原 著

幼稚園児における咀嚼行動の発達に関する研究

Research on Development of Masticatory Behavior in Kindergarteners

横 溝 正 幸

Masayuki YOKOMIZO

Received January 16, 1992; accepted March 4, 1992

Abstract: The purpose of this research was to clarify the difference between the children who can or cannot chew and swallow properly, by observation of eating behavior and by measurement of masticatory function.

The examinees were 107 children in a kindergarten in Tokyo. For assessment of their eating behavior, the attitudes and behavior of each child during lunch were observed, and features of the behavior were recorded. The children were classified into two groups, one with and the other without abnormal chewing and swallowing habits, by the teachers of the kindergarten. Regarding masticatory function, electromyograms of masseter and temporal muscles were recorded for five sample foods. Chewing gum masticating test, biting force, and occlusal contact area were evaluated.

1. 37 children were included in the group with abnormal chewing and swallowing habits by the teachers, and the others (70) were put the group with no problems. Eating behaviors observed in these examinees were analyzed in the two groups by Hayashi's quantification method II, and the highest partial correlation (0.583) was observed for slow eating.

Compared with the group with no problems, the group with abnormal habits showed more number of masticatory strokes and longer time in chewing sample food, and thus, they seemed to be confirmed as slow eaters functionally. However, no statistically significant differences between the two groups were observed in masticatory rhythm, which is one of the important factors in slow eating.

2. Eating behavior was analyzed by Hayashi's quantification method III, and as result, the children were classified into three groups, A (44 children), B (38), and C (25).

Children in group A seemed to have no or minimal problems in their eating behavior. Assessment of masticatory function showed that they had the lowest number of strokes and shortest time among the three groups in mastication of sample foods. Electromyograms of this group showed smaller variations in rhythm and greater muscle activity than the other two groups. This group showed maximal value in biting force and widest area of occlusal contact. These findings suggest that children who had no problems in their eating behavior had well-matured masticatory function.

In Children in group B, masticatory activity was frequently interrupted with no concentration of

東京大学医学部附属病院分院歯科口腔外科 (科長: 井上直彦助教授)

Department of Oral Surgery, Branch Hospital, The University of Tokyo. (Chief: Assoc. Prof. Naohiko INOUE)

the attention on food, and the foods were just kept in their mouth, though they had an active attitude toward the meal. In assessment of masticatory function, children in group B exhibited lower muscle action potentials in electromyograms and weaker biting force than the other two groups, which seemed to suggest that they had problems in development of masticatory muscles.

Eating behavior of children in group C was characterized by the lack of interest in the meal. They were all slow eaters. Analysis of masticatory function revealed that this group had the highest number of strokes and the longest time among the three groups for chewing sample food. Electromyograms showed highest coefficients of variation in the duration, the cycle, and the mean muscle action potentials among the three groups. This group exhibited lower biting force than group A, but no statistically significant differences were observed. These findings show that children in group C had greater intra-group variation in rhythm and muscle activity during mastication, which seemed to suggest that lacked interest in the meal, which was caused by everyday eating habits rather than by under development of masticatory muscles.

索引用語：食行動，噛めない子，咀嚼機能，多変量解析，幼稚園児

Key words: Eating behavior, Abnormal chewing and swallowing habit, Masticatory function, Multivariate analysis, Kindergarten

緒 言

近年わが国では、健常児であるにもかかわらず咀嚼行動に問題がみられる子（以下、噛めない子と略す）が増加しつつあるといわれている¹⁾。これらの子どもは、柔らかいものしか食べない、食物をいつまでも口の中にとどめているなど、咀嚼機能が正常に獲得されていない疑いが持たれている²⁾。覚道³⁾は、このような幼児ではより容易に栄養が取れ、好みの食物を摂取することが可能な時代になったこととあいまって、以前からあった生命維持のために食事をするという概念が変化しているのであると指摘している。

このような状態が生ずる原因について、二木⁴⁾は離乳の開始時期や離乳方法が不適切な場合には3～4歳になっても咀嚼能力が身につかないことがあるとし、また離乳以後も近年の軟食傾向から咀嚼の学習が身につかないとする意見⁵⁾もみられる。さらにこの問題は、乳児期から幼児期にかけての食生活習慣にあるとの考えから、治療医学的な対応には限界があり、保健学的な対処が必要であるとの指摘がなされている⁶⁾。咀嚼器官の発達については、乳児期における哺乳状態の顎发育への影響⁷⁾、哺乳形式と乳歯咬合形態の関係⁸⁾など食生活習慣と顎の形態学的な発達との関連について研究され、また、離乳期の咀嚼状態の観察から月齢にしたがった咀嚼状態の変化が報告されている⁹⁾。機能的な発達については、乳児期の哺乳形式と咀嚼筋活動との関係が研究され、母乳栄

養児と人工栄養児では咀嚼筋の活動様式が異なることが報告されている¹⁰⁾。幼児期においては、幼児の咀嚼能力に関する研究¹¹⁾は以前から行われているが、機能的な発達を食生活との関連からとらえた研究は少なく、噛めない子についてはいまだに解明されていない。

従来の研究においては、厚生省乳幼児栄養調査¹²⁾に代表されるように、噛めない子の選択は母親や教諭に対するアンケートの結果から行われている^{11,12)}。この場合アンケート回答者による噛めない子の選択には、前田¹³⁾も指摘しているように、回答者間の主観的な判断のばらつきがある可能性が強く、正確な評価が行われたのかどうか疑問が残る。広瀬¹⁴⁾は、アンケート形式による調査から得られた12項目の摂食行動について主成分分析を行っているが、どのような子どもが噛めない子であるのかの判断基準の検討はなされていない。

以上、噛めない子が問題になっているにもかかわらず、これらの子どもは漠然とした概念でとらえられ、噛めない子とはどのような状態の子どもを指すのかの具体的な判断基準が示されていないために、その存在数、分布あるいは咀嚼機能の状態など噛めない子の実態についてもあいまいなまま残されている。

そこで、本研究は、まず具体的な食事時の行動（以下、食行動とする）を観察し、この食行動をアンケート形式で選択された噛めない子について分析することにより、噛めない子とは、一般にどのような概念でとらえられていたのかを検討する。また、食行動を独自に解析す

Table 1 Subjects of the study

Age	3	4	5	Total
Males	18	20	13	51
Females	19	26	23	68
Total	37	46	36	119

ることにより食行動上の問題点を明かにするとともに、咀嚼機能のどこに具体的な問題が存在するかについて検討し、噛めない子の生ずる原因あるいは保健学的な方策について考察しようとするものである。

研究対象

都内S幼稚園において1990年度年少組から年長組の在園児119名を対象とした (Table 1)。この幼稚園は東京の城南地区に位置するキリスト教会の附属幼稚園であり、園児はその近隣から通園している。クラス構成は年少組2クラス、年中組2クラス、年長組1クラスからなり、それぞれのクラスを1人ないし2人の教諭が担当している。

この幼稚園では、週3回それぞれの幼稚園児が自宅から弁当を持参して昼食としている。昼食は年少組が午前11時半から始まり、年中、年長組が正午に始まることが多く、食事時間は40分であった。

研究方法

1. 食行動の調査

1) 食行動の観察方法

昼食時に個々の対象者が示す態度や行動を食行動として観察し、その特徴を記録した。観察と平行して、ビデオカメラを用いて対象者全員の食事状態を記録した。

2) 噛める子・噛めない子の分類

クラス担当教諭に、食事状態の観察から対象者を噛める子の群 (咀嚼行動に問題がない幼児) と噛めない子の群 (咀嚼行動に問題のある幼児) に分類することを依頼した。この際には、教諭の判定を食行動分析の外的基準として用いるために特別な選択基準は設けずに、教諭の主観的な判断にまかせた。

2. 咀嚼機能の測定

咀嚼機能を表すものとして食品摂取時の筋電図記録、チューインガム咀嚼時の溶出糖量、咬合力、および咬合接触面積の測定を行った。

1) 筋電図の記録

a. 被験食品

Fig. 1 Components of E. M. G. data processing

被験食品としては、塩野¹⁵⁾、田中ら¹⁶⁾などの報告にもとづき軟性線維性食品である干しぶどう2g、硬性破砕性食品であるピーナッツ2g、硬性線維性食品であるビーフジャーキー0.5g、軟性弾力性食品であるチューインガム¹⁷⁾ (カネボウ (株) 社製バブルガム) 1個、軟性食品であるマシュマロ2gの5種類を使用した。

b. 咀嚼条件

チューインガムについては、咀嚼開始から70回までとし、その他の食品については咀嚼開始から嚥下まで自由に咀嚼させた。

c. 筋電図の記録装置と方法

筋電計は、日本光電社製ポリグラフシステム RM-6000を用いて4チャンネル同時に誘導した。記録には、SONY 社製カセットテープレコーダー MODEL FC-14に同社製データ計測用テープ SIT90Fを用いた。計測時には、時定数0.01秒 HI CUT OFFとして、sensitivityは、被験者に応じて0.2mV/DIVまたは、0.5mV/DIVのどちらかを選択した。

電極は、内径8mm、電極中心間距離20mmの双極誘導電極 (MYO-TRONICS 社製) を使用した。対象筋は両側の咬筋、側頭筋前腹とし、電極の位置は塩野¹⁵⁾の方法に従い筋走行に一致して貼付し、アースを前額部に設定した。貼付した電極間抵抗が20k Ω 以上の場合には電極を再貼付した。

d. 筋電図データの処理と計測

Fig. 1に処理装置の構成を示した。ハードウェアとして NEC 社製 PC-9801パーソナルコンピュータを使用し、テープに記録したデータを、カノープス電子社製 A/D変換ボード (ANALOG PROI) によりデジタル変換して取り込んだ。ソフトウェアとしてカノープス電子社製波形エディター (WAVE MASTER II) を使用し、4ch, 1000kHzにてデータ変換した。変換電圧は $\pm 5V$, 1msec毎にデータの取り込みを行い、咀嚼開始から嚥下までの記録をデジタル化してディスクに保存した。この際に各食品の咀嚼回数と咀嚼時間を計測

Fig. 2 Measuring method of chewing rhythm in EMG record

した。

筋電図データの計測に際して、まず各被験者毎に記録した calibration の波高を計測し、筋電図データを μV に換算する基準とした。ついで対象とした各食品の連続した10ストロークについて計測を行った。チューインガムについては最初の5ストロークを除いた第6ストロークから¹⁸⁾、他の食品では第2ストロークから計測した。計測項目は、時間的な要素として、放電持続時間（以下、持続時間と略す）、周期を画面上で測定し（Fig. 2）、間隔時間は周期から持続時間を引算して求めた。以上についてそれぞれの対象筋における1ストロークの平均値と10ストロークの変動係数（以下、CVと略す）を求め、4筋の平均値とCVを個人のデータとした。筋活動量としては、持続時間に一致した総活動電位の計測および平均電位を算出して、10ストロークの平均値とCVを求め、4筋の総活動電位および平均電位の総和を個人の筋活動量とした。

以下に筋電図計測に使用した方法を記す。

総活動電位＝持続時間に一致した活動電位の絶対値加算（ μV ）、日本光電（株）提供の加算ルーチン使用

平均電位＝総活動電位÷持続時間（ μV ）

変動係数（CV）＝10ストロークの標準偏差÷平均×100（%）

2) チューインガム咀嚼による溶出糖量の測定

チューインガムは、ロッテ社製ジューシイフレッシュガム¹⁹⁾および筋電図記録に使用したカネボオ社製バブルガム¹⁷⁾、それぞれ1個を使用した。任意のロットから抽出した100個の重量は、前者では $3.40 \pm 0.04\text{g}$ 、後者では $6.18 \pm 0.08\text{g}$ であった。測定方法は、伊藤らの方法²⁰⁾にしたがった。すなわち室温保存したチューインガムを被験者に70回自由に咀嚼させ、咀嚼時間を測定すると同時に、噛み終わったチューインガムをコップ内の冷水中にはき出させてチューインガムを冷却したのちに、余分な水分や唾液を紙で軽くふきとり、電子天秤（メトラー社製 PE-300）にて小数点第2位まで測定し、咀嚼前の重

量との差を溶出糖量とした。

3) 咬合力の測定

計測装置として日本光電社製咬合力計（MPM-3000）を用いた。咬合力計のセンサー部は、その形状が円筒形であり噛みにくいために、センサー部に半球球形の金属性のキャップを作製して装着した。測定時には、被験者の第2乳臼歯部にセンサーを置き、最大かみしめを行わせた²¹⁾。測定は左右交互に2回ずつ行い、この内の最大値を個人の咬合力とした。

4) 咬合接触面積の測定

咬合接触面積の測定には、咬合印記ワックスである ALUWAX（ALUWAX DENTAL PRODUCTS CO.）を使用した²²⁾。対象者にあらかじめ中心咬合位で咬合するように反復練習させたのち、この WAX を 45°C の温湯内で軟化し、被験者の口腔内に挿入して中心咬合位で咬合させて、咬合試料とした。各被験者から2回ずつ咬合試料を採取した。測定にはクリエイティブシステム社製画像分析装置（BOLB 2-a）を使用し、取り込んだ画像を2値化して、 $150\mu\text{m}$ までの厚さを咬合接触面積とした。面積値の計算は、 $1 \text{ 辺 } 10\text{mm} \pm 3\mu\text{m}$ の正方形板（東洋ゲージ（株）社製）を 100mm^2 の基準面積として算定させた²²⁾。

3. データの分析

食行動の観察では、観察された食行動について基礎統計値を求めた。また、噛める子群・噛めない子群について個人の食行動を得点化して林の数量化Ⅱ類²³⁾により食行動特性の解析を行った。観察された食行動による個人の分析には、林の数量化Ⅲ類²³⁾を用いた。

咀嚼機能の測定では、得られた測定値から年齢別の基礎統計値を算出し、t-test により群間の平均値の差の検定を行った。これらの計算には東京大学大型計算機センターの SAS 統計プログラムパッケージを使用した²⁴⁾。

結 果

1. 被験者数

対象者119名中、咀嚼機能測定時に臼歯部に C3 以上の齲歯がみられた2名、および協力を得られないために咀嚼機能測定が不可能と幼稚園教諭が判断した年少組10名を除き、被験者数は107名（89.9%）となった（Table 2）。

幼稚園教諭による対象者の噛める子・噛めない子の回答は約1カ月後に得られ、被験者107名は、噛める子70名（65.4%）、噛めない子37名（34.6%）に分類されていた。この2群の学年・男女別一覧を Table 3 に示

す。年少組では噛める子が16名 (59.3%), 噛めない子11名 (40.7%), 年中組では噛める子30名 (66.7%), 噛めない子15名 (33.3%), 年長組では噛める子24名 (68.6%), 噛めない子11名 (34.3%) であった。各学年間および男女間の噛める子・噛めない子の比率に有意差は認められなかった。

2. 食行動の観察結果

食行動の観察に要した期間は、1990年5月上旬から7月下旬までの約2カ月半、実観察日数30日間であった。

食行動の観察によって、42項目の行動様式を抽出した。食行動について、学年別の集計を Table 4 に示す。学年別に食行動をみると42項目中6項目にカイ2乗検定で有意差がみられた。

3. 咀嚼機能測定の結果

各測定項目について被験者の学年別集計結果を Table 5-a から Table 5-f に示す。

1) 食品の咀嚼回数と咀嚼時間

Table 5-a に示すように、ピーナッツ、ビーフジャーキーでは学年とともに咀嚼回数、咀嚼時間ともに減少していた。

2) 筋電図による測定結果

a. 咀嚼リズム

咀嚼のリズムを表す因子として持続時間、周期、間隔時間およびこれらの CV を比較した (Table 5-b, Table 5-c)。

持続時間は、5食品ともに年長組のほうが年少組より

も短い²⁾、レーズン、ピーナッツ、チューインガムの持続時間は年中組が3学年中最大値を示していた。周期においても同様の傾向がみられ、年中組ではいずれの食品においても最大値を示した。間隔時間では3学年別に一定した傾向が認められなかった。

それぞれの CV をみると (Table 5-c)、持続時間においてはビーフジャーキーを除いて年中組が最大値を示し、年少組と年長組の比較では一定の傾向はみられなかった。周期、間隔時間の CV においても一定した傾向は認められなかった。

b. 筋活動量

総活動電位をみると (Table 5-d)、年長組と年少組では、すべての食品で年長組が年少組よりも大きい値を示した。年中組はピーナッツとビーフジャーキーにおいて学年別の最大値を示し、年少組との間に有意差がみられ、チューインガムにおいても年少組より有意に大きかった。平均電位をみると5食品ともに年少組から年長組にかけて大きくなり、ピーナッツ、ビーフジャーキー、チューインガムにおいて年中組と年少組との間に有意差がみられた。平均電位の CV では年中組がいくぶん大きいことが多く、レーズンにおいては総活動電位の CV、平均電位の CV とともに年長組との間に有意差がみられた。

3) チューインガムの溶出糖量

溶出糖量は2種類のチューインガムともに年少組が最も多く、ジュースイガムの溶出糖量では年少組と年中組の間に有意差がみられた (Table 5-e)。咀嚼時間は年少組が最も長く、年長組にかけて咀嚼時間が短縮する傾向がみられ、ジュースイガムではそれぞれの学年間に有意差が認められた。広瀬ら²⁹⁾が報告した時間あたりの溶出糖量をみると、バブルガムでは年少組、年中組は同じ値を示し、年中組と年長組の間では時間あたり溶出糖量が有意に増加していた。

Table 2 Examinees in the study

Age	3	4	5	Total
Males	12	20	12	44
Females	15	25	23	63
Total	27	45	35	107

Table 3 Classification of children who could chew properly and children who could not chew properly

Age		3	4	5	Total
噛める子	Males	6(5.6)	13(12.1)	8(7.5)	27(25.2)
	Females	10(9.4)	17(15.9)	16(14.9)	43(40.2)
	Total	16(15.0)	30(28.0)	24(22.4)	70(65.4)
噛めない子	Males	6(5.6)	7(6.5)	4(3.8)	17(15.9)
	Females	5(4.7)	8(7.5)	7(6.5)	20(18.7)
	Total	11(10.3)	15(14.0)	11(10.3)	37(34.6)

(%)

Table 4 Comparison of eating behaviors in three age groups

Observed eating behaviors	年少組 (27名)		年中組 (45名)		年長組 (35名)	
	みられる	みられない	みられる	みられない	みられる	みられない
体を頻繁に動かす	16(59.3)	11(40.7)	35(77.8)	10(22.2)	24(68.6)	11(31.4)
食事中頻繁に体の向きをかえる	14(51.9)	13(48.1)	18(40.0)	27(60.0)	20(57.1)	15(42.9)
食事中に遊び回る	3(11.1)	24(88.9)	8(17.8)	37(82.2)	2(5.7)	33(94.3)
咀嚼しない時手を机下におろす	23(85.2)	4(14.8)	37(82.2)	8(17.8)	26(74.3)	9(25.7)
咀嚼しない時手を振り回す	13(48.2)	14(51.8)	31(68.9)	14(31.1)	13(37.1)	22(62.9)**
咀嚼時に手を机におろす	17(63.0)	10(37.0)	30(66.7)	15(33.3)	21(60.0)	14(40.0)
咀嚼時に手を振り回す	12(44.4)	15(55.6)	29(64.4)	16(35.6)	13(37.1)	22(62.9)*
咀嚼時に頭や体をいじる	20(74.1)	7(25.9)	40(88.9)	5(11.1)	24(68.6)	11(31.4)
頬杖について食べる	2(7.4)	25(92.6)	1(2.2)	44(97.8)	4(11.4)	31(88.6)
肘を机について食べる	14(51.9)	13(48.1)	19(42.2)	26(57.8)	14(40.0)	21(60.0)
弁当箱をもって食べる	0(0.0)	27(100)	2(4.4)	43(95.6)	2(5.7)	33(94.3)
片手で弁当箱を押さえて食べる	14(51.9)	13(48.1)	32(71.1)	13(28.9)	26(74.3)	9(25.7)
咀嚼時に顔をしかめる	2(7.4)	25(92.6)	6(13.3)	39(86.7)	5(14.3)	30(85.7)
弁当箱をみながら食事する	11(40.7)	16(59.3)	14(31.1)	31(68.9)	12(34.3)	23(65.7)
視線が頻繁に移動する	24(88.9)	3(11.1)	43(95.6)	2(4.4)	30(85.7)	5(14.3)
食べないでぼんやりする	18(66.7)	9(33.3)	26(57.8)	19(42.2)	21(60.0)	14(40.0)
箸で食物をいじって遊ぶ	6(22.2)	21(77.8)	10(22.2)	35(77.8)	9(25.7)	26(74.3)
ため息をつく	4(14.8)	23(85.2)	17(37.8)	28(62.2)	6(17.1)	29(82.9)*
食事しないで話す	18(66.7)	9(33.3)	33(73.3)	12(26.7)	26(74.3)	9(25.7)
食事しないで遊ぶ	17(63.0)	10(37.0)	29(64.4)	16(35.6)	22(62.9)	13(37.1)
教諭に注意されるまで食べない	5(18.5)	22(81.5)	19(42.2)	26(57.8)	9(25.7)	26(74.3)
弁当を残すことがある	4(14.8)	23(85.2)	14(31.1)	31(68.9)	3(8.6)	32(91.4)
食事中に指をしゃぶる	13(48.2)	14(51.8)	9(20.0)	36(80.0)	7(20.0)	28(80.0)*
食事中に箸をしゃぶる	13(48.2)	14(51.8)	9(20.0)	36(80.0)	8(22.9)	27(77.1)*
食物を持っても口にいけない	4(14.8)	23(85.2)	13(28.9)	32(71.1)	11(31.4)	24(68.6)
咀嚼時に次に食べる物を持っている	8(29.6)	19(70.4)	9(20.0)	36(80.0)	16(45.7)	19(54.3)*
弁当箱に口をつけて食物をかきこむ	0(0.0)	27(100)	5(11.1)	40(88.9)	5(14.3)	30(85.7)
嚥下後すぐに次の食物を口にに入れる	18(66.7)	9(33.3)	30(66.7)	15(33.3)	24(68.6)	11(31.4)
食物を口に入れると箸を置く	22(81.5)	5(18.5)	30(66.7)	15(33.3)	22(62.9)	13(37.1)
食物をなめてから口に入れる	0(0.0)	27(100)	5(11.1)	40(88.9)	4(11.4)	31(88.6)
食物を少しずつ口に入れる	26(96.3)	1(3.7)	36(80.0)	9(20.0)	30(85.7)	5(14.3)
食物を口に入れても噛み始めない	5(18.5)	22(81.5)	8(17.8)	37(82.2)	8(22.9)	27(77.1)
食物が口からこぼれそうになる	3(11.1)	24(88.9)	6(13.3)	39(86.7)	7(20.0)	28(80.0)
口に入れたものを出し入れする	4(14.8)	23(85.2)	2(4.4)	43(95.6)	2(5.7)	33(94.3)
頬に食物をためる	12(44.4)	15(55.6)	21(46.7)	24(53.3)	19(54.3)	16(45.7)
嚥下まで休まずに咀嚼する	10(37.0)	17(63.0)	20(44.4)	25(55.6)	16(45.7)	19(54.3)
咀嚼リズムがみだれる	22(81.5)	5(18.5)	39(86.7)	6(13.3)	25(71.4)	10(28.6)
咀嚼のストロークが大きい	20(74.1)	7(25.9)	22(48.9)	23(51.1)	24(68.6)	11(31.4)
咀嚼時に噛みしめている	18(66.7)	9(33.3)	24(53.3)	21(46.7)	21(60.0)	14(40.0)
嚥下まで1分以上かかることがある	10(37.0)	17(63.0)	15(33.3)	30(66.7)	13(37.1)	22(62.9)
食べるのが遅い	10(37.0)	17(63.0)	22(48.9)	23(51.1)	8(22.9)	27(77.1)
食物を飲物で流し込む	8(29.6)	19(70.4)	14(31.1)	31(68.9)	14(40.0)	21(60.0)

* p < 0.05, **p < 0.01(%)

Table 5-a Comparison of number of chewing strokes and chewing time in three age groups

	3 year-olds		4 year-olds		5 year-olds	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Number of chewing strokes						
Marshmallows	29.0	18.3	34.2	23.1	24.2	11.5
			-----*			
Raisins	42.1	18.8	46.6	22.6	36.9	22.7
Peanuts	66.8	36.1	65.9	34.8	51.0	23.7
			-----*			
Beef jerky	75.1	41.6	72.7	38.0	66.3	36.3
Chewing time (sec.)						
Marshmallows	18.7	13.0	22.9	17.1	15.9	8.2
			-----*			
Raisins	28.3	15.2	29.8	14.6	27.4	22.3
Peanuts	44.9	30.6	43.8	26.4	33.9	17.2
			-----*			
Beef jerky	50.7	31.8	46.1	21.6	42.0	21.3

* p < 0.05

Table 5-b Comparison of chewing rhythm in three age groups (Duration, Cycle and Interval in EMG)

	3 year-olds		4 year-olds		5 year-olds	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Duration (msec.)						
Marshmallows	274.6	44.4	276.1	48.5	266.9	38.7
Raisins	300.6	53.1	309.3	62.7	285.9	62.3
Peanuts	361.6	77.3	386.7	89.1	341.7	66.0
			-----*			
Beef jerky	388.2	96.9	378.7	73.2	359.6	75.4
Chewing gum	278.8	83.0	384.9	78.3	356.9	53.4
Cycle (msec.)						
Marshmallows	560.0	99.8	580.9	137.2	544.3	84.1
Raisins	579.0	86.0	614.5	117.9	580.5	119.3
Peanuts	584.2	101.4	644.6	134.4	584.9	101.0
			-----*			
Beef jerky	659.3	135.0	667.4	129.5	629.0	115.2
Chewing gum	739.4	177.8	741.2	138.9	690.2	149.9
Interval (msec.)						
Marshmallows	285.4	63.8	307.7	103.8	277.4	60.8
Raisins	278.4	57.0	304.8	67.1	294.6	79.3
Peanuts	226.3	55.5	257.8	61.3	243.2	50.1
			-----*			
Beef jerkey	271.1	59.9	288.7	78.6	269.4	72.5
Chewing gum	360.6	118.9	356.4	81.3	333.3	111.8

* p < 0.05

Table 5-c Comparison of coefficient of variation in chewing rhythm in three age groups

	3 year-olds		4 year-olds		5 year-olds	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Duration						
Marshmallows	20.8	6.4	25.1	9.5	21.3	6.6
Raisins	21.0	5.2	24.1	7.2	22.7	6.1
Peanuts	25.9	8.5	27.5	8.2	26.0	7.5
Beef jerky	27.6	8.0	26.4	8.9	24.3	11.8
Chewing gum	22.0	5.5	23.4	6.3	20.1	5.1
Cycle						
Marshmallows	18.7	5.6	19.8	7.4	20.3	5.4
Raisins	13.5	5.1	20.3	8.3	19.7	6.6
Peanuts	18.0	5.7	21.3	6.6	19.2	7.7
Beef jerky	21.9	8.1	20.2	7.7	20.8	9.1
Chewing gum	19.2	6.0	20.0	7.0	15.8	4.5
Interval						
Marshmallows	31.8	8.8	29.9	10.6	33.0	9.8
Raisins	30.1	11.0	31.7	16.8	30.9	10.0
Peanuts	30.7	9.0	31.4	11.1	33.0	13.2
Beef jerky	33.5	11.3	33.4	13.1	35.4	13.3
Chewing gum	32.7	10.8	33.4	10.9	29.7	7.2

* p < 0.05

Table 5-d Comparison of muscle action potentials in three age groups

	3 year-olds		4 year-olds		5 year-olds	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Total action potentials (μv)						
Marshmallows	51685.0	18893.0	60098.7	26777.8	68731.9	38411.5
Raisins	73017.6	22382.7	81752.9	29120.5	84922.9	40896.7
Peanuts	84781.5	21900.9	110882.3	38550.3	104543.0	41334.3
Beef jerky	99105.9	35136.3	122087.6	39098.0	120191.5	48951.0
Chewing gum	97780.3	42587.0	131005.0	48956.4	134058.0	56398.7
Average potentials (μv)						
Marshmallows	189.3	69.5	220.5	91.6	266.1	154.4
Reisins	243.9	62.9	268.4	96.7	310.1	158.0
Peanuts	242.5	69.9	297.7	109.3	323.6	158.6
Beef jerky	254.6	71.9	323.6	95.3	339.3	144.5
Chewing gum	258.4	98.7	341.0	117.0	379.0	162.3

Coefficient of variation in total action potentials (%)

Marshmallows	33.1	16.8	33.4	11.6	29.0	9.8
Raisins	26.8	9.3	30.5	7.6	26.2	10.1
Peanuts	33.6	10.7	32.0	10.4	32.2	10.8
Beef jerky	37.0	12.1	34.9	11.7	31.7	13.1
Chewing gum	31.0	6.4	28.6	7.8	28.2	8.5

Coefficient of variation in average potentials (%)

Marshmallows	23.4	13.8	25.1	8.2	22.0	7.9
Raisins	18.1	6.7	20.5	6.4	17.3	7.1
Peanuts	25.5	8.5	21.6	9.0	22.1	7.5
Beef jerky	21.3	5.5	21.2	8.7	18.2	5.4
Chewing gum	18.5	5.9	16.4	5.7	16.8	7.0

* p < 0.05, ** p < 0.01

Table 5-e Comparison of chewing gum data in three age groups

	3 year-olds		4 year-olds		5 year-olds	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Bubble gum						
Sugar elution (g)	1.28	0.25	1.17	0.23	1.19	0.18
Masticatory time (sec.)	64.5	19.2	56.9	10.1	55.1	28.7
Sugar elution per second (mg)	21.1	5.5	21.1	5.1	23.8	6.5
Juicy gum						
Sugar elution (g)	1.26	0.18	0.91	0.16	0.85	0.19
Masticatory time (sec.)	78.3	16.7	60.1	11.6	55.2	9.2
Sugar elution per second (mg)	16.5	2.4	15.5	3.1	15.7	3.7

* p < 0.05, *** p < 0.001

Table 5-f Comparison of biting force and occlusal contact area in three age groups

	3 year-olds		4 year-olds		5 year-olds	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Biting force (kg)	12.5	4.3	22.3	7.9	23.6	7.7
Occlusal contact area (mm ²)	7.6	3.4	13.1	6.5	14.5	6.6

* p < 0.05

Table 6 Correlation coefficients

	AVR	AVJ	AVG	TAR	TAJ	TAG	DURR	DURJ	DURG
AVR		***	***	***	***	***	**	*	
AVJ	0.803		***	**	***	***		*	
AVG	0.818	0.780		***	***	***	*		
TAR	0.867	0.751	0.699		***	***	*		
TAJ	0.576	0.777	0.620	0.676		***	*	***	*
TAG	0.729	0.745	0.892	0.727	0.700				**
DURR	-0.254	-0.050	-0.217	0.221	0.192	-0.025		***	***
DURJ	-0.208	-0.193	-0.115	-0.021	0.433	0.026	0.343		**
DURG	-0.075	0.058	-0.142	0.161	0.238	0.285	0.444	0.254	
CYCR	-0.253	-0.010	-0.184	0.158	0.286	0.011	0.839	0.431	0.422
CYCJ	-0.221	-0.204	-0.147	-0.013	0.342	0.023	0.329	0.847	0.329
CYCG	-0.139	-0.048	-0.287	0.095	0.150	0.078	0.433	0.267	0.828
JDG	-0.123	-0.152	-0.162	-0.033	-0.036	-0.141	0.152	0.196	0.063
JT	-0.286	-0.277	-0.356	-0.137	-0.123	-0.238	0.230	0.200	0.275
JP	0.219	0.179	0.229	0.138	0.106	0.111	-0.111	-0.054	-0.230
BDG	-0.039	-0.064	-0.015	-0.101	-0.075	0.063	-0.146	-0.010	0.139
BT	-0.176	-0.165	-0.331	-0.049	-0.067	-0.172	0.214	0.100	0.396
BP	0.244	0.189	0.363	0.019	-0.013	0.200	-0.387	-0.243	-0.351
BF	0.288	0.403	0.421	0.236	0.332	0.409	-0.066	-0.065	0.019
CA	0.244	0.312	0.343	0.240	0.305	0.367	0.002	-0.001	0.086

Illustration of the

Average potential	Total action potential	Duration time	Cycle time
AVR : Raisin	TAR : Raisin	DURR : Raisin	CYCR : Raisin
AVJ : Beef jerky	TAJ : Beef jerky	DURJ : Beef jerky	CYCJ : Beef jerky
AVG : chewing gum	TAG : chewing gum	DURG : chewing gum	CYCG : Chewing gum

4) 咬合力

咬合力は、年少組から年長組にかけて大きくなり、年少組と年中組の間には有意差が認められた (Table 5-f)。

5) 咬合接触面積

咬合接触面積は年齢とともに大きくなり、年少組と年中組の間には有意差がみられた。

6) 主な変数間の相関関係

Table 6 に被験者全体の主な変数間の相関関係を示す。筋活動量では、3食品の平均電位の間に0.780~0.818 ($P < 0.001$) と高い相関が認められ、総活動電位の間にも0.676~0.700 ($P < 0.001$) の相関がみられた。ビーフジャーキーの平均電位と咬合力の間では、0.403 ($P < 0.001$)、チューインガムの平均電位と咬合力の間では0.421 ($P < 0.001$) の相関を示した。時間に関しては、筋電図における3食品それぞれの持続時間と周期の

間に0.828~0.847 ($P < 0.001$) の高い相関がみられた。また、チューインガムの溶出糖量と咀嚼時間の間には、0.610~0.653 ($P < 0.001$) の相関がみられた。

4. 幼稚園教諭が分類した噛めない子群の食行動と咀嚼機能検査の結果

幼稚園教諭が分類した噛める子・噛めない子の2群間において食行動を集計した結果を Table 7 に示す。抽出された食行動42項目の内、20項目にカイ2乗検定で有意差がみられた。

そこで、噛めない子群の食行動上の特徴をさぐるために、有意差のみられた食行動について林の数量化Ⅱ類²⁹⁾を用い、噛める子・噛めない子を外的基準として2群間の食行動について分析を行った。

その結果、2群の判別に関する各食行動の偏相関係数は Table 8 に示すとおりで、“食べるのが遅い”が

of principal variables

CYCR	CYCJ	CYCG	JDG	JT	JP	BDG	BT	BP	BF	CA
**	*			**	*			*	**	*
	*			**					***	**
		**		***	*		***	***	***	***
									*	*
**	***								***	**
				*				*	***	***
***	***	***		*			*	***		
***	***	**	*	*				*		
***	***	***		**	*		***	***		
	***	***		*			*	***		
0.461		***	*	*				***		
0.489	0.427			**			***	***		
0.136	0.225	0.148		***	***	***	*		***	
0.238	0.229	0.316	0.653		***		***	***	***	***
-0.145	-0.035	-0.192	0.469	-0.337		**	**	***		*
-0.084	0.012	0.182	0.321	0.109	0.285		***	***		*
0.232	0.187	0.551	0.245	0.492	-0.270	0.610		***	*	*
-0.429	-0.329	-0.472	-0.054	-0.440	0.483	0.391	-0.666		*	*
-0.065	0.013	-0.069	-0.329	-0.386	0.072	0.066	-0.185	0.220		***
0.061	0.117	0.060	-0.155	-0.339	0.231	0.211	-0.198	0.231	0.509	

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

symbol in this table

Juicy gum	Bubble gum
J D G : Sugar elution	B D G : Sugar elution
J T : Chewing time	B T : Chewing time
J P : Sugar elution per second	B P : Sugar elution per second
	B F : Biting force
	C A : Occlusal contact area

0.583 を示し、噛める子・噛めない子の判別に最も貢献していた。20項目全体の重相関係数は0.797を示し、噛める子・噛めない子の判別の中率は87.9%であった。

噛める子・噛めない子の2群間における咀嚼機能の比較を Table 9-a から Table 9-f に示す。試験食品の咀嚼回数は、Table 9-a に示すように、噛めない子群のほうが大きい値を示し、マシュマロとビーフジャーキーでは有意差が認められた。筋電図における咀嚼リズムでは、持続時間、周期、間隔時間ともに噛めない子群は、マシュマロにおいて噛める子群よりも短く、その他の食品ではほぼ同等か、やや長い傾向がみられた (Table 9-b)。それぞれの CV をみると、持続時間はいずれの食品においても、噛めない子群は噛める子群よりも大きい値を示したが、実測値および CV とともに両者間に有意差は認められなかった (Table 9-c)。

総活動電位および平均電位の比較では、噛める子・噛めない子の2群間に一定の傾向はみられなかった。これらの CV では、ビーフジャーキーにおいて噛めない子群が噛める子群よりも大きい値を示したが、両者間に有意差は認められなかった (Table 9-d)。

チューインガムの溶出糖量は、2種類のチューインガムともに噛めない子群のほうが噛める子群よりも溶出糖量が多い傾向がみられ、咀嚼時間も有意に長かった。時間あたりの溶出糖量では、噛めない子群のほうが小さい値を示し、バブルガムにおいては2群間に有意差が認められた (Table 9-e)。

咬合力は、噛める子群が、噛めない子群よりも大きい値を示したが、有意差は認められなかった (Table 9-f)。

咬合接触面積は、噛める子群、噛めない子群ともにほぼ等しい値を示した (Table 9-f)。

5. 食行動による被験者の分類と咀嚼機能検査の結果
被験者が示す食行動の組合せは多岐にわたり、42項目すべてに同じ組合せを示した被験者はみられなかった。このために、それぞれの食行動単独による分類では、被験者の食行動上の特徴を把握することはできない。そこで、各食行動の相互関係および被験者個人の集団内における位置関係を検討するために、林の数量化Ⅲ類²⁹⁾により分析を行った。分析に用いた食行動は、噛める子・噛めない子の2群間において有意差のみられた20項目を使用した。分析の結果得られた食行動のカテゴリスコアを Table 10 に、第Ⅰ軸と第Ⅱ軸によるカテゴリスコアの散布図を Fig. 3 に示す。また、被験者のサンプルスコアの散布図を Fig. 4-a, b に示す。Fig. 4-a の1～6の数値は、サンプルスコアを Ward 法を用いてクラスター分析²⁰⁾した群を表している。Fig. 4-b の○は噛める子、×は噛めない子として幼稚園教師に判定された幼稚園児を示している。

サンプルスコアの散布図 (Fig. 4-a) では、クラスター分析により6群に分類された被験者のうち、1・3群の44名をA群、4・5群の38名をB群、2・6群の25名をC群とした。この3群の被験者数を Table 11 に、42食行動の集計結果を、Table 12 に示す。

次に、食行動から分類した3群の咀嚼機能に関する集計結果を Table 13-a から、Table 13-f に示す。試験食品の咀嚼回数は、A群からC群にかけて増加する傾向がみられ、マシュマロを除いた3食品においてA群とC群の間に有意差が認められ、咀嚼時間においても同様の傾向がみられた (Table 13-a)。筋電図における持続時間、周期の実測値は、3群間に一定の傾向がみられなかった (Table 13-b)。持続時間の CV はC群が他の群よりも大きい傾向がみられ、ピーナッツを除く試験食品においてA群とC群の間に有意差がみられた。B群はA群よりも大きい CV 値を示したが、有意差は認められなかった (Table 13-c)。

筋電図の平均電位は、B群が他の群よりも低い傾向がみられ、A群との間にすべての食品において有意差が認められ、総活動電位の比較においても同様の傾向がみられた (Table 13-d)。これに対してC群では、A群に比べて低い値を示すものの、有意差はみられず、ピーナッツなどでは、A群とほぼ同じ値を示した。平均電位・総活動電位の CV は、ともにA群がいずれの食品においても最も小さい値を示し、ビーフジャーキーでは、B・C群との間に有意差がみられた (Table 13-d)。

チューイングガムの溶出糖量は、3群間に有意差は認められなかったが、時間あたりの溶出糖量²⁵⁾では、A群と

B・C群との間に有意差がみられた (Table 13-e)。咬合力は、A群が最も大きい値を示し、B群との間に有意差がみられた (Table 13-f)。咬合接触面積は、咬合力と同様の傾向を示し、A群とB群の間に有意差がみられた (Table 13-f)。

考 察

1. 方法論について

はじめに述べたように、従来は、咀嚼状態を把握するための具体的な観察要点が示されていなかったことから、噛めない子の基準が明確でなく、複数の研究者のデータを比較できる状態ではないために、その実態を把握することも困難であった。そこで、本研究では、まず、食物を摂取する際の一連の行動を詳細に観察することによって、噛めないとされた子どもの食行動の特性を把握し、ついで咀嚼機能の検査によって、どこに本質的な問題が存在するのかを解明しようとした。

このために噛めない子の選択に際して、幼稚園教諭には特別な条件を示さずに自由に選択するように依頼し、選択された噛めない子を食行動からみることにより、幼稚園教諭はどのようなことに注目していたのかを解明しようとした。

1) 食行動の観察について

調査方法が異なるので従来の報告との全体的な比較はできないが、観察された食行動の全体の集計 (Table 7) において、前田ら¹⁹⁾は“食べるのが遅い”では36.2%と本研究の37.4%に近く、“食べるものを吞込まず口の中にためていること”では34.8%と、本研究の“嚥下まで1分以上かかることがある”が35.5%で、ほぼ同じような割合を示していた。

学年別の集計 (Table 4) では、指しゃぶりや箸しゃぶりなどは年少組から年長組にかけて少なくなる傾向がみられ、咀嚼時に次に食べるものを持っていることは、年少組から年長組へと増加していた。これらは成長にともなった行動の変化を思わせるものであるが、他の多くの食行動は学年別に有意差がみられず、幼稚園児はすでに個人の行動様式²⁷⁾が定着していると考えられた。

2) 咀嚼検査に用いた食品について

咀嚼機能の試験食品として、従来、種々の食品が用いられてきている。筋電図学的には、Neumann²⁸⁾は40種の食品を6グループに分類し、津留ら²⁹⁾は10種の食品を用い、咀嚼動作の判定のためには1種の食品だけでは不十分であり、硬いもの、線維性のもの、粘着性のあるものなど複数の食品を咀嚼させて観察することが望ましい

Table 7 Comparison of eating behavior between two groups selected by teachers

Observed eating behaviors	噛める子 (70名)		噛めない子 (37名)		被験者全体 (107名)	
	みられる	みられない	みられる	みられない	みられる	みられない
体を頻繁に動かす	49(70.0)	21(30.0)	26(70.3)	11(29.7)	75(70.1)	32(29.9)
食事中頻繁に体の向きをかえる	32(45.7)	38(54.3)	20(54.1)	17(45.9)	52(48.6)	55(51.4)
食事中に遊び回る	7(10.0)	63(90.0)	6(16.2)	31(83.8)	13(12.1)	94(87.9)
咀嚼しない時手を机下におろす	53(75.7)	17(24.3)	33(89.2)	4(10.8)	86(80.4)	21(19.6)
咀嚼しない時手を振回す	40(57.1)	30(42.9)	17(46.0)	20(54.0)	57(53.3)	50(46.7)
咀嚼時に手を机下におろす	40(57.1)	30(42.9)	28(75.7)	9(24.3)	68(63.6)	39(36.4)
咀嚼時に手を振り回す	38(54.3)	32(45.7)	16(43.2)	21(56.8)	54(50.5)	53(49.5)
咀嚼時に頭や体をいじる	49(70.0)	21(30.0)	35(94.6)	2(5.4)**	84(78.5)	23(21.5)
頬杖をついて食べる	3(4.3)	67(95.7)	4(10.8)	33(89.2)	7(6.5)	100(93.5)
肘を机について食べる	27(38.6)	43(61.4)	20(54.1)	17(45.9)	47(43.9)	60(56.1)
弁当箱をもって食べる	4(5.7)	66(94.3)	0(0.0)	37(100)	4(3.7)	103(96.3)
片手で弁当箱を押さえて食べる	53(75.7)	17(24.3)	19(51.4)	18(48.6)*	72(67.3)	35(32.7)
咀嚼時に顔をしかめる	4(5.7)	66(94.3)	9(24.3)	28(75.7)	13(12.1)	94(87.9)
弁当箱をみながら食事する	31(44.3)	39(55.7)	6(16.2)	31(83.8)**	37(34.6)	70(65.4)
視線が頻繁に移動する	62(88.6)	8(11.4)	35(94.6)	2(5.4)	97(90.7)	10(9.3)
食べないでぼんやりする	31(44.3)	39(55.7)	34(91.9)	3(8.1)***	65(60.7)	42(39.3)
箸で食物をいじって遊ぶ	9(12.9)	61(87.1)	16(43.2)	21(56.8)***	25(23.4)	82(76.6)
ため息をつく	9(12.9)	61(87.1)	18(48.7)	19(51.3)***	27(25.2)	80(74.8)
食事しないで話す	49(70.0)	21(30.0)	28(75.7)	9(24.3)	77(72.0)	30(28.0)
食事しないで遊ぶ	40(57.1)	30(42.9)	28(75.7)	9(24.3)	68(63.6)	39(36.4)
教諭に注意されるまで食べない	13(18.6)	57(81.4)	20(54.1)	17(45.9)***	33(30.8)	74(69.2)
弁当を残すことがある	7(10.0)	63(90.0)	14(37.8)	23(62.2)**	21(19.6)	86(80.4)
食事中に指をしゃぶる	15(21.4)	55(78.6)	14(37.8)	23(62.2)	29(27.1)	78(72.9)
食事中に箸をしゃぶる	16(22.9)	54(77.1)	14(37.8)	23(62.2)	30(28.0)	77(72.0)
食物を持っても口にいけない	12(17.1)	58(82.9)	16(43.2)	21(56.8)**	28(26.2)	79(73.8)
咀嚼時に次に食べる物を持っている	25(35.7)	45(64.3)	8(21.6)	29(78.4)	33(30.8)	74(69.2)
弁当箱に口をつけて食物をかきこむ	9(12.9)	61(87.1)	1(2.7)	36(97.3)	10(9.3)	97(90.7)
嚥下後すぐに次の食物を口にに入れる	58(82.9)	12(17.1)	14(37.8)	23(62.2)***	72(67.3)	35(32.7)
食物を口に入れると箸を置く	42(60.0)	28(40.0)	32(86.5)	5(13.5)**	74(69.2)	33(30.8)
食物をなめてから口に入れる	6(8.6)	64(91.4)	3(8.1)	34(91.9)	9(8.4)	98(91.6)
食物を少しずつ口に入れる	55(78.6)	15(21.4)	37(100)	0(0.0)**	92(86.0)	15(14.0)
食物を口に入れても噛み始めない	6(8.6)	64(91.4)	15(40.5)	22(59.5)***	21(19.6)	86(80.4)
食物が口からこぼれそうになる	5(7.1)	65(92.5)	11(29.7)	26(70.3)**	16(15.0)	91(85.0)
口に入れたものを出し入れする	3(4.3)	67(95.7)	5(13.5)	32(86.5)	8(7.5)	99(92.5)
頬に食物をためる	22(31.4)	48(68.6)	30(81.1)	7(18.9)***	52(48.6)	55(51.4)
嚥下まで休まずに咀嚼する	41(58.6)	29(41.4)	5(13.5)	32(86.5)***	46(43.0)	61(57.0)
咀嚼リズムがみだれる	49(70.0)	21(30.0)	37(100)	0(0.0)***	86(80.4)	21(19.6)
咀嚼のストロークが大きい	44(62.9)	26(37.1)	22(59.5)	15(40.5)	66(61.7)	41(38.3)
咀嚼時に噛みしめている	47(67.1)	23(32.9)	16(43.2)	21(56.8)*	63(58.9)	44(41.1)
嚥下まで1分以上かかることがある	13(18.6)	57(81.4)	25(67.6)	12(32.4)***	38(35.5)	69(64.5)
食べるのが遅い	9(12.9)	61(87.1)	31(83.8)	6(16.2)***	40(37.4)	67(62.6)
食物を飲物で流し込む	20(28.6)	50(71.4)	16(43.2)	21(56.8)	86(80.4)	71(66.4)

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 (%)

Table 8 Partial correlation coefficients via Haya-shi's quantification type-II for eating behavior

Eating behavior	Partial correlation
食べるのが遅い	0.582713
食べないでぼんやりする	0.284801
食物が口からこぼれそうになる	0.231911
片手で弁当箱を押さえて食べる	0.229569
食物を口に入れても噛み始めない	0.187354
ため息をつく	0.177648
頬に食物をためる	0.174297
嚥下後すぐに次の食物を口にいれる	0.149041
嚥下まで休まず咀嚼する	0.147734
食物を持っても口にいけない	0.123432
食物を口に入れたと箸を置く	0.122139
弁当を残すことがある	0.116904
食物を少しずつ口に入れる	0.049354
咀嚼リズムがみだれる	0.046844
嚥下まで1分以上かかることがある	0.044206
教諭に注意されるまで食べない	0.037534
咀嚼時に噛みしめている	0.030455
弁当箱をみながら食事する	0.022469
箸で食物をいじって遊ぶ	0.005145
咀嚼時に頭や体をいじる	0.003162
重相関係数	0.797543
判別の中率	87.9(%)

としている。食物粉碎能の試験食品としては、Yurkstasら³⁰⁾は35種の食品を試験し、ハム、プルーン、人参が最適であるとし、Manlyら³¹⁾はピーナッツを、わが国では石原³²⁾以来、生米を使用する研究³³⁾が多くみられる。最近では、チューインガムを使用した方法¹⁹⁾あるいはATP 顆粒を使用した方法³⁴⁾などがみられる。本研究では対象が幼稚園児であるため、自然に食べられ苦痛をともしなわずに協力を得やすいことを考慮して試験食品を選択した。

3) 筋電図の測定について

咀嚼機能の測定として Neumann²⁸⁾が、種々の食品を咀嚼した際の筋電図の振幅を報告して以来、咀嚼運動を神経生理学的に検索するもの³⁵⁾として用いられ、種々の食品による筋電図学的な変化も検討されている。この際に問題になるのが、咀嚼開始から嚥下までにいたる間の測定時期である。津留ら²⁹⁾は、成人を対象にして10種類の食品について咀嚼開始から嚥下にいたる全期間について測定を行い、初期、中期、末期に分類して食品差を検討し、初期において食品の特性および個人差が最も顕著であると述べている。旭爪³⁶⁾は咀嚼初期には個人内誤差が大きいためとして、咀嚼中期の5ストロークを計測し、アルバラートら¹⁸⁾は、チューインガムの第6ストロークから10ストロークを計測している。また、田中³⁷⁾は、咀嚼開始直後から20ストロークを計測している。本研究では食品差、個人差が重要であるために咀嚼初期の状態を計

Table 9-a Comparison of number of chewing strokes and chewing time between two groups

	噛める子		噛めない子	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Number of chewing strokes				
Marshmallows	26.2	14.6	36.3	24.6
	-----*			
Reisins	39.4	19.1	47.6	25.9
Peanuts	57.1	26.6	68.8	40.6
Beef jerky	64.7	30.8	84.0	47.6
	-----*			
Chewing time (sec.)				
Marshmallows	17.3	10.6	24.1	18.1
	-----*			
Raisins	26.2	13.9	33.2	22.3
Peanuts	37.6	20.7	46.9	31.6
Beef jerky	42.3	20.7	53.1	29.4
	-----*			

* p < 0.05

Table 9-b Comparison of chewing rhythm between two groups
(Duration, Cycle and Interval in EMG)

	噛める子		噛めない子	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Duration (msec.)				
Marshmallows	276.8	47.9	265.1	36.6
Raisins	297.1	59.5	303.9	63.1
Peanuts	362.2	80.5	369.7	82.8
Beef jerky	374.8	81.5	374.9	79.5
Chewing gum	372.1	75.6	378.2	67.9
Cycle (msec.)				
Marshmallows	569.6	126.0	553.2	85.7
Raisins	584.3	105.9	613.5	120.7
Peanuts	606.0	125.2	614.7	106.5
Beef jerky	650.0	133.7	658.1	112.6
Chewing gum	711.2	157.5	748.5	144.3
Interval (msec.)				
Marshmallows	293.2	93.3	290.8	60.2
Raisins	287.3	61.8	309.1	80.6
Peanuts	243.9	60.4	247.8	50.9
Beef jerky	275.2	77.6	283.2	61.5
Chewing gum	330.3	107.8	364.6	101.8

Table 9-c Comparison of coefficient of variation in chewing rhythm
between two groups

	噛める子		噛めない子	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Duration				
Marshmallows	21.6	7.2	24.8	9.3
Raisins	22.3	6.1	24.0	7.1
Peanuts	25.9	7.2	27.9	9.3
Beef jerky	25.3	9.5	27.3	10.2
Chewing gum	21.5	6.1	22.9	5.3
Cycle				
Marshmallows	19.7	6.8	19.4	5.4
Raisins	18.6	7.0	21.6	6.7
Peanuts	19.3	6.0	21.5	8.3
Beef jerky	20.6	7.7	21.2	9.2
Chewing gum	17.7	6.0	19.8	6.6
Interval				
Marshmallows	31.2	10.4	31.0	8.2
Raisins	29.5	14.5	33.8	10.6
Peanuts	31.5	11.0	32.8	12.6
Beef jerky	34.4	12.7	33.4	12.7
Chewing gum	31.4	10.1	33.2	9.5

Table 9-d Comparison of muscle action potentials between two groups

	噛める子		噛めない子	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Total action potentials (μ v)				
Marshmallows	61519.2	30756.4	58991.6	29079.2
Raisins	80860.1	33709.2	80066.1	29368.1
Peanuts	99154.0	35031.3	106769.5	43786.1
Beef jerky	119003.8	44044.9	109357.9	38979.4
Chewing gum	124159.0	52241.2	122599.6	51823.3
Average potentials (μ v)				
Marshmallows	230.3	124.9	220.9	95.1
Raisins	279.8	125.9	268.4	96.9
Peanuts	287.1	122.2	299.6	124.1
Beef jerky	321.9	120.4	291.3	97.5
Chewing gum	335.8	140.8	326.5	130.0
Coefficient of variation in total action potentials (%)				
Marshmallows	32.0	13.3	31.0	11.1
Raisins	27.4	8.2	29.6	10.6
Peanuts	33.0	11.0	32.2	10.4
Beef jerky	32.0	12.0	38.8	11.9
Chewing gum	29.1	8.1	29.0	7.2
Coefficient of variation in average potentials (%)				
Marshmallows	24.0	10.9	22.8	7.8
Raisins	18.7	6.9	19.0	6.9
Peanuts	23.0	8.5	22.6	8.5
Beef jerky	19.2	5.8	22.3	8.7
Chewing gum	17.5	6.0	16.2	6.5

Table 9-e Comparison of chewing gum data between two groups

	噛める子		噛めない子	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Bubble gum				
Sugar elution (g)	1.19	0.21	1.23	0.25
Chewing time (sec.)	54.1	12.3	66.1	28.7
Sugar elution per second (mg)	22.8	5.4	20.4	6.3
Juicy gum				
Sugar elution (g)	0.96	0.24	1.00	0.24
Chewing time (sec.)	60.5	14.2	67.2	15.9
Sugar elution per second (mg)	16.1	3.3	15.2	2.8

* $p < 0.05$

Table 9-f Comparison of biting force and occlusal contact area between two groups

	噛める子		噛めない子	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Biting force (kg)	21.4	8.9	18.6	7.1
Occlusal contact area (mm ²)	12.7	6.3	11.2	6.9

測したが、第1ストロークの咀嚼においては多くの被験者が食品を試すような噛み方を、筋電図的にもビデオ記録においても示したため、チューインガムを除いた4食品については、第2ストロークから連続した10ストロークの計測とし、試験食品中最も体積の大きいチューインガムについては、最初の5ストロークを除いた第6ストロークから10ストロークを計測した。

筋電図の測定法について、食物を噛んでいる作業側と噛んでいない平衡側についての比較³⁷⁾、あるいは側頭筋と咬筋の比較^{14,38)}が行われている。しかし個人の評価としてどこ筋肉を測定するかについての基準が確立されていないため、個人の総合力をみる目的から本研究では測定した4筋の平均を個人の値として使用した。

4) 成長と咀嚼機能について

食品の咀嚼回数、咀嚼時間、筋電図の総活動電位、平均電位などはいずれの学年内においてもマシュマロ<レーズン<ピーナッツ<ビーフジャーキーの順に増加し、硬い食品になるほど咀嚼回数、咀嚼時間、筋放電量が大きくなる傾向がみられた。これは食品の咀嚼回数について、Thexton ら³⁹⁾は、猫を用いた実験で食物の硬さとともに咀嚼回数は増加すると報告し、柴崎ら⁴⁰⁾は、小児を対象としてビスケットの硬さと咀嚼筋活動について検討し、硬いビスケットほど、咀嚼回数、咀嚼時間は増加すると報告したこと、また、津留ら²⁹⁾、川畑³⁵⁾、田中ら³⁷⁾、Horio ら⁴¹⁾が、硬い食品ほど筋活動量は増加すると報告したことと一致していた。

学年別測定値をみると、ピーナッツやビーフジャーキーなどの硬い食品では、年齢とともに平均電位が大きくなり、咀嚼回数、咀嚼時間が減少する傾向がみられた。幼稚園児の成長にともなう咀嚼機能の発達について、伊藤⁹⁾は、ピーナッツの咀嚼能力は加齢的に向上し4歳から5歳にかけては歯数に差がないのに急激な粗粉碎能の向上が明らかであることを報告している。本研究において、筋力を表す咬合力や咀嚼時の平均電位は学年とともに増大し、平均電位と咬合力の間には0.403~0.421 ($P<0.001$)の相関がみられたところから、硬い食品では筋力の発達状態が現れると考えられた。これに対してマ

シュマロやレーズンなどの軟性食品では、年中組の方が年少組よりも平均電位では大きい、咀嚼回数や咀嚼時間も増加するという傾向がみられた。軟かい食品では、随意性に乏しく、反射性に富んだ運動がみられる⁴²⁾といわれていることから、筋力や形態的な差よりもむしろ、個人のもつ咀嚼の行動様式²⁷⁾が現れ、幼児期においてすでに個人的な発達の差が現れているものと考えられた。

一方、チューインガムの溶出糖量は、年少組が最大値を示した。咀嚼時間についても年少組が最も長く、溶出糖量と咀嚼時間の間には、ジューシィガムでは0.653、バブルガムでは0.610の相関関係がみられた (Table 6)。長沢ら⁴³⁾は、チューインガムの溶出糖量と咀嚼時間間に相関がみられ、咀嚼時間の長い被験者は溶出糖量も増加すると報告している。広瀬ら²⁵⁾が推奨した時間当りの溶出糖量をみても、年齢による咀嚼能力の向上は、はっきりせず、チューインガム法²⁰⁾は咀嚼時間の影響が大きいと考えられた。以上から、チューインガム法による咀嚼能力の測定は、他の測定法に比べ簡便で、子どもにも実施しやすいところから導入したが、幼稚園児においては咀嚼能力を表すというよりは、一定の咀嚼回数における咀嚼時間を測ることにより、個人の持つ咀嚼リズムの測定に適していると思われた。

2. 幼稚園教諭が分類した噛めない子群の食行動特性と咀嚼機能について

幼稚園教諭が分類した噛める子・噛めない子の2群間の判別に関する各食行動の偏相関係数は、Table 8に示すとおりで、“食べるのが遅い”が0.583を示し、噛める子・噛めない子の判別に最も貢献していた。“食べるのが遅い”は、観察期間中において昼食時に最後まで残る子ども達を示したもので、他の項目に比べ相関が著しく高いところから、幼稚園教諭にとっては、食事の速度が最も印象に残るものであったように考えられる。

“食べないでぼんやりする”は、子どもが食事中に食べることも話すこともなく、呆然としている状態を示すもので、“ため息をつく”とともに周囲の子ども達から孤立している状態を示すものと思われた。食事中の会話

Table 10 Category score on eating behavior according to Hayashi's quantification method III

Items of eating behavior		Number of observations	Dim. 1	Dim. 2
A	咀嚼時に頭や体をいじる (A1 みられる)	84	0.5741	-1.5809
	(A2 みられない)	23	-2.0966	5.7736
B	片手で弁当箱を押さえて食べる (B1 みられる)	72	-0.6106	1.0334
	(B2 みられない)	35	1.2562	-2.1258
C	弁当箱をしながら食事する (C1 みられる)	37	-2.0066	6.3962
	(C2 みられない)	70	1.0606	-3.3809
D	食べないでぼんやりする (D1 みられる)	65	1.3523	-0.8980
	(D2 みられない)	42	-2.0929	1.3898
E	箸で食物をいじって遊ぶ (E1 みられる)	25	3.0650	8.2778
	(E2 みられない)	82	-0.9345	-2.5237
F	ため息をつく (F1 みられる)	27	3.4883	8.4751
	(F2 みられない)	80	-1.1773	-2.8603
G	教諭に注意されるまで食べない (G1 みられる)	33	2.6402	2.9824
	(G2 みられない)	74	-1.1774	-1.3300
H	弁当を残すことがある (H1 みられる)	21	3.4482	10.0802
	(H2 みられない)	86	-0.8420	-2.4614
I	食物を持っても口にいけない (I1 みられる)	28	2.6753	5.0012
	(I2 みられない)	79	-0.9482	-1.7726
J	嚥下後すぐに次の食物を口にに入れる (J1 みられる)	72	-1.0952	0.6726
	(J2 みられない)	35	2.2530	-1.3836
K	食物を口に入れると箸を置く (K1 みられる)	74	0.9224	-4.2050
	(K2 みられない)	33	-2.0684	9.4295
L	食物を少しずつ口に入れる (L1 みられる)	92	0.5858	-2.2651
	(L2 みられない)	15	-3.5928	13.8925
M	食物を口に入れても噛み始めない (M1 みられる)	21	3.3170	2.5063
	(M2 みられない)	86	-0.8099	-0.6120
N	食物が口からこぼれそうになる (N1 みられる)	16	2.0909	3.1903
	(N2 みられない)	91	-0.3676	-0.5609
O	頬に食物をためる (O1 みられる)	52	2.0582	-0.6561
	(O2 みられない)	55	-1.9460	0.6203
P	嚥下まで休まずに咀嚼する (P1 みられる)	46	-2.3865	2.7967
	(P2 みられない)	61	1.7996	-2.1090
Q	咀嚼リズムがみられる (Q1 みられる)	86	0.8038	-2.3534
	(Q2 みられない)	21	-3.2917	9.6379
R	咀嚼時に噛みしめている (R1 みられる)	63	-1.3475	-0.3406
	(R2 みられない)	44	1.9294	0.4877
S	嚥下までに1分以上かかることがある (S1 みられる)	38	2.7537	1.9439
	(S2 みられない)	69	-1.5165	-1.0706
T	食べるのが遅い (T1 みられる)	40	2.6557	2.7887
	(T2 みられない)	67	-1.5855	-1.6649

The symbols of Items (A1~T2) are used in Fig. 4, in order to point out locations of categories.

Fig. 3 Plot of category score for each behavior by Hayashi's quantification method III.

や体の動きなどには2群間の差が認められなかったところから、幼稚園教諭が分類した噛めない子群の子どもは、周囲と活発に話しながらも、食物を食べずに一人ではぼんやりする傾向があることを示すものと考えられた。また、“食物を口に入れても噛み始めない”、“頬に食物をためる”などは、結果として食事の速度に関係するところから、“食べるのが遅い”ということの原因と思われる。

一方、20項目全体の重相関係数は0.797を示し、他にも要因の存在を示唆するものであったが、噛める子・噛めない子の判別率の中率は87.9% (Table 8) であったところから、幼稚園教諭が分類した噛めない子は、食べるのが遅く、食べずにぼんやりとして、ため息をつき、食物を口に入れても噛み始めないなどの食行動で代表されると考えられた。

次に咀嚼機能検査の結果をみると、噛めない子群は噛める子群よりも試験食品の咀嚼回数が多く、咀嚼時間も

長い傾向がみられた。チューインガム咀嚼においても、噛めない子群は噛める子群よりも咀嚼時間が有意に長かった。これらは食べるのが遅いことに注目して選択されたと考えられた噛めない子群の子どもは、検査においても噛める子群よりも食品の咀嚼に時間がかかることを示唆している。しかし、その要因である筋電図の持続時間、周期の実測値では一定した傾向が認められなかった。これらのCVにおいても噛めない子群のほうが大きい傾向を示し、咀嚼リズムの変動が大きいことをうかがわれたが、有意差はみられなかった。また、咬合力や筋活動量においても、噛めない子群は噛める子群に比べ小さい傾向がみられたが、いずれも有意差はみられなかった。

以上のことは、幼稚園教諭は子どもの食事の速度に注目して分類したと推察され、咀嚼機能検査においても同様のことが示唆されることから、幼稚園教諭は一面において子どもをよく観察していたと考えられた。

3. 食行動による被験者の分類と咀嚼機能について
 それぞれの食行動のカテゴリスコア (Table 10, Fig. 3) をみると, I軸では“弁当を残すことがある”“食物を口に入れても噛み始めない”, “ため息をつく”, “箸で食物をいじって遊ぶ” などが大きい値を示し, これらは主として食事に対する意欲を表しているものと考えられた。これに対してII軸では, “食物を少しづつ口にいれることはない”, “弁当を残すことがある”, “咀嚼のリズムがみだれない” などを主とする合成変量で, 複合した要因を表していると考えられた。

同じような動きがみられたカテゴリスコアを整理すると, 食行動は, Fig. 3 に示すように①～⑤の5群に

Fig. 4-a Plot of sample score from Hayashi's quantification method III for each examinee.

分類することができる。①は弁当を残すことがあるなど, 食欲を感じさせない態度で, ②の食物を口に入れても噛み始めないなど, 咀嚼時における消極的な行動とあわせて食べようとする生理的な動機が欠けている状態を示しているものと考えられた。③④⑤は, ①②と反対の位置関係を示し, これらは食事や咀嚼に対する積極的な行動を示すものと考えられた。

サンプルスコアをクラスター分析により分類した3

Fig. 4-b Plot of sample score with judgment of teachers.

Table 11 Number of children in three groups obtained by Hayashi's quantification method III

		3 year-old	4 year-old	5 year-old	Total
Group A	Males	5	10	8	23
	Females	6	8	7	21
	A Total	11(10.3)	18(16.8)	15(14.0)	44(41.1)
Group B	Males	5	3	3	11
	Females	8	8	11	27
	B Total	13(12.1)	11(10.3)	14(13.1)	38(35.5)
Group C	Males	2	7	1	10
	Females	1	9	5	15
	C Total	3(2.8)	16(15.0)	6(5.6)	25(23.4)
Total		27(25.2)	45(42.1)	35(32.7)	107(100.0)

(%)

Table 12 Comparison of eating behavior among three groups analyzed by Hayashi's quantification method III

Observed eating behaviors	Group A (44)		Group B (38)		Group C (25)	
	みられる	みられない	みられる	みられない	みられる	みられない
体を頻繁に動かす	30(68.2)	14(31.8)	25(65.8)	13(34.2)	20(80.0)	5(20.0)
食事中頻繁に体の向きをかえる	16(36.4)	28(63.6)	21(55.3)	17(44.7)	15(60.0)	10(40.0)
食事中に遊び回る	5(11.4)	39(88.6)	5(13.2)	33(86.8)	3(12.0)	22(88.0)
咀嚼しない時手を机下におろす	33(75.0)	11(25.0)	32(84.2)	6(15.8)	21(84.0)	4(16.0)
咀嚼しない時手を振回す	25(56.8)	19(43.2)	18(47.4)	20(52.6)	14(56.0)	11(44.0)
咀嚼時に手を机下におろす	22(50.0)	22(50.0)	25(65.8)	13(34.2)	21(84.0)	4(16.0)*
咀嚼時に手を振り回す	25(56.8)	19(43.2)	15(39.5)	23(60.5)	14(56.0)	11(44.0)
咀嚼時に頭や体をいじる	27(61.4)	17(38.6)	33(86.8)	5(13.2)	24(96.0)	1(4.0)**
頬杖をついて食べる	1(2.3)	43(97.7)	3(7.9)	35(92.1)	3(12.0)	22(88.0)
肘を机について食べる	16(36.4)	28(63.6)	21(55.3)	17(44.7)	10(40.0)	15(60.0)
弁当箱をもって食べる	4(9.1)	40(90.9)	0(0.0)	38(100)	0(0.0)	25(100)
片手で弁当箱を押さえて食べる	37(84.1)	7(15.9)	22(57.9)	16(42.1)	13(52.0)	12(48.0)**
咀嚼時に顔をしかめる	0(0.0)	44(100)	6(15.8)	32(84.2)	7(28.0)	18(72.0)
弁当箱をみながら食事する	30(68.2)	14(31.8)	3(7.9)	35(92.1)	4(16.0)	21(84.0)***
視線が頻繁に移動する	36(81.8)	8(18.2)	37(97.4)	1(2.6)	24(96.0)	1(4.0)
食べないでぼんやりする	13(29.5)	31(70.5)	28(73.7)	10(26.3)	24(96.0)	1(4.0)***
箸で食物をいじって遊ぶ	2(4.5)	42(95.5)	5(13.2)	33(86.8)	18(72.0)	7(28.0)***
ため息をつく	0(0.0)	44(100)	4(10.5)	34(89.5)	23(92.0)	2(8.0)***
食事しないで話す	27(61.4)	17(38.6)	31(81.6)	7(18.4)	19(76.0)	6(24.0)
食事しないで遊ぶ	23(52.3)	21(47.7)	26(68.4)	12(31.6)	19(76.0)	6(24.0)
教諭に注意されるまで食べない	3(6.8)	41(93.2)	10(26.3)	28(73.7)	20(80.0)	5(20.0)***
弁当を残すことがある	1(2.3)	43(97.7)	1(2.6)	37(97.4)	19(76.0)	6(24.0)***
食事中に指をしゃぶる	7(15.9)	37(84.1)	13(34.2)	25(65.8)	9(36.0)	16(64.0)
食事中に箸をしゃぶる	7(15.9)	37(84.1)	14(36.8)	24(63.2)	9(36.0)	16(64.0)
食物を持っても口にいけない	2(4.5)	42(9.5)	9(23.7)	29(76.3)	17(68.0)	8(32.0)***
咀嚼時に次に食べる物を持っている	28(63.6)	16(36.4)	25(65.8)	13(34.2)	21(84.0)	4(16.0)
弁当箱に口をつけて食物をかきこむ	9(20.5)	35(79.5)	1(2.6)	37(97.4)	0(0.0)	25(100)**
嚥下後すぐに次の食物を口にに入れる	42(95.5)	2(4.5)	21(55.3)	17(44.7)	9(36.0)	16(64.0)***
食物を口に入れると箸を置く	16(36.4)	28(63.4)	37(97.4)	1(2.6)	21(84.0)	4(16.0)***
食物をなめてから口に入れる	2(4.5)	42(95.5)	2(5.3)	36(94.7)	5(20.0)	20(80.0)
食物を少しずつ口に入れる	29(65.9)	15(34.1)	38(100)	0(0.0)	25(100)	0(0.0)***
食物を口に入れても噛み始めない	0(0.0)	44(100)	8(21.1)	30(78.9)	13(52.0)	12(48.0)***
食物が口からこぼれそうになる	2(4.5)	42(95.5)	5(13.2)	33(86.8)	9(36.0)	16(64.0)**
口に入れたものを出し入れする	1(2.3)	43(97.7)	4(10.5)	34(89.5)	3(12.0)	22(88.0)
頬に食物をためる	3(6.8)	41(93.2)	25(65.8)	13(34.2)	24(96.0)	1(4.0)***
嚥下まで休まずに咀嚼する	40(90.9)	4(9.1)	5(13.2)	33(86.8)	1(4.0)	24(96.0)***
咀嚼リズムがみだれる	23(52.3)	21(47.7)	38(100)	0(0.0)	25(100)	0(0.0)***
咀嚼のストロークが大きい	34(77.3)	10(22.7)	25(65.8)	13(34.2)	7(28.0)	18(72.0)***
咀嚼時に噛みしめている	37(84.1)	7(15.9)	22(57.9)	16(42.1)	4(16.0)	21(84.0)***
嚥下まで1分以上かかることがある	0(0.0)	44(100)	16(42.1)	22(57.9)	22(88.0)	3(12.0)***
食べるのが遅い	1(2.3)	43(97.7)	14(36.8)	24(63.2)	25(100)	0(0.0)***
食物を飲物で流し込む	7(15.9)	37(84.1)	12(31.6)	26(68.4)	17(68.0)	8(32.0)***

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ (%)

Table 13-a Comparison of number of chewing strokes and chewing time among three groups

	Group A		Group B		Group C	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Number of chewing strokes						
Marshmallows	26.2	14.6	29.6	18.5	36.4	25.9
Raisins	39.0	16.4	39.9	24.0	52.0	25.3
Peanuts	53.5	19.3	58.8	32.4	78.4	43.9
Beef jerky	63.0	29.3	66.8	31.8	93.5	52.5
Chewing time (sec.)						
Marshmallows	16.8	10.4	19.7	13.5	24.8	19.1
Raisins	25.4	11.8	27.4	17.7	36.5	23.4
Peanuts	34.0	15.4	40.0	24.3	54.0	34.9
Beef jerky	39.8	17.1	45.4	24.8	58.3	31.0

* p < 0.05

Table 13-b Comparison of chewing rhythm among three groups
(Duration, Cycle and Interval in EMG)

	Group A		Group B		Group C	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Duration (msec.)						
Marshmallows	266.8	46.3	280.4	39.0	271.2	49.2
Raisins	292.0	59.8	303.3	57.0	306.8	67.8
Peanuts	351.4	79.3	375.9	84.0	371.9	79.4
Beef jerky	373.3	90.2	378.0	83.0	372.8	58.2
Chewing gum	362.3	74.9	390.1	75.3	371.1	68.0
Cycle (msec.)						
Marshmallows	547.2	117.4	585.0	117.3	560.3	97.9
Raisins	566.3	98.8	615.7	114.5	611.5	121.6
Peanuts	591.1	125.0	623.7	114.8	618.9	112.9
Beef Jerky	646.8	135.6	670.3	138.4	636.7	85.2
Chewing gum	692.5	159.4	754.7	156.9	733.1	130.7
Interval (msec.)						
Marshmallows	281.0	85.3	304.6	94.0	293.5	54.8
Raisins	274.4	55.7	312.5	72.6	304.0	78.4
Peanuts	239.7	59.4	247.8	52.2	251.0	61.2
Beef jerky	273.6	72.0	292.3	82.7	263.9	51.3
Chcwing gum	330.3	107.8	364.6	101.8	362.1	88.0

p < 0.05

Table 13-c Comparison of coefficient of variation in chewing rhythm among three groups

	Group A		Group B		Group C	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Duration						
Marshmallows	20.5	6.3	22.5	6.7	27.4	11.1
Raisins	21.4	5.4	22.5	5.6	25.9	8.3
Peanuts	25.8	7.0	26.1	8.2	28.8	9.3
Beef jerky	23.9	9.4	25.4	7.3	30.4	12.2
Chewing gum	20.6	5.3	22.2	5.6	24.3	6.7
Cycle						
Marshmallows	18.7	6.6	20.2	6.1	20.4	6.2
Raisins	17.6	4.1	19.7	6.2	23.0	10.4
Peanuts	19.0	5.8	20.2	7.0	21.7	8.4
Beef jerky	20.2	7.1	20.3	6.9	22.7	11.4
Chewing gum	16.9	5.2	17.6	4.7	22.3	8.4
Interval						
Marshmallows	31.3	9.8	32.2	9.6	29.1	9.4
Reisins	27.5	8.4	31.5	10.8	36.5	20.7
peanuts	31.5	11.1	33.4	10.4	30.8	13.8
Beef jerky	32.1	10.1	36.0	14.1	34.6	14.3
Chewing gum	31.4	9.9	29.6	7.4	36.6	11.8

* p<0.05, ** p<0.01

群の食行動は、カテゴリースコアを反映したものとなっている。このために3群の食行動の集計結果 (Table 12) をみると、A群では、嚥下するまでに咀嚼を休まない、嚥下後すぐに次の食物を口に入れるなど、食事に対する積極的な行動がほとんどの子どもにみられた。A群内1・3群 (Fig. 4-A) の食行動上の差は、主として⑥に属する “食物を少しづつ口に入れる” ことであり、被験者の14%にあたる1群の15名は食行動に問題がないというよりはむしろ積極的に食事に集中している子ども達の群であると考えられた。以上から、A群は、食行動に問題がない、あるいは問題はみられるが少ない、すなわち噛める子の群と考えられた。

B群は、Fig. 3の①に属するそれぞれの食行動がみられた比率は、2.6%~13.2%で、多くの被験者は食事に対する意欲を示し、嚥下後すぐにつぎの食物を口にい

れる、咀嚼時に噛みしめるなど意欲的な行動を示す者も半数を越える。しかし、③に属する食べないでぼんやりとする状態は約74%の者にみられ、嚥下まで休まずに咀嚼する子は少なく、頬に食物をためる子は66%にみられ、④に属する食物を口に入れると箸を置く行動は、38名中37名の子どもにみられた。以上から、B群は、食べようとする意欲はあるが、弁当箱をみながら食事することではなく、食物を口に入れると箸を置くなど食事の積極性に欠け、咀嚼中に噛むことを休み、食事中にぼんやりしてしまうことなどの食行動により特徴づけられる。

C群は、カテゴリースコアの散布図からも明らかに (Fig. 3)、食事に対する意欲的な行動がみられない群であり、①に属する食行動がみられた比率は、72%~92%を示し、全員が食べるのが遅く、弁当を残す子21名中19名がこの群にみられた (Table 12)。このよう

Table 13-d Comparison of muscle action potentials among three groups

	Group A		Group B		Group C	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Total action potentials (μv)						
Marshmallows	66970.6	33529.2	53796.4	26242.5	60130.8	27730.0
Raisins	84743.0	36991.9	73895.7	24777.2	83437.0	32435.8
Peanuts	106034.5	38657.6	90248.7	30895.0	111495.2	44332.2
Beef jerky	124948.1	42604.4	104768.4	42397.4	115903.5	39760.6
Chewing gum	131291.2	53883.4	113585.3	44567.6	125370.6	57815.1
Average potentials (μv)						
Marshmallows	258.3	137.0	193.9	89.9	223.5	93.6
Raisins	300.5	143.1	245.3	73.0	279.0	110.8
Peanuts	316.9	139.0	246.4	79.7	313.4	128.9
Beef jerky	345.5	130.9	274.1	94.4	307.8	90.0
Chewing gum	365.3	151.1	293.0	107.2	335.2	139.3
Coefficient of variation in total action potentials (%)						
Marshmallows	28.0	7.5	32.8	12.9	36.6	17.2
Raisins	27.0	7.9	29.3	10.3	28.6	9.2
Peanuts	31.5	11.3	34.4	10.1	32.3	10.8
Beef jerky	29.0	10.9	36.0	9.4	41.3	14.7
Chewing gum	27.6	6.9	28.9	7.3	31.9	9.2
Coefficient of variation in average potentials (%)						
Marshmallows	21.2	8.0	24.2	9.4	27.1	12.8
Raisins	18.1	7.6	19.8	6.0	18.6	6.7
Peanuts	21.4	7.0	24.8	10.5	22.6	7.2
Beef jerky	18.1	5.5	21.0	5.8	22.9	10.1
Chewing gum	16.1	5.2	17.7	5.8	17.9	8.1

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

にC群は、食事中にため息をつき、箸で食物をいじって遊び、食物を持っても口にいれず、弁当を残してしまうことがあるなど食事に対する意欲に欠け、食物を口に入れても噛み始めず、嚥下までに1分以上かかることがあるなどの食行動により特徴づけられる。

食行動の分析と幼稚園教諭の判定を比較した図をみると (Fig. 4-b), A群では、幼稚園教諭は2名を除いて嚥

める子と判定していた。B群では、38名中21名 (55.3%) が嚥める子と判定され、C群では、25名中18名 (72.0%) が嚥めない子に分類されていた。幼稚園教諭は食事の速度に注目して判定したと考えられ、B群には食べるのが遅いことに問題のない子供が24名 (63.2%) みられたところからB群の半数以上の子供が嚥める子であると判定されたと考えられた。

Table 13-e Comparison of chewing gum data among three groups

	Group A		Group B		Group C	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Bubble gum						
Sugar elution (g)	1.21	0.19	1.20	0.27	1.17	0.20
Chewing time (sec.)	50.5	10.7	61.1	16.3	67.6	31.3
	-----*		-----*		-----*	
Sugar elution per second (mg)	24.7	4.8	20.6	5.7	19.1	5.6
	-----***		-----***		-----***	
Juicy gum						
Sugar elution (g)	0.99	0.21	0.98	0.28	0.91	0.19
Chewing time (sec.)	59.7	14.8	65.1	14.9	64.5	15.2
Sugar elution per second (mg)	17.0	2.9	15.2	3.0	14.4	3.3
	-----**		-----**		-----**	

* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

Table 13-f Comparison of biting force and occlusal contact area among three groups

	Group A		Group B		Group C	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Biting force (kg)	22.4	9.2	18.6	7.9	19.6	7.0
	-----*		-----*		-----*	
Occlusal contact area (mm ²)	14.0	6.3	10.2	5.9	11.9	6.9
	-----**		-----**		-----**	

* p < 0.05, ** p < 0.01

食行動から分類した3群の咀嚼機能を比較すると、A群はB・C群に比べ、食品の咀嚼回数、咀嚼時間では、最も小さい値を示し、筋電図では、他の群に比べ短時間にリズムの変動が少なく、大きな筋活動がみられ、咬合力や咬合接触面積においても最も大きい値を示した。これらのことから、食行動上、噛める子の群と考えられた被験者は、咀嚼機能においても同様の状況が表れていたといえよう。

B群は、他の群に比べ、筋電図の平均電位、総活動電位が低く、咬合力においても3群中最も低い値を示した。これに対して咀嚼リズムに関しては、持続時間、周期に有意差はみられず、CVにおいてもA群とほとんど同じ値を示すなど、時間的な有意差はみられない。食品の咀嚼回数、咀嚼時間は、A群よりも大きい値を示すが、有意差はみられなかった。これらから、B群はA群に比べて咀嚼のリズムには差がないが、咀嚼時の筋活動は低く、咀嚼筋の発達に問題があることが示唆された。

嚥下するまでに咀嚼が断続する状態がこの群の多くの子どもにみられたこととあわせて、この群は咀嚼行動の未熟な群と考えられた。

C群は、筋電図における持続時間、周期のCVが3群中最も大きい値を示した。また、食品の咀嚼回数、咀嚼時間では、3群中最大値を示した。一方、筋活動量では総活動電位、平均電位ともにB群よりも大きく、A群よりは小さいが有意差は認められず、咬合力でも同様の傾向がみられた。これらのことは、C群は筋力はあるが、咀嚼リズムの変動が大きく、食品の咀嚼に時間がかかることを示唆するもので、この群の子どもでは、咀嚼行動の様式が身につけていないと考えられた。

最近では、食物をよく噛まずに早吞みしてしまう子どもも問題になってきている^{2,10,13,14)}。このような咀嚼のリズムは、日常の食生活において形成されてきたものと考えられるところから、よく噛まずに早吞みする子どもの解明には、日常的に摂取している食物物性についての

Fig. 5 Comparison of chewing strokes, chewing time and average potential among 6 clusters.

調査も必要であると思われる。今回の調査は、食行動の観察を昼食時に限定し、弁当の内容についての物性の検討も行っていないために一概には論じられないが、本調査における被験者の試験食品の咀嚼状態をFig. 4-aのクラスター別分類からみると、A群①クラスターに属する子ども15名とB群④クラスターに属する子ども22名の試験食品の咀嚼回数および咀嚼時間は、ほぼ同じような値を示し、最も噛みにくいと思われるビーフジャーキーなどでは、B群④クラスターの子どもの方が小さい値を示した (Fig. 5)。一方、筋電図の平均電位では、A群①クラスターの子どもは被験者全体のほぼ最大値を示すが、B群④クラスターの子どもはいずれの試験食品においても小さい傾向がみられ、マシュマロを除いた試験食品においてA群①クラスターの子どもとの間に有意差が認められた (Fig. 5)。また、咬合力についても同様の結

果であった。これらのことからB群④クラスターの子どもは、A群①クラスターよりも小さい力で咀嚼し、同じような咀嚼回数、咀嚼時間で嚥下していたことが示唆されるものであるが、嚥下時の食物物性について観察していないために確定的な結論とはならない。

B群④クラスターの食行動上の所見は、“食べるのが遅い”については22名中15名 (68.2%)に問題がみられないが、“嚥下するまで休まずに咀嚼する”ことがみられた子どもは4名 (18.2%)で、13名 (59.1%)の子どもは“頬に食物をためる”状態がみられた。

以上より、食物をよく噛まずに早吞みするという行動の判定には、食物の咀嚼回数の観察にとどまらず、咀嚼状態、食物物性、個人の嚥下域などについても観察を要すると思われ、これらについての客観的な基準を設定することは、今後の検討課題であろう。

次に、A・B・C群の具体例として3歳男児の筋電図をFig. 6に示す。A群例のサンプルスコアは、DIM1が-1.252、DIM2が0.647でFig. 4-bにおいてA群の中程に位置する。この子の個人測定値を、Fig. 6下部に示す。食行動上、この子は、食物を少しずつ口に入れること以外には、特別な問題はみられず、幼稚園教諭からのコメントもない。

B群例のサンプルスコアは、DIM1が0.263、DIM2が-1.174でFig. 4-bにおいてB群のほぼ中央に位置する。この子の筋電図は、Fig. 6からも明らかのように、咀嚼時の筋活動量が小さいことを示している。食行動的には、食欲は示すが、咀嚼時に口に入れた食物を出し入れしたり、嚥下するまでに咀嚼を休む行動がみられ、食べないでぼんやりすることもあって集中力に欠け、食事は遅い。幼稚園教諭からは、最初はいろいろな内容の弁当であったが、硬いものは噛めないで残すために、最近では常にハムサンドでこれ以外の弁当は持ってこないとのコメントがつけられていた。

C群例のサンプルスコアは、DIM1が1.639、DIM2が0.871でFig. 4-bにおいてC群の中央上部に位置する。この子の筋電図は、筋発電量は大きいにもかかわらず、リズム、筋活動ともに変動が大きいことを示している。食行動は、C群に典型的な食べようとしないことであり、食べている時間よりも話しているか、ぼんやりしている時間のほうが長い、このために1時間以上にわたり弁当箱の前に座り続けることが観察された。

これら3例の咬合接触面積は、ほぼ等しい値を示し、噛むための形態的な条件には差がないと考えられた。一方、咬合力は、A群例とB群・C群例の間に明らかな差

Case	Group A	Group B	Group C
Judgment of teachers	噛める子	噛めない子	噛めない子
Average potential (μV)	373	140	319
CV of average potential (%)	16.4	26.3	28.9
Total active potential (μV)	111351	53840	103825
CV of total active potential (%)	21.1	38.4	47.2
Duration (msec.)	303.6	371.6	321.3
CV of duration (%)	16.5	25.8	26.5
Cycle (msec.)	450.3	477.5	609.9
CV of cycle (%)	16.8	19.9	28.6
Biting force (kg)	21	4	12
Occlusal contact area (mm^2)	13.02	12.57	11.25
Height (cm)	103.9	101.5	95.9
Weight (kg)	17.7	15.0	13.0

Fig. 6 Three cases of muscle-action potentials in 3 year-old infants obtained from right masseter, when chewing beef jerky

がみられるところから、いままでにどのような筋力あるいは咀嚼リズムの発達があったか、あるいは日常の食習慣がどのようなものであるのかが、問題になると考えられた。今回は、幼稚園児の昼食内容についての調査を行っていないために、日常的な咀嚼機能量や個人の偏食傾向について検討を行っていない。いずれも噛めない子の解明に関連して、今後とも検討が必要であろう。

4. 原因論的考察

前項までに述べたことから、幼稚園児が示す食行動の組合せはほぼ3群に分けることが可能であり、咀嚼機能にも群間の差が認められた。

B群の子は、食欲はあるが、咀嚼筋の発達には問題があることが示唆された。咀嚼筋の発達について、大迫ら⁴⁴⁾は、人工哺乳マウスが自然哺乳マウスと体位の発育は変わらないにもかかわらず、咬筋重量の低下が認められたことを報告している。また、坂下⁴⁵⁾は、ヒトの授乳

形態の筋電図学的観察から、顎運動主体の哺乳パターンは母乳保育児にはみられるが、哺乳瓶保育児にはみられないことを報告している。さらに、伊藤ら⁴⁵⁾は、固形飼料と練食飼料によるマウスの継代飼育から、練食飼料では咬筋重量に有意差が生じたと報告し、覚道⁴⁶⁾は、軟食品咀嚼時におけるサルの幼年期頭蓋骨のひずみ量が小さいことから、離乳期における軟食習慣は、咀嚼機能の発達障害の原因となることを示した。また、井上ら⁴⁶⁾は、近年の顎発育の低下や歯科疾患の多発に地域差がなくなった原因として、最近40年間の急激な食生活の変容と全国的な均一化を挙げ、乳歯咬合完成期までの時期における不適当な食習慣によって、咀嚼の基礎的な能力と体力の低下がおこることを指摘している。これらのことから、B群の問題は、授乳期および、それにつづく離乳期の食生活習慣についての検討も必要であろうと思われる。

一方、C群では、食事に興味を示さないような行動がみられた。このことは、現在の日常生活における食習慣に、空腹感を起こさせないような要因、たとえば、牛乳やジュースなどの液体食の多量摂取²⁷⁾などが存在することを疑わせるものであると考えられたが、今回の調査では、保護者に対する面接調査などを行っていないので、確定的な結論とはならない。一方、咀嚼検査では、筋力はあるが、リズムや筋力の変動に問題があることから、乳歯咬合完成までの時期に咀嚼の行動様式が定着しなかった可能性があり、このため液体食の摂取につながるなど、悪循環となる可能性も考えられた。

B群の子どもは、食行動上積極性がみられるところから、筋力訓練あるいは成長にともなう筋力増強により噛める子に移行する可能性はあると思われた。これに対してC群の子どもには、食事時に空腹感をもつような規則正しい食生活指導を行い、その後に咀嚼リズムを改善する訓練が必要と考えられた。

以上指摘した問題点に関しては、本研究のような横断的な調査のみによっては、確定的な結論を得ることが困難であった。そこで今後の課題としては、保護者に対する面接などによる授乳期、固形食移行期ならびに日常生活の調査を含めた縦断的な調査への進展が必要と考えられた。

結 論

幼稚園児107名の食行動の観察と咀嚼機能の測定から以下の結論を得た。

1. 幼稚園教諭によって分類された噛めない子 (37

名)は、食行動上、食べるのが遅く、食べずにぼんやりとしてため息をつき、頬に食物をため、食物を口にいても噛み始めないなどのことによって特徴づけられる。

2. 幼稚園教諭により分類された噛めない子群の咀嚼機能検査では、食品の咀嚼回数、咀嚼時間が、噛める子群に比べて大きい値を示した。

3. 食行動の分析から、幼稚園児は、A群44名(41.1%)、B群38名(35.5%)、およびC群25名(23.4%)の3群に分類された。

4. A群は、食行動上の問題がないか、あるいはほとんどいない子どもから構成され、幼稚園教諭の分類とあわせて、噛める子群であると、考えられた。

5. A群は、咀嚼機能検査において、試験食品の咀嚼回数、咀嚼時間では、3群中最も小さい値を示した。筋電図においては、他の群に比べ短時間にリズムの変動が少なく、大きい筋活動がみられた。また、咬合力や咬合接触面積においても最も大きい値を示した。

6. B群は、食欲はあり、食べようとするが、弁当箱をみながら食事することはなく、食物を口に入れると箸を置くなど食事の積極性に欠け、咀嚼中に噛むことを休み、食事中にぼんやりとしてしまうことなどの食行動によって特徴づけられる。

7. B群は、咀嚼機能検査において、A群に比べ、すべての試験食品について咀嚼時筋電図の平均電位が低く、咬合力も小さい値を示したことから、咀嚼行動の未熟な群と考えられた。

8. C群は、食事中にため息をつき、箸で食物をいじって遊び、食物を持っても口にいかず、弁当を残してしまうことがあるなど食事に対する意欲に欠け、食物を口に入れても噛み始めず、嚥下までに1分以上かかることがあるなどの食行動によって特徴づけられる。

9. C群は、咀嚼機能検査において、A群に比べ、筋電図において咀嚼リズムの変動が大きく、硬い食品では筋活動量の変動も大きかったが、筋活動量は大きいことから、咀嚼行動の発達よりも、むしろ日常生活に問題があつて空腹感の欠如している群と考えられた。

稿を終るに臨んで、研究にご協力下さいましたキリスト教品川教会附属幼稚園園長佐伯洋一郎先生、副園長佐伯秋子先生はじめ教諭、職員の皆様に深く感謝いたします。

終始ご懇篤なご指導とご校閲を賜りました井上直彦助教授に謹んで感謝の意を捧げます。また、本研究に際し、ご援助、ご協力を頂きました歯科口腔外科の医局員にお

礼申し上げます。

本論文の要旨の一部は平成3年9月の第40回日本口腔衛生学会総会、同年10月の第50回日本公衆衛生学会総会ならびに同年12月の第39回国際歯科研究学会日本支部(JADR)総会において発表した。

文 献

- 1) 二木 武：育児と栄養一咀嚼の発達の視点から，小児科診療，**46**；31-35，1983.
- 2) 前田隆秀，今井 麗，樋口直人，斎藤健志，赤坂守人：小児の摂食機能と行動（食べ方）に関する研究，第一報，咬合力，咀嚼能力について，小児歯誌，**27**；1002-1009，1989.
- 3) 覚道幸男：咬合に関する生理学的要素，歯科医学誌，**9**；138-142，1990.
- 4) 井上直彦：咬合の小進化．歯界展望別冊歯科臨床限りなき未来のためにI，139-152，1990.
- 5) Bishara, S. E., Nowak, A. J.: Influence of feeding and non-nutritive sucking methods on the development of the dental arches: longitudinal study of the first 18 month of life. *Pediatr. Dent.*, **9**；13-21，1987.
- 6) 峰野泰久，桑原未代子，後藤明久，渡辺洋三，服部基一，養原美奈恵，大谷元彦，寛 錦子，木造博貴，佐藤公治，山内隆之，村井 猛，青山立子，岡 達：哺乳形式と乳歯咬合に関する研究，口科誌，**37**；866-861，1988.
- 7) 白川美穂子，岡本潤子，森尾善子，三浦一生，長坂信夫：乳幼児の咀嚼育成に関する研究—第一報 離乳食の咀嚼状態について，小児歯誌，**23**；666-677，1985.
- 8) 坂下玲子：母乳哺育児と哺乳瓶哺育児の吸啜パターンの検討，小児保健研究，**50**；514-520，1991.
- 9) 伊藤雅夫：小児の咀嚼能力についての研究，歯科医学，**40**；340-352，1977.
- 10) 厚生省児童家庭局母子衛生課監修：乳幼児栄養の現状—昭和60年度乳幼児栄養調査結果報告書，母子衛生研究会，東京，1-47，1986.
- 11) 石川千鶴，岡崎淑子，鈴木有希子，向山賢一郎，弘田和彦，向井美恵，佐々竜二：乳幼児の摂食機能の発達に関する研究，小児歯誌，**26**；30-40，1988.
- 12) 高橋 登，納谷賢一，益守真木雄，中野潤三郎，大浜綾子・平田順一・赤坂守人：東京都幼児基礎栄養調査について，小児歯誌，**27**；708-715，1989.
- 13) 前田隆秀，今井 麗，樋口直人，斎藤健志，赤坂守人：小児の摂食の機能と行動（食べ方）に関する研究—第2報，摂食状態と咬合力，咀嚼能力との関係について，小児歯誌，**28**；133-142，1990.
- 14) 広瀬由治，田村厚子，岩田夏彦，赤坂守人，二木 武，高野 陽：小児の摂取機能に関する研究第一報アンケートによる実態調査，小児保健研究，**47**；405-410，1988.
- 15) 塩野幸一：幼児の咀嚼筋活動様相に関する筋電図学的研究，小児歯誌，**16**；275-295，1978.
- 16) 田中康隆，虫本栄子，三谷春保：咀嚼運動のEMG 的検査に用いる各種食品の適量について，歯科医学，**48**；242-257，1985.
- 17) 横溝正幸，永長周一郎，高橋美彦，手島泰治，井上直彦：咀嚼機能検査に用いるチューインガムの検討，口腔診断誌，**1**；281-282，1989.
- 18) アルバラード・ラリナガ・グアダルーペ，寶田 貫，西田文彦，西野瑞穂：成長発達に伴う咀嚼筋の筋活動量ならびに咀嚼リズムの変化に関する研究，小児歯誌，**27**；895-906，1989.
- 19) 羽田 勝：チューインガムによる咀嚼能力の測定—測定方法の統計学的分析．広歯誌，**9**；126-132，1977.
- 20) 伊藤学而，広瀬寿秀，井上直彦：野外調査に適した咀嚼能力測定法の検討，口腔衛生会誌，**38**；289-295，1988.
- 21) 笠井仁治：ヒトの乳歯の個歯咬合力に関する研究，歯科補綴誌，**11**；27-47，1967.
- 22) 横溝正幸，中村弘之，坂下玲子，金 秀美，高橋美彦，手島泰治，井上直彦：集団調査における咬合接触面積の測定法，口腔衛生会誌，**39**；454-455，1989.
- 23) 駒澤 勉：数量化理論とデータ処理，朝倉書店，東京，1986，p. 136.
- 24) 大橋靖雄：数量化手法の SAS による実行，東京大学大型計算機センターニュース，**17**；52-64，1985.
- 25) 広瀬寿秀，伊藤学而：チューインガム法で測定した咀嚼能力と咬合および顎顔面形態との関連，日矯歯誌，**47**；746-756，1988.
- 26) SAS：CLUSTER プロシジャ，SAS/STAT ユーザーズガイド，SAS 出版局，東京，293-370，1990.
- 27) 井上直彦：口の健康と食物—危険因子を追う—口腔疾患，臨床栄養，**69**；1-8，1986.
- 28) Neumann, H. H.: Electrical action currents during mastication, *J. Dnt. Res.*, **29**；463-468，1950.
- 29) 津留宏道，広田賢徳，丸山剛郎，明石貴雄：各種食品咀嚼時における咀嚼筋活動の筋電図学的研究 I．正常咬合者について，歯科補綴誌，**10**；163-172，1966.
- 30) Yurkstas, A., Manly, R. S.: Value of different test food in estimating masticatory ability, *J. Appl. Physiology*, **3**；45-53，1950.
- 31) Manly, R. S. and Braley, L. C.: Masticatory performance and efficiency, *J. D. Res.*, **29**；448-462，1950.
- 32) 石原寿郎：篩分法による咀嚼能率の研究，口腔病学会誌，**22**；207-255，1955.

- 33) 三浦不二夫, 入江通暢, 井上直彦, 倉島晃一: 咀嚼能率の研究—I. 成長にともなう咀嚼能率の変化の観察, 日矯歯誌, **21**; 134-141, 1962.
- 34) 増田元三郎: ATP 顆粒剤を用いた吸光度法による咀嚼能力測定法について, 歯科ジャーナル, **16**; 121-130, 1982.
- 35) 川畑 衛: 各種食品咀嚼時の咀嚼筋の積分筋電図について, 歯科医学, **32**; 453-486, 1969.
- 36) 旭爪伸二: 正常咬合者と叢生者の咀嚼筋活動差に関する研究, 小児歯誌, **26**; 535-555, 1988.
- 37) 田中康隆: EMG Coordination Pattern からみた咀嚼運動の食品差について, 歯科補綴誌, **32**; 798-813, 1988.
- 38) Vitti, M. and Basmajian, J. V.: Muscles of mastication in small children: An electromiographic analysis, Am. J. Orthod., **68**; 412-419, 1975.
- 39) A. J. Thexton, Karen M. Hiiemae and A. W. Crompton: Food consistency and bite size as regulators of jaw movement during feeding in the cat, J. Neurophysiology, **44**; 456-474, 1980.
- 40) 柴崎貞二, 坂入 博, 高橋 修, 五十里一秋, 赤坂守人, 深田英明: 乳幼児用食品の硬さについての研究—第1報ビスケットの硬さの違いが咀嚼筋活動に与える影響, 小児歯誌, **19**; 497-506, 1981.
- 41) T. Horio and Y. Kawamura: Effects of texture of food on chewing patterns in the human subject, J. Oral Rehabilitation, **16**; 177-183, 1989.
- 42) 遊佐秀顕: 咬合時の顎筋反射に関する筋電図学的研究, 歯学, **61**; 800-809, 1973.
- 43) 長沢 享, 岡根秀明, 佐々木元: 咀嚼速度が咀嚼機能に及ぼす影響について, 歯基礎誌, **21**; 1-8, 1979.
- 44) 大迫恒伸, 黒江和斗, 松尾 光, 宇都博幸, 小野晴美, 押川昌一郎, 山形圭一郎, 伊藤学而: 授乳形態と顎発育に関する実験的研究, 西日本歯科矯正会誌, **33**; 33-38, 1988.
- 45) 伊藤学而, 黒江和斗, 安田秀雄, 井上直彦, 亀谷哲也: 顎骨の退化に関する実験的研究, 日矯歯誌, **41**; 708-715, 1982.
- 46) 井上直彦, 伊藤学而, 亀谷哲也: 咬合の小進化と歯科疾患—ディスクレパンシーの研究, 医歯薬出版, 東京, 1-234, 1986.