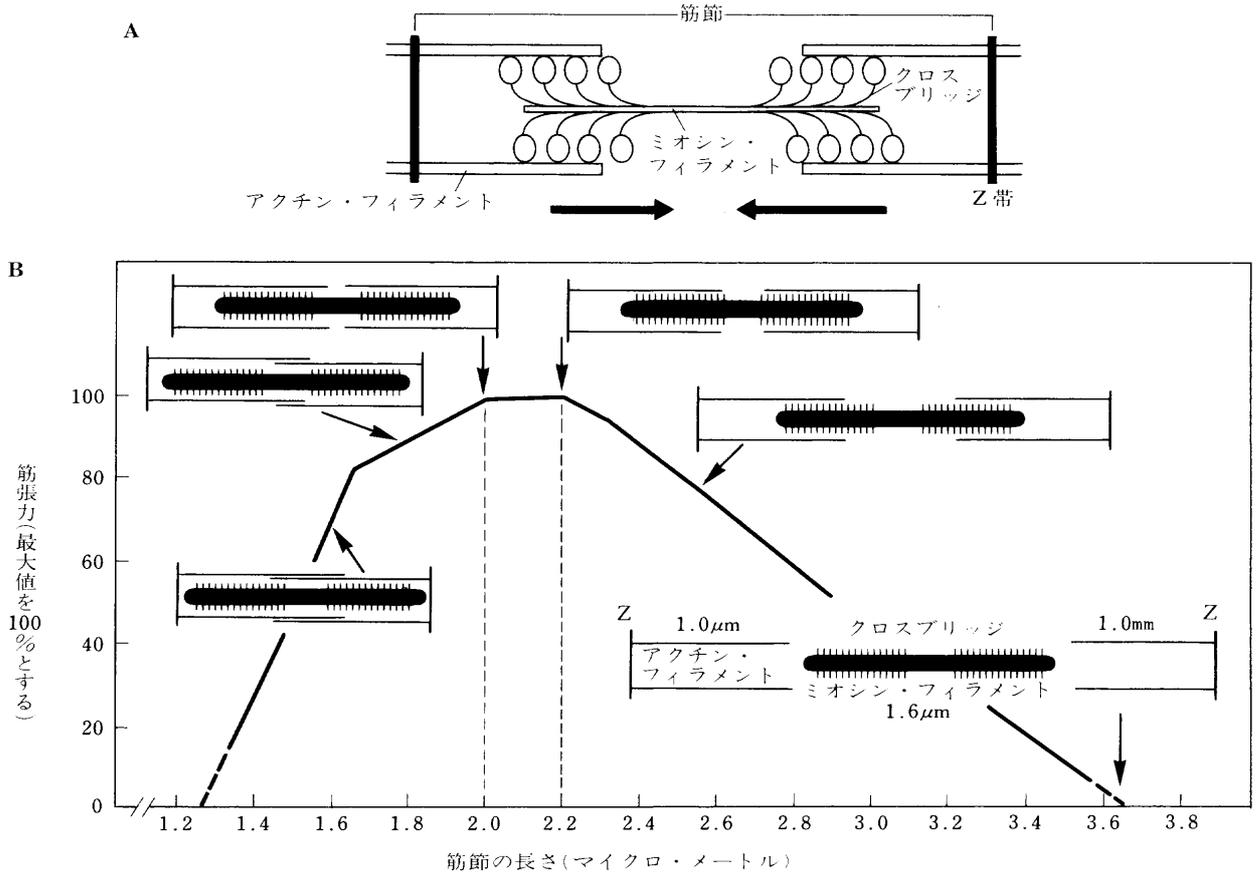


図6 筋収縮の単位として筋節の分子構造 (A) と筋節の長さ と筋張力との関係 (B) ミオシンフィラメントの間のできるクロスブリッジの数が最大の時、筋張力が最大となる。(Gordon ら³⁾より引用)

ると推察される。事実、歯のタッピングを素早く行わせると、咬頭嵌合位付近で最も巧みに行われるとの報告⁹⁾がある。

下顎の垂直的な位置感覚を伝える筋紡錘は、下顎張反射の感覚受容器でもあることから、下顎の位置感覚と運動機能との関係が深いのは当然のことと思われる。咬合時の下顎位は、このような咀嚼時の強い力が発揮されるのに都合のよい位置に決定されているのではないと思われる。すなわち、咬合高径は咬合力や咀嚼力と関係が深いと考えられる。

咬合高径を変化させた場合の咬合力に及ぼす影響については、これまでにいくつかの報告がある。Boos⁴⁾は無歯顎者において開口度の変化が最大咬合力に影響することを認め、最大咬合力を発揮し得る下顎の位置が下顎安静位に近いと考えた。一方、Manns⁵⁾らは有歯顎者について開口度(上下犬歯間距離)を7~40 mm までの間で 5 mm 間隔に変化させて咬合力と咬筋筋電図活動量との関係を求めた。その結果、各開口度で咬筋筋活動量の大きさが最大値の 40% (40%EMG) および 20% (20%EMG) に維持するよう咬合力計を噛ませると、15~20 mm の開口度(犬歯一犬歯間距離)で咬合力は最大となった(図4)。これとは逆に、咬合

力を 10 kg および 20 kg の一定値にそれぞれ維持した場合には、開口度 15~20 mm で閉口筋活動量は最小となり、これより開口度が大きくても小さくても、筋活動量は大きくなることを認めている。これらの結果は開口度が 15~20 mm の時に最も効率よく咬合力を発揮することができることを示唆している。事実、Mackenna and Türker⁶⁾は 17 mm の開口度で最大咬合力が最高値をとることを報告している。

また、最近 Lindauer ら⁴⁾は第一大臼歯部での開口度が 9~11 mm の時、筋活動の変化が最も効率良く咬合力の変化として反映されることを報告している。この開口度は Manns ら⁵⁾の犬歯間での開口度にほぼ等しい。

上記のような咬合時の筋活動は脳の側からみると運動ニューロンの活動を表わしているのだから、筋活動の変化が僅かであることは運動ニューロンの活動量の変化が僅かであることを意味している。すなわち脳の出力変化は小さいのに発揮される咬合力の変化が大きいことは、力の調節がきわめて効率よく行われることを示している。

Manns ら⁵⁾および Lindauer ら⁴⁾は有歯顎者を対象

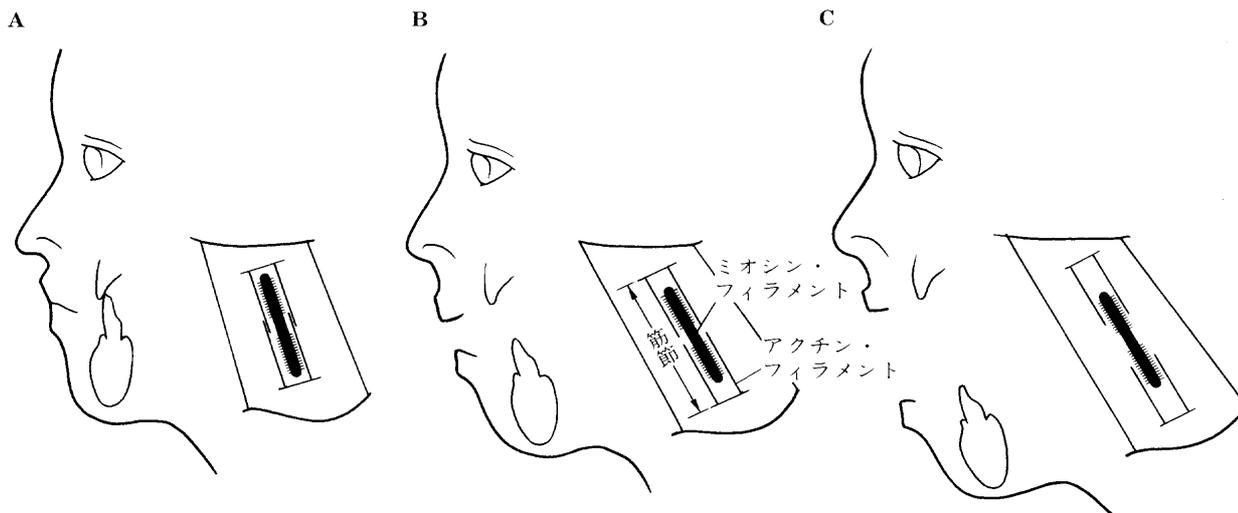


図7 3つの異なる開口病 (A, B, C) と閉口筋筋節の長さとの関係

図4, 7における開口度と咬合力との関係をミオシンフィラメントとアクチンフィラメント間のクロスブリッジ数で説明する模式図。

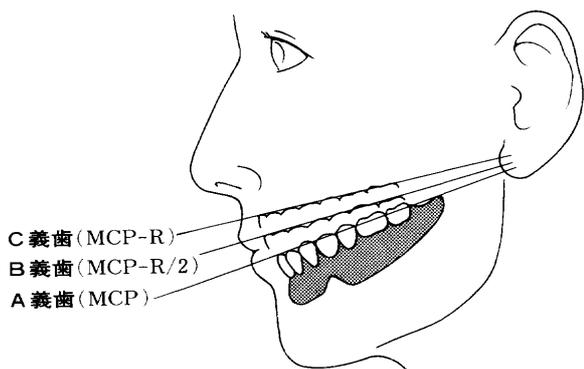


図8 異なる咬合高径をもつ3種類の義歯

A: 咬合高径をMCPにとった義歯, B: 咬合高径をMCPより1/2 Rだけ低くした義歯, C: 咬合高径をMCPよりRだけ低くした義歯。患者はC義歯の咬合高径を低いと感じているが, A, B義歯については違和感を訴えない。

としたため咬頭嵌合位付近での開口度の相違と咬合力との関係が不明である。最近、わたくし共はこの点を明らかにするために無歯顎者について開口度と咬合力との関係を調べている。その結果、咬頭嵌合位の付近は、咬合力や閉口筋活動量などの運動面からはBoosの報告¹⁾のような特定の下顎位とは考え難く、図5に示すように咬合位付近でも開口度の減少とともに咬合力は減少し、逆に閉口筋活動量は増大することの証拠を得ている。このように開口度の違いによって咬合力および噛みしめ時の閉口筋活動量が影響を受ける生理機構の1つとして分子レベルでの筋収縮機構の関与が考えられる。

すなわち、筋収縮を分子レベルでみると図6に示す

ように太いミオシン蛋白フィラメントの間を細いアクチン蛋白フィラメントが滑り込んでいくことであるが、もし、筋の長さを固定してこの滑り込みを制限したり、逆に大きく滑り込みを許すと最適の滑り込みの長さの場合に比較して発生する筋張力は減少することが知られている(図6-B)。

開口度が第一大臼歯間で約10mmの時最も効率良く咬合力が発揮できることは、この開口度で閉口筋の筋フィラメントは総体的に最適の滑り込みができる筋長に近いのであろうと考えられる(図7)。この考えに基づくと咬合の高さは咬合力を最も有効に発揮できる下顎位から逆に約1cm閉口した位置にあるといえる。

それではこのような位置に咬合高径がある意義は何であろうか。木の実やアメ玉のような硬い食物を噛み砕く時には、咀嚼力を最も効率良く発揮できる(したがって、最大咬合力を最大に発揮しやすい)下顎位が、咬合位よりも開口した位置にあるのは合理的であろう。逆に咬頭嵌合位は力の面からみれば最も効率の良い位置ではない。van EijdenとRaasheer¹⁰⁾は咬合状態におけるヒト咬筋の筋長を組織学的に計測してこの考えを支持している。

また、開口度と咬合力の関係はまた、食物を咀嚼する時の咀嚼力と開口度との関係にも影響を与えている。無歯顎者についてすでに図1~3に示したような咬合感覚の実験から、まずCZ(comfortable zone)を決め、MCP(最適咬合位)とR(CZの範囲)とを求める。その結果に基づいて各被験者に3段階の異なる咬合高径(①MCP, ②MCP-1/2R, ③MCP-R)をもつ3つの義歯を作製する(図8)。以後、それぞれをA義歯, B義歯, C義歯とよぶ。A義歯, B義歯を装着したときには、被験者は咬合の高さにとくに不満

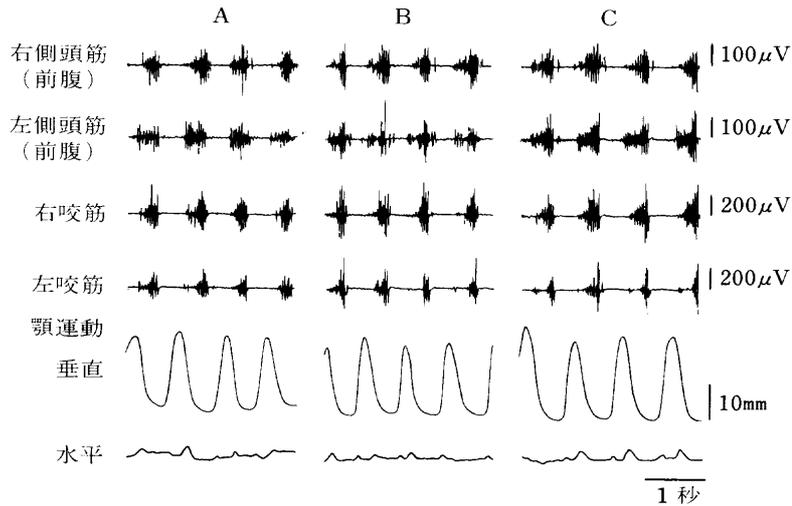


図9 A, B, Cの3種類の咬合高径の異なる義歯でグミゼリーを咀嚼したとき左右の閉口筋の活動
AからCに, 咬合が低下するほど閉口筋活動が高まっている。

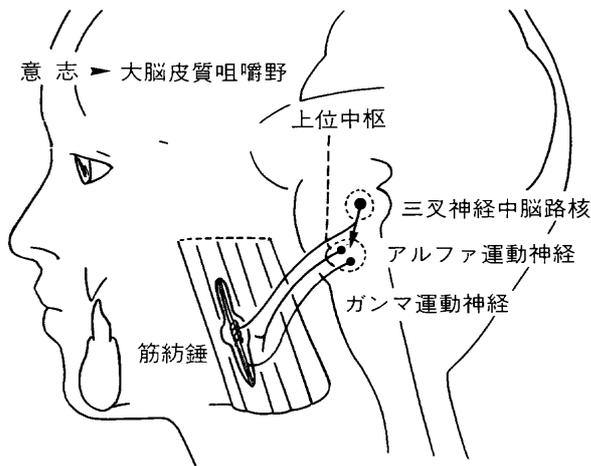


図10 低い咬合高径の義歯で咀嚼した時に, 閉口筋活動が増加する機構

すでに図5で説明したと同様に, 咬合高径が低下すると下顎張反射を介する閉口筋への間接的入力には減少する。グミゼリーを噛むときにはこのような間接的な筋活動の低下を補う必要があるため, 位中枢から直接的に閉口筋運動ニューロンの活動を高める。それによって閉口筋活動が増加すると考えられる。

を訴えないが, C義歯を装着したときには「低い」と感じていた。咬合高径の調節は上顎義歯床の, 人工歯部のみを取り替えることによって行った。なお, 各義歯間で咬合接触状態がほぼ等しくなるように調節した。

ついで, 各義歯を装着し, グミゼリーを咀嚼させたときの左右側頭筋前部および咬筋浅層中央部から筋電図を, また顎運動をキネジオグラフを用いて記録した。A, B, Cと義歯の咬合高径が低下するにしたがって, 咬頭嵌合位は上方に偏位するが, 最大開口点はほぼ一

定であり, 咬合高径の減少分だけ開口量が増加していた。

図9にはA, B, Cの3種類の義歯を装着した時のグミゼリー咀嚼時の1ストロークあたりの筋活動量を示した。咀嚼側の側頭筋, 咬筋では, 咬合高径が低下するにしたがって筋活動量が増大した。すなわち, 被験者が低いと感じるまで咬合高径を低下させると, 咀嚼時において, 閉口筋活動量が有意に増大した。

その理由は, 図10のように考えることができる。まず咬合高径の低下によって, 咬みしめ時の筋紡錘からの感覚性出力が低下することにより, 下顎張反射を介する閉口筋への反射性入力低下する。一方, グミゼリーを咀嚼するという仕事量は, 咬合の高さにかかわらず一定なので, 下顎張反射を介する閉口筋への入力の減少分を補うために上位中枢からの出力が増大して, その結果, 閉口筋活動が高まるのではないかと推察される。

ま と め

本章では有歯顎者でも義歯装着者でも咬合高径は咬合感覚の面からは「ちょうどよい」と感じられる下顎位にあること, また咬合力・咀嚼力などの運動面からみれば最大力を発揮できる開口度から第一大臼歯部において約1cm閉口した下顎位にあることを述べた。咬合感覚面から「ちょうどよい」位置が最大力を発揮できる下顎位と一致しないことについて合目的には次のように考えることができよう。もし, 咬頭嵌合位付近で最も効率よく力が発揮でき, その位置から開口度が大きくなる程, 効率が低下するとすれば, 大きくて硬い食物を粉碎するためには非常に強力な咀嚼筋を必要とする。一方, 咬頭嵌合位(開口度が0付近)では, すでに粉碎された食物を臼磨するための力を必要とす

るが、それは粉碎に要する力に比べれば弱くてもよいと思われる。そうすると硬い食物粉碎時に要する一過性の大きい力を発揮できる下顎位を咬頭嵌合位より開口した位置に設定するのは合目的であろう。

下顎の位置感覚は主として閉口筋中の筋紡錘によって伝えられると考えてよい。一方、筋紡錘は下顎張反射弓の感覚受容器でもあるので咬合力や咀嚼力の調節にもかかわっている。このように考えると、おそらく咬合高径は筋紡錘に著しい弛みを生ずることなく有効に力を発揮できるような下顎位に設定されていると推察できる。

文 献

- 1) Boos, R. H. : Intermaxillary relation established by biting power [A] , JADA 27 : 1192-1199, 1940.
- 2) Broekhuijsen, M. L. and van Willigen, J. D. : Factors influencing jaw position sense in man, Archs Oral Biol 28 : 387-391, 1983.
- 3) Gordon, A. M., Huxley, A. F. and Julian, F. J. : The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fiber, J Physiol Lond 184 : 170-192, 1966.
- 4) Lindauer, S. J., Gay, T. and Rendell, J. : Effect of jaw opening on masticatory muscle EMG-force characteristics, J Dent Res 72 : 51-55, 1993.
- 5) Manns, A., Miralles, R. and Palazzi, C. : EMG, bite force, and elongation of the masseter muscles under isometric voluntary contractions and variations of vertical dimension, J Prosth Dent 42 : 674-682, 1979.
- 6) Mackenna, B. R. and Türker, K. S. : Jaw separation and maximum incising force, J Prosth Dent 49 : 726-730, 1983.
- 7) Morimoto, T. : Mandibular position sense in man. In Frontiers of Oral Physiology, vol. 4 "Oral Sensory Mechanisms" (ed.) Kawamura, Y., 80-101, Karger, Basel, 1983.
- 8) Morimoto, T., Matsushiro, H. and Takabe, H. : Physiological characteristics of the comfortable mandibular position, (ed) Kubota, K., Nakamura, Y. and Schumacher, G. H., Jaw Position and Jaw Movement, 62-72, VEB, Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 1980.
- 9) 佐藤憲男 : 運動の巧みさからみた下顎位の機能的検索, 補綴誌 22 : 734-754, 1976.
- 10) van Eijden, T.M.G. and Raadsheer, M. : Heterogeneity of fiber and sarcomere length in the human masseter muscle, Anat Rec 232 : 78-84, 1992.