

The masticatory score and the occlusal force based on the textural properties of food for infants

Keiko YOSHIOKA^{*1}, Yoshimi MINARI^{*1}, Ai TOKIFUJI^{*1} and Taeko YONEDA^{*2}

^{*1} Department of Nutritional Sciences, Nakamura Gakuen University, 5-7-1 Befu, Johnan-ku, Fukuoka, 814-0198, Japan

^{*2} Graduate School of Health and Nutritional Sciences, Nakamura Gakuen University, 5-7-1 Befu, Johnan-ku, Fukuoka, 814-0198, Japan

Key word: infant period, masticatory score, occlusal force, textural properties, dietary behavior

Abstract

Masticating is much concerned with appetite and the adjustment of lipid and energy metabolism, besides chewing foods and having the subsidiary function to aid the foods with digestion and absorption. It also has the relationship with the brain function and has a physiological significance.

In this study we surveyed the dietary behavior concerning the mastication of the nursery school children, who are in the important age of the formation of dietary habits. The masticatory score was calculated and the relationship between the masticating power examined by the occlusal force and the masticatory behavior was investigated. 30 kinds of foods which infants are able to intake were chosen and the hardness of the textural properties of foods was examined. There was a high correlation between the hardness and the difficulty of intake, and the appropriateness of the choice of foods was confirmed. Furthermore the masticatory score calculated from the survey of food taking ability corresponded with the occlusal force, which made it possible to express the synthetic masticating power of infants quantitatively. There were a few infants who indicated a low value in the masticatory score and the occlusal force among the experimental subjects.

Therefore, it is necessary to lead the appropriate dietary behavior and is important for infants to form a good dietary habit in the infant period.

摂取食品の物性値からみた幼児の咀嚼スコアと咬合力

吉岡 慶子^{*1}, 三成 由美^{*1}, 時藤 亜衣^{*1}, 米田 妙子^{*2}

* 1 中村学園大学栄養科学部

* 2 中村学園大学大学院栄養科学研究科

キーワード

幼児期、咀嚼スコア、咬合力、テクスチャー特性、食行動

(2010年4月1日受理)

要 約

咀嚼動作は食物を噛み砕き、消化吸収を助ける補助的機能はもとより、食欲や脂質代謝の調節および熱代謝の

調節等と深く関わり、脳機能と関連して生理的意義をもつとされている。本研究では食習慣の形成に重要な時期である幼児期の保育園児を対象とし、咀嚼に関する食行動調査を行い、咀嚼スコアの算出、咬合力測定による咀嚼力について、総合的に咀嚼行動との関連性を検討した。

摂取可能食品30食品のテクスチャー試験による硬さと摂取難易度間には高い相関がみられ、食品の選択の妥当性が確認された。また、摂取可能食品の調査から算出される咀嚼スコアは、咬合力を反映するものであり、これらは幼児の総合的な咀嚼力の数値化を可能とした。対象とした幼児の中には、丸飲みすることがよくある、食事をあまり噛まない等がみられた。また、咀嚼スコアおよび咬合力が低値を示した者もいた。この時期からの適正な咀嚼行動の変容が求められ、食習慣の形成の重要性が示唆された。

結 論

咀嚼動作は食物を噛み砕き、消化吸収を助ける補助的機能はもとより、食欲や脂質代謝の調節および熱代謝の調節等と深く関わり、脳機能と関連して生理的意義をもつとされている^{1,2}。特に、近年、咀嚼と肥満との関係が明らかにされつつある。坂田らは、咀嚼動作で神経ヒスタミンが賦活され、満腹中枢を介して食欲を抑制したり、視床下部から交感神経を介して末梢エネルギー代謝を調節したりすることで、エネルギー代謝が駆動されると報告している³。このような基礎研究をもとに、松田らは咀嚼動作が中枢に及ぼす影響について臨床研究を行い、咀嚼動作が中枢におけるインスリン受容体を活性化し、インスリン分泌を促進することを明らかにしている^{4,5}。また、斎藤らは高校生を対象に咀嚼状況と肥満、食習慣との関連について調査を行い、肥満群はよく噛まずに食べるのが速いという結果を得ている⁶。一方、肥満および肥満症の予防のためには、食行動の形成に必要な時期である幼児期からの望ましい食習慣の形成が必要とされているが、幼児の咀嚼動作と肥満に関する研究は多くみられない。

他方、咀嚼力の評価法としては、主観的方法と客観的方法の2種類に分けられる。主観的評価法は主に質問紙や聞き取りによるもので、客観的評価法はグミゼリーやガムを実際に咀嚼して評価する場合や咬合圧、咬合接触面積などの補綴学的データ、舌や咀嚼筋の筋活動、下顎運動等の生理学的データを応用する手法等がある⁷⁻⁹。咀嚼力の評価はそれらの主観的方法と客観的方法を組み合わせる用いることが望ましいと考えられるが、幼児における咀嚼力のデータは少なく、評価の指標は確立されていない。

本研究では幼児期の保育園児を対象とし、咀嚼に関する食行動調査を行い、咀嚼スコアの算出、咬合力測定による咀嚼力について、総合的に咀嚼行動との関連性を検討した。

調査対象および方法

1) 調査対象

調査対象は福岡県築上郡上毛町新吉富保育所の満2歳～満5歳までの幼児45名とし、咀嚼に関する食行動調査および身長、体重、咬合力の測定が可能であった30名を分析対象とした。

2) 咀嚼に関する食行動調査

咀嚼に関する食行動調査は、保護者に聞き取り調査を行い、食べる速さ、食事時間、咀嚼程度の項目について、5段階評点尺度法で記入した。咀嚼力の主観的評価法は平井ら¹⁰の食品選択方法に準じて摂取可能食品の調査を行い、摂取難易度ごとに分類した食品30品目について摂取可能率(%)および咀嚼スコアを算出した。咀嚼スコアは、食品30品目を難易度毎に5群に分け、各群の摂取可能率の比率を係数として算出した。摂取可能食品30品目については卓上型物性測定器(TPU-2S(B))を用い、歪率80%でテクスチャー試験を行い、硬さの値と摂取難易度第1群～第5群との関係を調べた。

3) 咬合力の測定

咀嚼力の客観的評価法として、デンタルプレスケール(感圧紙法)を用い、オクルーザー(FPD-707)で咬合力(N)、面積(mm²)を測定し解析を行った。

4) 肥満度(%)の算出

肥満度(%)の算出は、幼児の身長、体重から肥満度 $[(\text{実測体重} - \text{標準体重}) / \text{標準体重} \times 100]$ を表し、標準体重は村田ら¹¹の年齢別身長別標準体重を用い、15%以上¹²を「肥満傾向」とした。さらに、対象者のBMI(Body Mass Index)[$\text{体重}(\text{kg}) \div \text{身長}(\text{m})^2$]を算出して肥満度との関係をPearsonの相関係数を用いて調べた。

5) 対象者への倫理的配慮

本研究は保育園児の保護者に予め研究の意義を十分に説明し、承諾を得たもので、中村学園大学倫理審査委員会の承認を得て実施した。

6) 統計解析

統計解析はStatistical Package for Social Science(SPSS)(16.0J, SPSS Inc., Chicago, USA)を使用し、PearsonまたはSpearmanの係数を用いて相関関係を調べ、さらに主因子法による因子分析を行った。

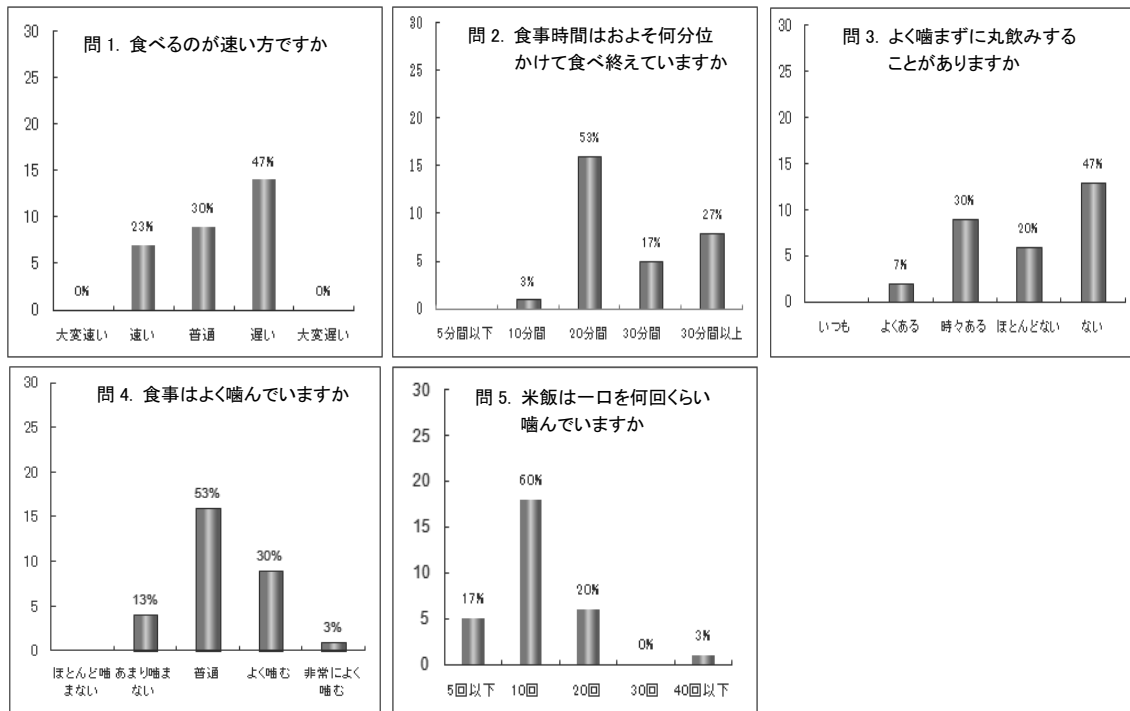


図 1. 咀嚼に関する食行動調査

結 果

1) 咀嚼に関する食行動調査

咀嚼に関する食行動調査を図 1 に示す。アンケート対象者30名の年齢構成は2歳10%、3歳33%、4歳23%、5歳33%であり、そのうち肥満度が15%以上の幼児は10%であった。

問 1. の食べる速さについては「遅い」が最も多く47%を占めていた。問 2. の食事時間では20分間以上が97%を占めていた。問 3. の丸飲みをする頻度では「よくある」、「時々ある」を合わせると37%であった。問 4. の食事の咀嚼程度について、「あまり噛まない」は13%、問 5. の米飯を噛む回数が5回以下の幼児は7%みられた。

2) 摂取可能食品の調査

摂取可能食品の調査は平井らの食品選択方法に準じて食品30品目を選択し、難易度毎に5群に分類した。その摂取難易度別30食品の分類を図 2. に示す。また、摂取可能食品30品目のテクスチャー試験による硬さと摂取難易度との関係を図 3. に示す。難易度 I の食品のかたさは、プリン $0.46[\times 10^4 \text{ N/m}^2]$ ～バナナ $6.3[\times 10^4 \text{ N/m}^2]$ の範囲であった。難易度 II の食品のかたさは、水炊きの鶏肉 $10.6[\times 10^4 \text{ N/m}^2]$ ～ローズハム $47.3[\times 10^4 \text{ N/m}^2]$ の範囲であった。難易度 III の食品のかたさは、焼き

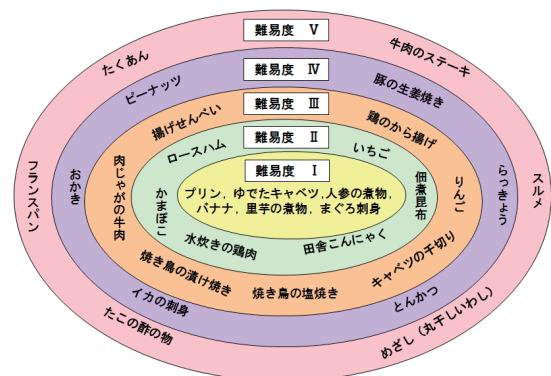


図 2. 摂取難易度別30食品の分類

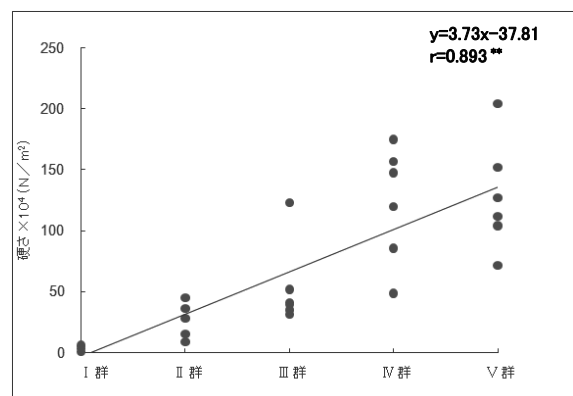


図 3. 摂取難易度別30食品の硬さと摂取難易度との関係

鳥27.0[×10⁴N/m²]～揚げせんべい123.2[×10⁴N/m²]の範囲であった。難易度の食品のかたさは、豚の生姜焼き48.5[×10⁴N/m²]～らっきょう175.0[×10⁴N/m²]の範囲であった。難易度の食品のかたさは、たこの酢の物71.4[×10⁴N/m²]～たくあん204.5[×10⁴N/m²]の範囲であった。それらの食品のテクスチャー試験による硬さと摂取難易度間には高い相関(r=0.893)が認められ、硬さの値は摂取難易度が高くなるにつれて高い値を示した。

選択した取可能食品30品目について、対象者のうち摂取経験のある者の割合を食品別に図4.示した。いちご、鶏のから揚げ、りんごおよびおかきは100%であったが、らっきょうは摂取経験率が最も低く、33.3%であった。食品群毎にみると、第Ⅰ群の摂取経験率が低い傾向がみられた。各食品の摂取可能率の算出は、摂取経験のない者のスコアが0点と同等に評価されることがないように、摂取経験者のフルスコアを100点として換算した。

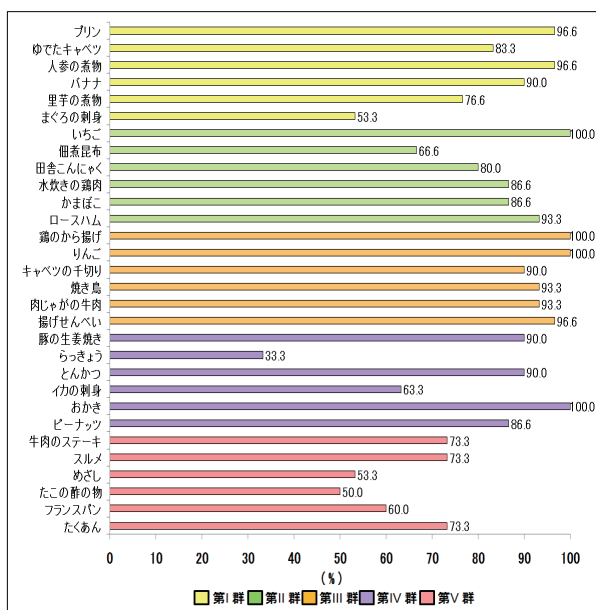


図4. 摂取難易度別30食品における食品別摂取経験率

幼児30名の各食品群における摂取可能率を図5.に示す。摂取可能率は第Ⅰ群64.6%、第Ⅱ群61.4%、第Ⅲ群51.2%、第Ⅳ群49.3%、第Ⅴ群36.6%と群～群になるにつれて摂取可能率が低下した。咀嚼スコアは、これらの摂取可能率を係数として表1.の通り算出し、各個人の咀嚼力を点数化したもので、第Ⅰ群の摂取可能率64.6%を1とすると、第Ⅱ群1.05、第Ⅲ群1.26、第Ⅳ群49.3%、第Ⅴ群1.77となり、第Ⅰ群と第Ⅴ群の間には約1.8倍の摂取難易度の差が認められた。各食品群の得点に、難易度に応じた各係数を乗じ、それらの合計点を100満点に

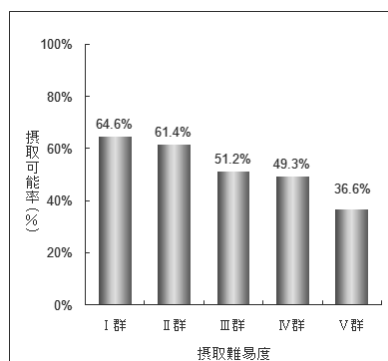


図5. 標準摂取可能率

表1. 咀嚼能力の点数化(咀嚼スコア)

群	標準摂取可能率	比	得点	
第Ⅰ群	64.6	1	6品目×2=12a
第Ⅱ群	61.4	1.05	12b
第Ⅲ群	51.2	1.26	12c
第Ⅳ群	49.3	1.31	12d
第Ⅴ群	36.6	1.77	12e
合計	—	6.39	12=76.68	
咀嚼スコア=(a+1.05b+1.26c+1.31d+1.77e)×100/76.68				

換算して咀嚼スコアを算出すると、2歳70.7～5歳77.7であった。

3) 咬合力の測定

オクルーザーによる咬合力測定例を図6.に示す。デンタルプレスケール上に印記された咬合圧の違いによる発色濃淡を圧力値に換算し、幼児の咬合接触状態を表した。デンタルプレスケールの発色点は咬合接触点を示し、咬合力(N) = 発色点の各面積(mm²) × 各平均圧(MPa)の総和から算出される。また、ヒストグラムは5 MPaごとの圧力域とその面積割合が左右に分かれて表示され、左右の圧力の分布状態が把握でき、その差が大きい幼児もみられた。

幼児の年齢からみた咬合力と咬合面積を表2.に示した。幼児の咬合力の平均値は、2歳246.40、3歳272.50、4歳281.90、5歳373.60と年齢が上がるにつれて高い値を示し、それに伴い、咬合面積も増す傾向がみられた。咬合力と咀嚼スコアの間には相関が(r=0.619)が認められ、咬合力が高い幼児ほど咀嚼スコアも高値を示した。

4) 年齢、肥満度、咀嚼スコア、咬合力および咀嚼に関する食行動調査項目の因子分析

年齢、肥満度、咀嚼スコア、咬合力および咀嚼に関する食行動調査項目について因子分析を行い、抽出された3因子8項目を表3に示す。第1因子では年齢、咬合力、咀嚼スコアの因子負荷量が高く、共通因子は「咀嚼能力」

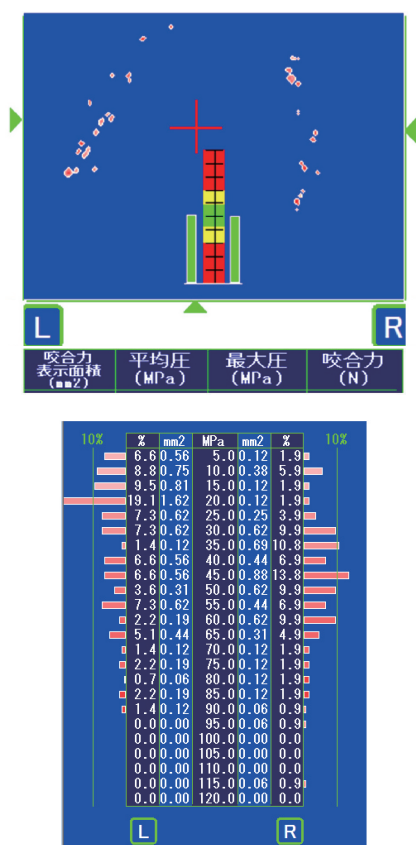


図 6. 咬合力測定例

表 2. 年齢からみた咬合力および咬合面積

年齢	2歳	3歳	4歳	5歳
咬合力 (N)	246	273	282	374
咬合面積 (mm ²)	6.6	7.4	8.9	8.7

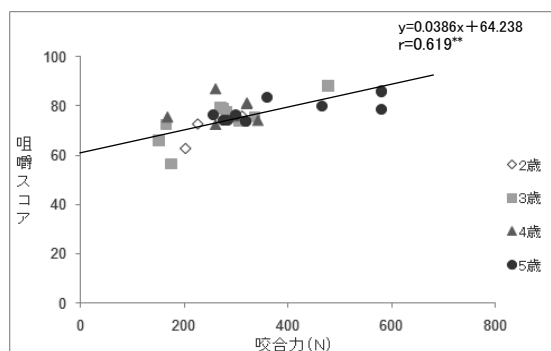


図 7. 咬合力と咀嚼スコアの関係

表 3. 年齢、肥満度、咀嚼スコア、咬合力および咀嚼に関する食行動調査項目の因子分析

項目	因子 1	因子 2	因子 3
咀嚼スコア	0.81	0.06	0.15
咬合力	0.72	-0.03	0.04
年齢	0.64	-0.18	-0.24
問 4: 食事はよく噛んでいますか	-0.07	0.95	-0.08
問 3: よく噛まずに丸飲みすることがありますか	0.02	0.51	0.12
問 5: 米飯は一口を何回くらい噛んでいますか	-0.54	0.30	0.24
問 1: 食べるのが速い方ですか	0.11	0.21	0.83
問 2: 食事時間はおよそ何分位かけて食べ終わっていますか	-0.20	-0.14	0.64
因子寄与率 (%)	21.90	15.68	11.34
累積寄与率 (%)	21.90	37.58	48.92

と読み取られ、因子寄与率から全体の約22%の分散が説明された。第2因子には丸飲みする頻度、食事を噛む程度、咀嚼回数の因子負荷量が高く、共通因子は「咀嚼の程度」とされた。第3因子は食べる速さと食事時間の因子負荷量が高く、累積寄与率より第3因子までで全体の約50%の分散が説明された。

考 察

咀嚼に関する食行動調査については、肥満度が15%以

上の幼児は10%であったが、現在、わが国における幼児の肥満度に関する調査データは極めて少ないため、この集団に対する肥満児の割合については評価し難い点がある。本研究では幼児の体格指数として、性別、身長、年齢の違いに関わりなく、標準的な体型からの隔たりを評価できるという点で優れているため、肥満度を用いた。しかし、現在、幼児の体格と生命予後に関する資料は少なく、幼児の理想的な体格の定義はされていない。本研究の対象者の肥満度とBMIとの関係を調べた結果、肥満度とBMI間には高い相関($r=0.973$)が認められ、対

象者30名においては両方の指標から同様の結果が得られるものと考えられる。

摂取可能食品については、1988年頃から補綴分野の領域で義歯装着者の咀嚼能力を評価する指標として使用されているものであるが、本研究はその方法に準じて幼児用に食品を選択し、応用したものである。摂取可能食品のテクスチャー試験による硬さと摂取難易度間に高い相関が認められたことは、摂取食品選択の物性的な妥当性を示すものと考えられた。一方、第 群については摂取経験率が低い傾向がみられ、その地域の食文化的背景を考慮して検討する必要があると考えられる。

咬合力とは咬合接触面に作用する圧縮力とされ、完全歯列を具える健康成人では平均約1,000Nといわれている¹³。咬合力は歯、歯周組織、顎骨、顎関節、筋などの顎口腔が正常な形態を維持し、本来の機能が営まれると考えられ、幼児における咬合力解析は顎口腔構造の成長、発達段階と深く関わる。幼児の正常咬合の実像は明らかにされていないのが現状であるが、対象保育園児の咬合力は健康の成人の約25%～37%に相当し、今後年齢に伴い発達していくことが推測された。

咀嚼力の評価について、咀嚼スコアと咬合力の関係をみると相関が認められ、聞き取り調査による主観的評価と機器測定による客観的評価の一致性が確認された。咀嚼スコアと咬合力の値に一致性が認められたことは、摂取可能食品の調査が幼児の咀嚼力を簡便に数値化でき、その有用性を検証するものであった。

年齢、肥満度、咀嚼スコア、咬合力および咀嚼に関する食行動調査項目の因子分析では、咀嚼行動と肥満度の間に明確な関係は認められなかった。それは食行動の蓄積がまだ少ないと考えられる幼児を対象とし、また、肥満児の人数が少なかったためと考えられる。しかし、丸飲みすることがよくある、食事をあまり噛まないと回答した幼児や、咀嚼スコア、咬合力が低値を示した幼児、さらには左右の咬合圧の差が大きいと思われる幼児がみられた。幼児期は咀嚼機能の発達期であり、吸啜から咀嚼を開始するまでの機能獲得期と、乳歯列完成から混合歯列を経て、永久歯が生えそろう成熟期に分類される¹⁴。2～3歳頃にはすでに咀嚼側が存在し、4歳頃までにはその特徴が確立されるが、その後の成長発育に伴い、咀嚼運動は変化するとされている¹⁵。さらに、幼児期は咀嚼機能の習熟期ともいわれ¹⁶、健全な成長発育を図る上でこの時期からの適正な咀嚼行動の変容が求められ、食習慣の形成の重要性が示唆された。

本研究は対象保育園児の咀嚼に関する食行動を調査し、咀嚼スコアや咬合力から咀嚼力を数値化してその実態を明らかにしたもので、幼児の咀嚼に関する資料として貴重な知見を得ることができたと考えられる。今後、幼児

の咀嚼力を評価するためにはさらに広範にわたる調査を行い、データを集積し、幼児の標準的な咀嚼スコアや咬合力、咬合平衡状況を調べ、評価の指標を作成することが必要である。それらの指標を用いて幼児の咀嚼力と咀嚼行動との関連性を明らかにすることで、食習慣の形成期である幼児の食教育の基礎資料の一助とし、食習慣の自立期から生涯に亘るまでの良好な食習慣の形成に寄与すると考えられる。

謝 辞

本研究の調査の実施に多大なご協力を頂きました福岡県築上郡上毛町新吉富保育所の皆様方に深甚なる謝意を表します。

参 考 文 献

1. 坂田利家：肥満症防止と治療における咀嚼の臨床的意義。日本味と匂学会誌, 13(2) 149-156, 2006
2. 坂田利家, 深川光司：咀嚼で駆動される中枢制御のエネルギー代謝。日本咀嚼学会雑誌, 11(2) 99-107, 2002
3. Sakata T, Yoshimatsu H, Masaki T, Tsuda K: Anti-obesity actions of mastication driven by histamine neurons in rats. *Experimental Biology and Medicine*, 228(10) 1106-1110, 2003
4. 松田秀人, 橋本和佳, 関哲哉, 吉田真琴, 増田拓也, 他7名：咀嚼のインスリン分泌に及ぼす影響(第1報)。日本咀嚼学会雑誌, 11(2) 141-145, 2002
5. 松田秀人, 橋本和佳, 関哲哉, 滝口俊男, 山本司将, 他7名：咀嚼のインスリン分泌に及ぼす影響(第2報)。日本咀嚼学会雑誌, 11(2) 147-151, 2002
6. 斎藤寛子, 江田節子：高校生の咀嚼力と肥満・食習慣との関連。山形県立米沢女子短期大学紀要, 37, 149-159, 2002
7. 富永一道, 安藤雄一：咀嚼力の評価における主観的評価と客観的評価の関係。口腔衛生会誌, 57, 166-175, 2007
8. 竹原順次, 本多丘人：成人男性集団における咀嚼機能の評価 第1報 チューインガム法による検討。口腔衛生会誌, 50, 23-30, 2000
9. Leake JL: An index of chewing ability. *J Public Health Dent*, 50(4) 262-267, 1990
10. 平井敏博, 安斎隆, 金田洸, 又井直也, 田中収, 池田和博, 内田達郎：摂取可能食品アンケートを用いた全部床義歯装着者用咀嚼機能判定表の試作。補綴誌, 32, 1261-1267, 1988
11. 伊藤善也, 奥野晃正, 村上優利香, 他9名：肥満度判定のための幼児標準身身体重曲線。小児保健研究, 55(6) 1996
12. 杉浦令子, 坂本元子, 村田光範：幼児期の生活習慣病リスクに関する研究。栄養学雑誌, 65(2) 67-73, 2007
13. 服部佳功, 佐藤智昭：咬合力測定に基づく咬合診断の可能性。顎機能誌, 12, 12-16, 2005
14. 田村康夫：咀嚼筋活動からみた小児の咀嚼発達。顎機能誌,

The masticatory score and the occlusal force based on the textural properties of food for infants

- 13, 11-15, 2006
15. 斎藤一誠, 早崎治明, 中田志保, 岩瀬陽子, 中田稔: 乳児
歯列小児と成人女性における咬合相の運動経路. 顎機能誌,
9, 13-29, 2002
16. 小松崎明, 末高武彦: 透過レーザー法による咬合平衡状況
を指標とする咀嚼機能評価法に関する研究 - 乳歯列期の評
価方法について -. 口腔衛生会誌, 53, 221-226, 2003