原著論文

ヒトの咀嚼運動の調節における歯根膜感覚の関与

加野 精一

Involvement of Periodontal Sensation in Regulation of Masticatory Movement in Man

Seiichi Kano

Abstract : This study was designed to examine the role of periodontal sensation in regulation of the masticatory movement in man. The periodontal sensation on the preferred chewing side was blocked by infiltration anesthesia induced at the upper and lower first molars. The subjects were requested to chew the chewing gums with three different hardness before and after anesthesia, and the masticatory movement and electromyographic activities were analyzed.

Only the maximal vertical and anteroposterior displacements were affected by anesthesia in the chewing test of all the three kinds of gum. However, other parameters of masticatory movement and chewing rhythm were only slightly affected by anesthesia. Whether statistically significant or not, the effect of anesthesia was more pronounced in chewing of soft and medium-hard gum. In chewing of hard gum, masticatory movement tended to be free from the effect of anesthesia. The muscle activity was diminished, although without a significant difference, by anesthesia. The ability of hardness discrimination was also not affected by anesthesia.

The above results suggested that in chewing of soft foods, the periodontal sensation plays an important role in regulation of the masticatory movement but in chewing of hard foods, the sensation of other tissues, e.g., muscle, is likely to be involved in regulation of the masticatory movement in man.

Key words : masticatory movement, muscle activity, periodontal sensation, local anesthesia, gum hardness

I. 緒 言

動物における基礎的実験から、咀嚼運動リズムは末梢からの入力がなくとも中枢に存在するパターンジェネレ

ーターの働きにより独立して行われることが知られている^{1~3)}。しかし一方では、試験食品の性状によって咀嚼運動が異なることもいわれている^{4,5)}。また、ヒトにおいても食品の持つ硬さや粘着性などのテクスチャー^{6~8)}、あるいは味覚⁹⁾によって咀嚼運動は影響を受けることが報告されている。

最近、Pleshら¹⁰⁾、東¹¹⁾、有住¹²⁾は、食品のテクスチャーのうち特に食品の硬さの咀嚼運動への影響をより詳細に検討するため、硬さの異なるチューインガム（以下、ガムと略す）咀嚼時の咀嚼運動を調べている。その

朝日大学歯学部歯科補綴学第1講座（主任代行：藤井輝久教授）

First Department of Prosthodontics, Asahi University
School of Dentistry (Chief: Prof. Teruhisa Fujii)
平成3年5月16日受付

結果、ガムの硬さに対応した咀嚼運動や咀嚼筋活動がみられたことを明らかにしている。

このような、食品の硬さに対応した咀嚼運動や筋活動量の調節に関しては、機能的顎口腔系¹³⁾を構成するところの歯根膜、咀嚼筋および顎関節からの感覚情報が関与していると考えられる。

Lund ら¹⁴⁾は、ヒトの歯に麻酔を行った場合、咬合力が低下することから歯根膜には咬筋の運動ニューロンへのポジティブフィードバックが存在すると述べている。食品の硬さに対応した筋活動量の増加には、この歯根膜からのポジティブフィードバックが重要な役割を演じているのではないかと考えられる¹⁰⁻¹²⁾。

この点に関して井上¹⁵⁾は、ウサギにおける実験で歯根膜感覚を遮断し上下顎臼歯部にポリウレタン・シートを挿入した場合、咬筋筋活動量が歯根膜感覚遮断前に比べて減少したことから、この筋活動量の減少には歯根膜からのポジティブなフィードバックが関与しているのではないかと考察している。Lavigne ら¹⁶⁾も、歯根膜感覚遮断による咀嚼時の筋活動の減少から歯根膜にはポジティブなフィードバックが存在すると述べている。

一方、西塔¹⁷⁾も、ウサギにおいて歯根膜感覚を遮断した場合、開口優位性顎運動においては、硬さの相違に対応した変化は認められなくなり、歯根膜感覚は咀嚼運動の調節に重要な役割を果たすことを報告している。

しかしながら、このように動物で実証された歯根膜感覚による咀嚼運動の調節について、ヒトにおいて臨床的に検証した報告はほとんどみられない¹⁸⁾。そこで著者は、ヒトにおいて咀嚼側の上下顎第1大臼歯部に浸潤麻酔を行うことにより歯根膜感覚を遮断し、その前後において硬さの異なるガムを咀嚼させた場合の咀嚼運動を比較し、ヒトの咀嚼運動の調節に歯根膜感覚がどのように関与しているかについて検討した。その結果、咀嚼運動の調節への歯根膜感覚の関与は食品の硬さによって異なる可能性が示唆される所見を得たので報告する。

II. 実験材料および方法

実験は、顎口腔系に異常がなく正常な歯列、咬合関係を有する青年男子7名(年齢22~27歳、平均年齢24.3歳)の被験者の協力により行った。

1. 被験食品

被験食品には、ロッテ中央研究所で製作した試作のチューインガムを用いた。このガムは糖分や香料を含まず

咀嚼に伴う硬さや重量の変化がほとんどない。ガムの硬さは3段階であり、市販のガムを1分間咀嚼した場合の硬さと同じものをミドルガム、これよりも軟らかいものをソフトガム、硬いものをハードガムとした。このガムの物性の詳細については、すでに有住¹²⁾が報告している。

2. 下顎運動および筋電図の記録方法

下顎運動の記録には、マンディブラーキネジオグラフ K5AR(マイオトロニクス社)と MKG アナライザー(マイオトロニクス社)を用いた。

筋電図の記録には、生体用多用途監視記録装置(日本光電社製 RM-6000)とデータレコーダー(テアック社製 XR-510)を用いた。筋電位の誘導は、両側咬筋および側頭筋前部より行い、銀製血電極により双極誘導した。

ガムは実験前に 37°C の恒温槽中に保管しておいた。まず、ミドルガムを被験者に3分間咀嚼させた後に、習慣性咀嚼側で41ストロークの咀嚼運動を、5分間の休憩をはさんで3回記録した。その後同様の方法にて、ソフトガムでの記録を行い10分間の休憩をはさんで、ハードガムでの記録を行った。

3. 歯根膜感覚の遮断法

以上の実験終了後に、習慣性咀嚼側の上下顎第1大臼歯部にエピネフリン含有塩酸リドカイン(藤沢製薬製キシロカイン)で浸潤麻酔を行い、その後上記と同様に咀嚼運動および筋電図を記録した。

なお、麻酔効果の判定は実験の開始前と終了後に歯髄診断器(ヨシダ社製アナリティックパルプテスター)で行った。

4. 分析方法

1) 咀嚼運動

記録した咀嚼運動および筋電位はサーマルアレイレコーダー(日本光電社製 WS-682 G)を用いて再生した。

再生した記録紙上で咀嚼運動の移動量パラメーター(最大開口距離、最大前後移動距離、最大側方移動距離)、速度パラメーター(最大開口速度、最大閉口速度)、時間パラメーター(開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、咀嚼周期)について、図1に示した計測基準にて各パラメーターを測定した。

2) 筋電図

(1) 咀嚼リズム

再生した作業側咬筋の筋電図記録から咀嚼リズム(筋

活動持続時間、筋放電間隔、咀嚼周期)を求めた¹⁹⁾。

(2) 積分値

記録した筋電位を多用途積分ユニット(日本光電社製 E1-600 G)を通し、全波整流・積分後にリセット回数を数えることにより積分値を求めた。

(3) コーディネーションパターン

さらに筋電図からはコーディネーションパターンについて検討した。すなわち、作業側咬筋の筋活動の開始と停止に対する各筋の筋活動の開始と停止の時間的な差を測定した¹²⁾。

図1 咀嚼運動の分析方法

- 1: 最大開口距離, 2: 最大前後移動距離,
3: 最大側方移動距離, 4: 最大開口速度,
5: 最大開口速度, 6: 開口相時間,
7: 閉口相時間, 8: 咀嚼周期

以上の測定は、いずれのパラメーターも各ガムにつき第2ストロークからの20ストロークについて行い、平均値と標準偏差を求めた。また、各ガムにおける平均値については麻酔前後で対応のあるt検定を行った。ただし、コーディネーションパターンについては7名の平均値を代表値として、筋および麻酔の有無を要因とする二元配置分散分析を行った。

5. 硬さ弁別能

また、麻酔によって咀嚼筋の活動量の調節と関連する硬さの弁別能が変化するかどうかについても調べた。硬さの弁別にはシリコンゴムブロックを用いた。このゴムブロックは、JIS規格ゴム硬度で30度から70度まで10度間隔で製作してある²⁰⁾。50度のゴムブロックを基準として、まずこれを作業側の第1大臼歯部で咬ませ、ただちに硬さの異なるゴムブロックに対して硬いか、同じか、軟らかいかを答えさせた。これを30, 40, 60, 70度のゴムブロックにつきランダムに5回ずつ行った。その後、第1大臼歯部への麻酔後に再度これを行った。得られた結果から、基準のゴム硬度と各ゴム硬度との弁別時の正答率についてはカイ二乗検定を行った。

III. 結 果

1. 咀嚼運動

麻酔前後における咀嚼運動の再生例を図2に示した。以下、個々のパラメーターについて述べる。

図2 麻酔前後での咀嚼運動の記録例

図3 麻酔による最大開口距離への影響

7名の被験者の平均値と標準偏差を示している。図中の星印は麻酔前の平均値と麻酔後の平均値においてt検定により有意差のあったものを示している。以後の図も同じである

図4 麻酔による最大前後移動距離への影響

図5 麻酔による最大側方移動距離への影響

1) 距離パラメーター

最大開口距離と最大前後移動距離は、ソフトガム、ミドルガム、ハードガムいずれにおいても、麻酔により有

図6 麻酔による最大開口速度への影響

図7 麻酔による最大閉口速度への影響

図8 麻酔による開口相時間への影響

意に増加していた(図3, 4)。しかし、最大側方移動距離には麻酔による有意な変化はなかった(図5)。

2) 速度パラメーター

最大開口速度、最大閉口速度ともに麻酔により増加したが有意差は認められなかった(図6, 7)。

3) 時間パラメーター

開口相時間、咬合相時間、咀嚼周期では、ミドルガム

図 9 麻酔による開口相時間への影響

図 10 麻酔による咬合相時間への影響

の咀嚼にのみ麻酔により有意な減少がみられたが、閉口相時間には有意な変化はみられなかった (図 8~11)。

2. 筋電図の分析結果

麻酔前後における筋電図の記録例を図 12 に示した。以下、個々のパラメーターについて述べる。

1) 咀嚼リズム

筋放電間隔はソフトガムとミドルガムの咀嚼において麻酔により有意に減少していたが、筋放電持続時間には麻酔による有意な変化はなかった (図 13, 14)。また、咀嚼周期については先に示したと同じく、ミドルガムの咀嚼にのみ麻酔により有意な減少がみられた。

2) 筋活動量

筋活動量は、麻酔による有意な変化はないものの、ミ

図 11 麻酔による咀嚼周期への影響

図 12 麻酔前後での筋電図の記録例

図 13 麻酔による筋放電間隔への影響

図 14 麻酔による筋放電持続時間への影響

ドルガムとハードガムで減少していた (図 15)。

3) コーディネーションパターン

いずれのガム硬さにおいても、筋放電開始点、筋放電停止点ともに麻酔によるコーディネーションパターンの有意な変化はみられなかった (図 16, 17)。

3. 硬さ弁別能

麻酔前後で弁別能に有意な変化はなかった (図 18)。

IV. 考 察

食品の硬さと咀嚼運動との関連をみた場合、硬いものを咀嚼する時には強い刺激が歯根膜受容器に伝えられ咬筋の活動が増加し、軟らかい食品を咀嚼する時には歯根膜受容器に伝わる刺激の量が少ないため、咬筋の活動はあまり増加しないというようなポジティブフィードバックが存在し、咀嚼力の調節に役立っていると考えられている¹⁵⁾。

図 15 麻酔による作業側咬筋の筋活動量への影響

このような歯根膜感覚による咀嚼運動の調節に関しては、動物については実証されているものの¹⁵⁻¹⁷⁾、ヒトにおける臨床的検討はほとんど見当たらない。わずかに中村ら¹⁸⁾が、4名の被験者の習慣性咀嚼側の第1大臼歯に歯根膜内麻酔を行うことにより歯根膜感覚を遮断し、2種の硬さの異なるガム、スルメ、ピーナッツを咀嚼させ、その時の咀嚼運動を記録し麻酔前のそれと比較検討している。その結果、麻酔による顕著な変化は認められなかったと報告している。また、高橋²¹⁾は、上顎右側第1大臼歯に浸潤麻酔を行うことにより咀嚼筋の活動量が増加したと報告している。さらに、岡²²⁾は、歯根膜感覚の遮断により咀嚼値および咀嚼能率が低下することを報告しているが、咀嚼運動については検討していない。中村ら¹⁸⁾の報告では、麻酔を行った実験日が麻酔を行わないで測定した日と異なっており、測定日が異なることによる測定値の誤差が考えられる。加えて、歯根膜感覚が最も重要な役割を担う筋活動量についての分析を行っていないために、歯への麻酔による歯根膜感覚の遮断と筋活動の調節との関連が詳細には解明されていない。また、高橋の報告²¹⁾では、対合歯には麻酔を行っていないため、対合歯の歯根膜感覚は存在しており、歯根膜感覚を完全に遮断しているとはいえない。

そこで著者は、測定日の違いによる誤差を極力少なくするために、同一日にすべての測定を行うとともに、筋活動の測定も併せて行った。また、試験食品に3種の硬さの異なるガムを用い、正常者でみられるようなガムの硬さに対応した咀嚼運動¹⁰⁻¹²⁾が歯根膜感覚の遮断により、どのような変化を受けるかについて検討した。さらに、咀嚼筋活動の調節に関連が深いといわれている硬さ弁別能^{20, 23-25)}についても測定を行い、ヒトの咀嚼運動の調節における歯根膜感覚の関与についてより詳細に検討

図 16 麻酔による筋活動開始点のコーディネーションパターンへの影響

図 17 麻酔による筋活動停止点のコーディネーションパターンへの影響

を加えた。

本実験では、歯根膜感覚の遮断に高橋²¹⁾、岡²²⁾、山倉²⁵⁾、Morimoto ら²⁶⁾、長谷川²⁷⁾の報告を参考に上下顎第 1 大

臼歯部への浸潤麻酔を用いた。中村ら¹⁸⁾は、単一歯のみに麻酔を行うため歯根膜麻酔を用いているが、歯根膜麻酔は歯周組織への障害も懸念される²⁸⁾ことから、今回の

図 18 麻酔前後における硬さ弁別能

実験では用いなかった。

一歯のみに麻酔を行った場合、咀嚼する部位が異なると歯根膜感覚遮断の影響がでない。しかし、瑞森ら²⁹⁾によって咀嚼する部位を規定した部位別咀嚼が可能であることが報告されており、麻酔前後でも咀嚼する部位には変化はなかったと思われる。また、第1大臼歯の両隣在歯にも麻酔効果は少なからず作用しており、かつ中村ら³⁰⁾は下顎第1大臼歯への全部鑄造冠の装着の有無により咀嚼運動は変化を受けると述べており、一歯への麻酔で十分本実験の目的にかなうものと考えられる。さらに、実験の前後で麻酔が奏功しているかについて確認しており、歯根膜感覚の遮断は確実に行われたと考えられる。

実験の結果、最大開口距離と最大前後移動距離のみすべてのゴム硬さで麻酔により変化を受けたが、その他の咀嚼運動および咀嚼リズムのパラメータでは麻酔による影響は少なく、また、有意差の有無にかかわらず麻酔による変化はソフトゴムとミドルゴム、特にミドルゴムに多く、ハードゴムでは麻酔による影響を受けにくいことが判かった。さらに、筋活動量は麻酔により減少したが有意な変化はなく、硬さ弁別能も影響を受けなかった。

中村ら¹⁸⁾は、上下顎第1大臼歯への歯根膜麻酔前後で硬さの異なるゴム咀嚼時の咀嚼運動を比較し、ソフトゴムでは咀嚼運動の各パラメーターで変化するものが多いが、ハードゴムではその変化がほとんどないことを報告しており、今回の結果とも一致するものと思われる。

井上¹⁵⁾は、ウサギにおける実験で、上顎神経と下顎神経の切断により歯根膜感覚を遮断した場合、側方運動量と筋活動量が減少し、最大開口量は減少するが、その後

回復し、咀嚼リズムは固形飼料では速くなり、ニンジンでは変化しなかったと報告している。また、上顎神経と下顎神経に局所麻酔を施すと、ウレタンシート挿入時の咬筋の活動量増大の比率は減少したと報告している。本実験では、この報告とは逆に最大開口距離は歯根膜感覚の遮断により増加したが、側方運動量と筋活動量は麻酔によりやや低下し、咀嚼リズムはこの報告と同じくその変化はほとんどなかった。以上のように、ヒトではウサギでみられるような、歯根膜感覚の遮断による咀嚼運動への明確な影響はみられないことが判かった。

また、井上¹⁵⁾は、咬筋活動量の増大は歯根膜感覚を遮断しても完全には消失しなかったことから、咬筋活動量の増加には咀嚼筋感覚も関与していることを示唆している。さらに、長島³¹⁾は、ウサギにおける実験で三叉神経中脳路核破壊によって筋感覚入力を遮断した場合、咬筋の活動量の増加は有意に低下したことから、咀嚼運動の調節には歯根膜感覚と咀嚼筋感覚とがともに関与しているのではないかと報告している。今回の結果においても麻酔による有意な筋活動量の低下はみられず、これらの結果を臨床的に支持しているものと考えられる。

今回の結果および動物におけるこれらの報告から少し大胆な考察を加えると、麻酔により歯根膜感覚を遮断した場合、軟らかいガムの咀嚼では、歯根膜感覚によるゴム硬さの認識になんらかの変調をきたし、そのため咀嚼運動に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。しかし、硬いガムの咀嚼では麻酔による変化が少なかったことから、硬いガムの場合には歯根膜からの感覚フィードバックが遮断され歯根膜感覚による食品の硬さの弁別が行えなくとも、咀嚼筋感覚などにより食品の硬さの弁別を行うようになるため、麻酔前後で咀嚼運動に明確な変化が生じなかったものと思われる。

すなわち、歯根膜感覚はある一定の範囲内の食品の硬さでは咀嚼運動の調節に重要な働きをするが、硬い食品の咀嚼の場合、咀嚼筋や顎関節などの感覚、特に咀嚼筋感覚が咀嚼運動の調節に重要な役割を担っているとも考えられるのではないだろうか。この考えを示唆するものとして、最近、西塔¹⁷⁾は、ウサギにおける実験で低い咀嚼力では歯根膜感覚が咀嚼運動の調節に関与しているのではないかとする考えをあげることができよう。

一方、歯根膜感覚のない総義歯装着者あるいは上下顎インプラント義歯装着者においても、天然歯列者と同様の咀嚼が営まれているといわれている^{32,33)}。このことから、歯根膜感覚が欠如しても咀嚼筋や顎関節の感覚受容器などからの情報を利用して、正常有歯顎者に近い咀嚼

運動ができるように中枢での神経機構が適応・調節にかかわっていることも考えられる¹⁷⁾。このことは、麻酔前後での硬さ弁別能に違いがみられなかったことから推察される。あるいは、ヒトにおいても脳幹に存在するパターンジェネレーターによりある一定の咀嚼リズムが存在する¹⁻³⁾ため、歯根膜感覚を遮断してもあまり影響がでなかったとも考えられる。

最後に今回の結果から、ヒトの咀嚼運動の調節における歯根膜感覚の関与の一端を明らかにできたが、ヒトの咀嚼運動の調節についてより深く理解するには、今後、長島³¹⁾の報告で指摘されているように咀嚼筋感覚による調節、さらに中村³⁴⁾が指摘している顔面の毛受容器の咀嚼運動への影響、そして顎関節の感覚による調節³⁵⁾などについても臨床的に検討していく必要を認めた。

V. 結 論

ヒトの咀嚼運動の調節における歯根膜感覚の関与について検索するため、咀嚼得手側の上下顎第1大臼歯部へ浸潤麻酔を行うことにより歯根膜感覚を遮断し、麻酔前後で硬さの異なる3種のガム咀嚼を行わせ、その際の咀嚼運動ならびに筋電図の記録・分析を行ったところ以下の結論を得た。

1. 最大開口距離、最大前後移動距離に関しては、いずれの硬さのガムにおいても麻酔により有意に増加した。しかし、最大側方移動距離には有意な変化はなかった。
2. 開口相時間、咬合相時間、咀嚼周期では、麻酔によりミドルガムのみにより有意な減少がみられた。しかし、閉口相時間には有意な変化はみられなかった。
3. 最大開口速度および最大閉口速度は、麻酔により増加したが有意差は認められなかった。
4. 咀嚼リズムの分析では、筋放電間隔はソフトガムとミドルガムの咀嚼において、咀嚼周期はミドルガムの咀嚼において麻酔により有意な減少をみた。しかし、筋放電持続時間には有意な変化はなかった。
5. 筋活動量は、麻酔による有意な差はなかった。
6. コーディネーションパターンは、麻酔による有意な変化はなかった。
7. 硬さ弁別能は麻酔による影響は受けなかった。

以上の結果から、咀嚼する食品が軟らかい範囲では歯根膜感覚は咀嚼運動の調節に重要な役割を果たすが、咀嚼する食品が硬い場合には歯根膜感覚よりもそれ以外の、たとえば咀嚼筋感覚が咀嚼運動の調節にかかわっている

可能性が示唆された。

本論文の要旨は、第77回岐阜歯科学会例会(平成2年11月17日、岐阜)において発表した。

稿を終えるに当たり、ご指導、ご校閲頂いた朝日大学名誉教授 川野襄二先生ならびに朝日大学歯学部歯科補綴学第1講座山内六男助教授に感謝いたします。また、ご校閲頂いた同小児歯科学講座吉田定宏教授ならびに同歯科補綴学第3講座藤井輝久教授に感謝いたします。さらに、実験にご協力頂いた小澤美保子大学院生ならびに柿谷幸男先生に感謝いたします。

文 献

- 1) Dellow, P.G. and Lund, J.P.: Evidence for central timing of rhythmical mastication, *J Physiol*, 215: 1~13, 1971.
- 2) Nakamura, Y., Kubo, Y., Nozaki, S. et al: Cortically induced masticatory rhythm and its modification by tonic peripheral inputs in immobilized cats, *Bull Tokyo Med Dent Univ*, 23: 101~107, 1976.
- 3) 中村嘉男: 咀嚼運動の脳皮質性制御, *日生理誌*, 49: 619~632, 1987.
- 4) Luschei, E.S. and Goodwin, G.M.: Patterns of mandibular movement and jaw muscle activity during mastication in the monkey, *J Neurophysiol*, 37: 954~966, 1974.
- 5) Thexton, A.J., Hiemae, K.M. and Crompton, A.W.: Food consistency and bite size as regulators of jaw movement during feeding in the cat, *J Neurol*, 44: 456~474, 1980.
- 6) Steiner, J.E., Michman, J. and Litman, A.: A time sequence of the activity of the temporal and masseter muscles in healthy young human adults during habitual chewing of different test foods, *Arch Oral Biol*, 19: 29~34, 1976.
- 7) 堀尾 強, 河村洋二郎: 咀嚼運動に及ぼす食品テクスチャーの影響, *歯基礎誌*, 30: 484~488, 1988.
- 8) 中村隆志: 咀嚼運動調節機構の生理的特性に関する研究, *阪大歯学誌*, 32: 36~55, 1987.
- 9) 天野仁一朗, 安東俊介, 松岡弘毅ほか: 成人の咀嚼リズムの経時的変化および味覚刺激による影響について, *補綴誌*, 33: 270~282, 1989.
- 10) Plesh, O., Bishop, B. and McCall, W.: Effect of gum hardness on chewing pattern, *Exp Neuro*, 92: 502~512, 1986.
- 11) 東 和生: 咀嚼運動と咀嚼筋活動の関連性に関する臨床的研究, *阪大歯学誌*, 34: 26~63, 1989.

- 12) 有住和浩：食品の硬さが咀嚼運動に及ぼす影響に関する実験的研究，補綴誌，33：1301～1312，1989.
- 13) 河村洋二郎：口腔生理学，第1版，249，医歯薬出版，東京，1973.
- 14) Lund, J.P. and Lamarre, Y. : The importance of positive feedback from periodontal pressoreceptors during voluntary isometric contraction of jaw closing muscles in man, J Biol Buccale, 1 : 345～351, 1973.
- 15) 井上富雄：三叉神経求心性情報の顎運動調節に果たす役割，阪大歯学誌，32：70～90，1987.
- 16) Lavigne, G., Kim, J.S., Valiquette, C. et al : Evidence that periodontal pressoreceptors provide positive feedback to jaw closing muscles during mastication, J Neurophysiol, 58 : 342～358, 1987.
- 17) 西塔 治：歯根膜感覚による閉口筋活動の調節，阪大歯学誌，35：268～286，1990.
- 18) 中村康弘，三間修司，瑞森崇弘ほか：咀嚼運動に歯根膜内麻酔が及ぼす影響に関する臨床的研究，下顎運動機能とEMG 論文集，第6輯，125～130，1987.
- 19) 山内六男：顎関節症患者の顎頭位修正治療に関する筋電図学的研究，岐阜学誌，12：48～103，1982.
- 20) 山内六男，天野仁一朗，川野襄二：インプラント義歯装着者の口腔感覚に関する研究 第4報 硬さ弁別能について，補綴誌，34：149～156，1990.
- 21) 高橋篤生：麻酔下における実験的咬合障害のEMG，歯学，62：91～105，1974.
- 22) 岡 卓爾：食物の粉碎能に及ぼす口腔粘膜および歯根膜の感覚の影響について，歯基礎誌，19：524～533，1977.
- 23) 高藤道夫：オーバーデンチャー装着者の口腔感覚に関する研究，26：1～12，1982.
- 24) 森 泰彦：天然歯における食品噛みしめ時の硬さ識別機構に関する実験的研究，歯科学報，85：1467～1504，1985.
- 25) 山倉大紀：食品の硬さ識別機構に関する研究—とくに歯根膜受圧情報と咬み込み量の意義について—，歯科学報，87：1295～1346，1987.
- 26) Christensen, J. and Morimoto, T. : Dimension discrimination at two different degrees of mouth opening and the effect of anaesthesia applied to the periodontal ligaments, J Oral Rehabili, 4 : 157～164, 1977.
- 27) 長谷川誠実：顎間厚径弁別能における歯根膜感覚の役割，岐阜学誌，14：252～268，1988.
- 28) Plagmann, H-C : 歯根膜麻酔法の可能性と限界，クインテッセンス，8：137～144，1989.
- 29) 瑞森崇弘，桑原俊也，中村康弘ほか：咀嚼運動の恒常性と部位別咀嚼の特徴に関する研究，下顎運動機能とEMG 論文集，第3輯：45～48，1984.
- 30) 中村康弘，桑原俊也，瑞森崇弘ほか：咀嚼運動に単一歯冠補綴物が及ぼす影響に関する臨床的研究，補綴誌，30：638～645，1986.
- 31) 長島 正：咀嚼時の閉口筋活動の調節における筋感覚受容器の役割，阪大歯学誌，34：125～141，1989.
- 32) 津島隆司，黒田勝博，岡根秀明ほか：天然歯列者と総義歯装着者の咀嚼筋活動の比較に関する筋電図学的研究，補綴誌，25：826～831，1981.
- 33) Haraldson, T. and Ingervall, B. : Muscle function during chewing and swallowing in patients with osseointegrated oral implant bridges, An electromyographic study, Acta Odontol Scand, 37 : 207～216, 1979.
- 34) 中村嘉男：咀嚼運動の神経・筋メカニズム—顎運動を中心に—(3) 咀嚼運動のリズム形成とコントロール，歯界展望，63：477～492，1984.
- 35) Klinberg, I. : Influences of temporomandibular articular mechanoreceptors on functional jaw movements, J Oral Rehabili, 7 : 307～317, 1980.