

原 著

硬性ガムトレーニングが混合歯列期児童の咀嚼運動 および第一大臼歯植立に与える影響

根岸 慎一 林 亮助 齋藤勝彦 葛西一貴

日本大学松戸歯学部歯科矯正学講座

NEGISHI Shinichi, HAYASHI Ryosuke, SAITOH Katsuhiko, KASAI Kazutaka

Department of Orthodontics, Nihon University School of Dentistry at Matsudo

キーワード：咀嚼トレーニング，グライインディングタイプ咀嚼，歯列弓幅径，第一大臼歯

抄録：成長期の児童に一定期間のガム咀嚼トレーニングを行うことによって、咬合力および口唇閉鎖力の向上、ならびに咀嚼パターンに変化を生じることが報告されている。本研究は、成長期の児童に対する硬性ガム咀嚼トレーニングが咀嚼運動の変化、上下顎第一大臼歯の近心頬側咬頭間幅径、頬舌的歯軸傾斜角および上顎第一大臼歯口蓋幅径の成長変化に与える影響について調査した。被験者は千葉日本大学第一小学校の44名（男児23名、女児21名）でHellmanの歯齢IIIB～IIICの児童（平均年齢 11.2 ± 0.29 歳）である。

被験者には咀嚼トレーニングとして1日2回朝夕食後の10分間、硬性ガム（DAY-UPオーラルガム〈かむトレーニング〉、（株）LION、東京）を噛むことを指導した。トレーニング期間は3か月間とし、その後3か月間の経過観察を行った。咀嚼トレーニング開始前（T1）と経過観察終了時（T2）に印象採得および顎機能検査を行い、計測を行った。また、T1の顎機能検査において、咀嚼経路幅が平均値より広いものをwide group（W群）、狭いものをnarrow group（N群）とし、両群の変化量の比較を行った。

その結果、T1とT2の比較では、咀嚼経路幅が有意に増加し、グライインディングタイプ咀嚼への変化がみられ、上下顎第一大臼歯近心頬側咬頭間幅径、下顎第一大臼歯頬舌的歯軸傾斜角ならびに上顎第一大臼歯口蓋幅径が有意に変化した。またW群とN群のT2における変化量の比較では、上下顎第一大臼歯間幅径、上顎第一大臼歯口蓋幅径および下顎第一大臼歯頬舌的歯軸傾斜角において、N群はW群より有意に増加した。

以上の結果から、硬性ガムを使用した咀嚼トレーニングは、グライインディングタイプ咀嚼を誘導し、上下顎第一大臼歯植立に影響を与え、歯列幅径が増加することが認められた。

(Orthod Waves-Jpn Ed 2010 ; 69(3) : 156-162)

Influence of masticatory exercises using hard chewing gum on chewing pattern and first molar of mixed dentition

Abstract : Masticatory exercise for a set period of time improves maximum bite force and labial-closure strength and changes masticatory patterns. The purpose of this study was to investigate the effects of masticatory exercise with hard chewing gum in children in the growing period on the change in masticatory movement, and the growth changes of dental arch width of the upper and lower first molars, bucco-lingual inclination, and the palatal width of the maxillary first molars. The subjects were 44 students (average age, 11.2 ± 0.29 years) of Chiba Nihon Daigaku Daiichi Primary School (23 boys and 21 girls) of Hellman dental developmental stage IIIB to IIIC.

The subjects were instructed to chew hard gum (DAY-UP ORAL GUM <Kamu Training>, LION Corporation, Tokyo) for 10 minutes twice daily, after breakfast and dinner as masticatory exercise. The training period was set as 3 months, followed by a 3-month observation period. We conducted impression taking and jaw function examination and subsequently measured before the masticatory exercise (T1) and after the follow-up (T2). In addition, in the jaw function examination of T1, masticatory path width wider than the average value was set as wide group (W group), and the narrower as narrow group (N group); we compared the change volume in these two groups. In the comparison of T1 and T2, the masticatory path width significantly increased and changed into grinding-type mastication and also dental arch width of the upper and lower first molars, the bucco-lingual inclination of the mandibular first molars, and the palatal width of the maxillary first molars changed significantly. Furthermore, the dental arch width of the upper and lower first molars, the palatal width of the maxillary first molars, and the bucco-lingual inclination of the mandibular first molars more significantly increased in N group than W group. In conclusion, it was demonstrated that masticatory exercise using hard gum leads to grinding-type mastication, gives impact on growth of the upper and lower first molars, and increases dentition width.

(Orthod Waves-Jpn Ed 2010 ; 69(3) : 156-162)

表1 被験食品の物性

測定値	かたさ (kgf)	凝集性	弾力性	ガム性	咀嚼性
硬性ガム	2.765	0.911	3.356	2.520	8.474
通常ガム	2.445	1.220	3.071	2.021	6.456

(文献 17 より引用)

緒 言

近年の児童の体位は30年前と比較すると著しく向上している^{1,2)}が、運動能力は低下している³⁾。歯科領域においても、軟食化の影響により咀嚼能力の低下が指摘されている⁴⁻⁷⁾。これは、市販されている食品または家庭内で調理されている料理の軟食化など、現代日本人の食生活の変化が原因といわれており⁴⁾、その結果、下顎骨の成長不足や歯列幅の狭窄による不正咬合が増加している⁸⁻¹³⁾。一方、咬合力が強クグライディングタイプ咀嚼をしているものは下顎第一大臼歯の頬側への植立変化により下顎歯列幅が増大する可能性がある¹⁴⁾という報告があり、グライディングタイプの咀嚼運動を示す食品として、硬性ガムの有効性が示唆されている¹⁵⁾。なお、先行研究¹⁶⁾において、テクスチャパラメーターとしての硬さおよび咀嚼性の高いものと定義されている(表1)¹⁷⁾。

このような背景から、硬性ガム咀嚼トレーニングの効果について根岸ら¹⁶⁾は、咬合力および口唇閉鎖力の向上ならびに咀嚼パターンのグライディングタイプへの変化がみられたと述べている。このような硬性ガム咀嚼トレーニングと咀嚼機能の変化に着目した報告¹⁸⁻²⁰⁾は散見されるものの、咀嚼トレーニングと歯列弓の形態変化の関連について調査した研究は少ない。

そこで、本研究では、硬性ガム咀嚼トレーニングを行った児童のトレーニング開始前と経過観察終了時に咀嚼パターンの評価として咀嚼経路幅を、さらに歯列弓の評価として上下顎第一大臼歯の近心頬側咬頭間幅径、頬舌の歯軸傾斜角ならびに第一大臼歯口蓋幅径を計測し、硬性ガム咀嚼トレーニングが第一大臼歯植立に与える効果について検討した。

資料および方法

I. 被験者

被験者は千葉日本大学第一小学校の44名(男児23名, 女児21名)の混合歯列期(Hellmanの歯齢IIIB~IIIC)の児童(平均年齢 11.2 ± 0.29 歳)とした。トレーニング期間は3か月間とし、その後3か月間の経過観察期間を設けた。

選定条件は臨床所見において歯周組織、顎関節、咀

嚼筋群および顎運動等に特記すべき異常を認めないこと、反対咬合ならびに、二態咬合がない児童とし、さらにトレーニング期間中に上下第一乳臼歯の脱落を認めないものとした。なお、本調査は日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認を受けている。

II. 咀嚼トレーニング用ガム

被験食品として、硬性ガム(DAY-UPオーラルガム〈かむトレーニング〉、(株)LION、東京)を利用した。硬さは2.765 kgf、凝集性は0.911、弾力性は3.356、ガム性は2.520および咀嚼性は8.474である¹⁷⁾。なお、通常ガム(MEDISH-C、(株)LION、東京)の物性も表1に記載する。

III. 咀嚼トレーニング方法

児童と保護者に、左右咀嚼側の偏りが均等化するよう「右側で10回噛んだ後、左側で10回噛む」、「口唇を閉じて噛む」などを咀嚼トレーニング開始前に指導し、1日2回朝夕食後の10分間の咀嚼トレーニングを行った。トレーニング期間は3か月間でその後3か月間の経過観察期間を設けた。また、トレーニングを行っている児童に対し、1か月後に指示の理解度および達成度の確認を行った。

IV. 計測項目

1. 咀嚼運動

咀嚼運動の計測には光学式モーションキャプチャーを応用した簡易型顎運動計測器(Diginatho、(株)ライズ、宮城)を用いた。被験者の鼻尖部および軟組織メントンに直径5 mmのマーカを取り付け、頭部を固定せずにリラックスした状態でフランクフルト平面が床と水平になるように椅子に座らせた後、主咀嚼側において30秒間のガム咀嚼を行わせた。

咀嚼経路幅の分析は、中條ら²¹⁾を参考に咀嚼開始後第5ストロークから第14ストロークまでの計10ストロークを対象として付属のソフトを用いて分析を行った。図1に示す平均咀嚼経路の分割点について、便宜的に咬頭嵌合位をLevel 0、最大開口位をLevel 10と定めて、Level 1からLevel 9にそれぞれ相当する開口路から閉口路までの距離を求めて、それらの平均値を前頭面における咀嚼経路幅とした。

また、咀嚼トレーニング開始前(以下、T1)にお

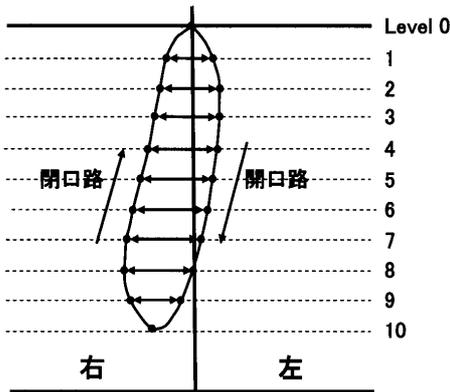


図1 咀嚼経路幅の計測

(文献 21 より引用)

咀嚼経路の分割点について、便宜的に咬頭嵌合位を level 0、最大開口位を level 10 と定めて、level 1 から level 9 にそれぞれ相当する開口路から閉口路までの距離を求め、それらの平均値を咀嚼経路幅とした。

いて、咀嚼経路幅の平均値より広いものを wide group (21 名：男児 10 名，女児 11 名，以下，W 群)，狭いものを narrow group (23 名：男児 13 名，女児 10 名，以下，N 群) とし，両群の 6 か月間の変化量の比較を行った。

2. 口腔歯列模型計測

T1，経過観察終了時（以下，T2）に採得した上下顎口腔歯列模型で，上下顎第一大臼歯近心頬側咬頭間幅径（以下，上下顎第一大臼歯間幅径）および上顎第一大臼歯口蓋幅径（以下，口蓋幅径）を電子デジタルノギス（MAX-CAL，ミットヨ，神奈川，最小メモリ 0.01 mm）を用いて計測した（図 2）。口蓋幅径は左右第一大臼歯舌面溝直下の歯頸部最深点間距離とした。

上下顎第一大臼歯頬舌的歯軸傾斜角の計測には，高精度三次元デジタイザー（Micro Scribe，日本バイナリー，東京）を用いて計測点を設定し，得られたデータを 3D/CAD 解析ソフト（KEY CREATOR Version 7.03，クボテック，大阪）にて計測した。高精度三次元デジタイザーにて計測点を設定する際，歯列模型は動かないよう固定した²²⁾。基準平面は，中切歯間乳頭頂および左右第二小臼歯と第一大臼歯の歯間乳頭頂の 3 点を通る平面とし，左右側の第二小臼歯と第一大臼歯の歯間乳頭頂を通る直線を X 軸，基準平面上でそれに直行する直線を Y 軸，また基準平面に直行する直線を Z 軸とした。計測部位は，第一大臼歯の頬面側の溝から咬合面の頬面溝への移行点と舌側面の溝から咬合面の舌面溝への移行点の 2 点を通る直線が Z 軸となす角を歯軸傾斜角とした（図 3）。

V. 統計方法

咀嚼経路幅および口腔歯列模型の T1 と T2 における各計測値の比較を Wilcoxon test による有意差検定を

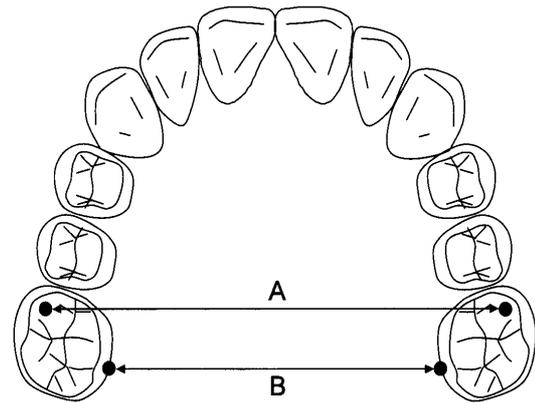


図2 計測項目

A：第一大臼歯近心頬側咬頭間幅径，B：第一大臼歯口蓋幅径

用いて行い，それぞれの危険率を有意水準 5% および 1% 以下とした。

VI. 測定誤差

計測は最初に計測した日から 1 か月後に 2 回目の計測を行い，同一標本の項目ごとに 1 回目と 2 回目の計測値を求め，paired t-test を用いて検定を行い，Dahlberg の double determination method²³⁾ により，総分散に対する誤差分散の百分率（error%）を求めた。その結果，最大誤差は距離計測では 0.87 mm，角度計測では 0.28° 以下となり有意差はみられなかった。Error% はいずれも 0.06–1.91% 以下であった。

結 果

I. 咀嚼運動の計測（表 2）

咀嚼経路幅は T2 が T1 より有意に増加した。W 群においては T1 と T2 で差はみられないが，N 群では T2 が T1 より有意に増加を示した。また，W 群と N 群の比較では，T1 においては W 群が有意に大きいが，T2 では両群間に有意な差は認められなかった。

II. 口腔歯列模型の計測（表 3）

上下顎第一大臼歯間幅径は T2 が T1 より有意に大きかった。下顎第一大臼歯頬舌的歯軸傾斜角は T2 が T1 より有意に小さく，歯軸は直立方向に変化した。さらに，口蓋幅径は T2 が T1 より有意に大きかった。また，W 群と N 群の T2 における変化量の比較では，上下顎第一大臼歯間幅径，口蓋幅径および下顎第一大臼歯歯軸において，N 群は W 群より有意に増加した（図 4）。

考 察

咀嚼能力の向上を図る咀嚼トレーニングとして，下

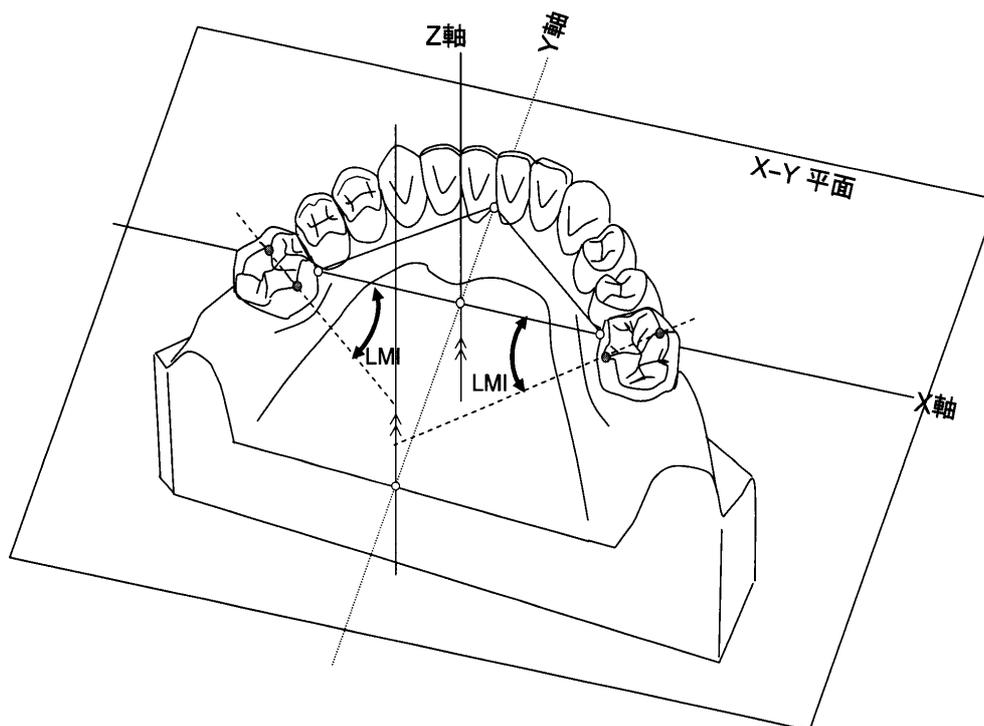


図3 第一大臼歯頬舌的歯軸傾斜角

上下顎第一大臼歯の頬側面の溝から咬合面の頬面溝への移行点と舌側面の溝から咬合面の舌面溝への移行点の2点を通る直線がZ軸となす角度

表2 トレーニング開始前 (T1) および経過観察終了時 (T2) における咀嚼経路幅の比較 (mm)

	T1	T2	Wilcoxon test
全被験者 (n=44)	0.88±0.56	2.35±1.81	*
W 群 (n=21)	2.07±0.88	2.29±0.60	NS
N 群 (n=23)	0.52±0.21	2.41±0.63	

* : p<0.05, ** : p<0.01, NS : not significant

W 群 : wide group

N 群 : narrow group

表3 トレーニング開始前 (T1) および経過観察終了時 (T2) の模型計測の比較

	T1	T2	Wilcoxon test
第一大臼歯近心頬側咬頭間幅径 (mm)	52.22±2.76	52.84±3.00	*
上顎 第一大臼歯頬舌的歯軸傾斜角 (度)	7.37±3.41	6.86±3.12	**
第一大臼歯口蓋幅径 (mm)	37.39±2.72	39.99±3.27	**
第一大臼歯近心頬側咬頭間幅径 (mm)	44.54±3.31	45.07±2.80	*
下顎 第一大臼歯頬舌的歯軸傾斜角 (度)	14.93±2.95	12.86±2.65	**

* : p<0.05, ** : p<0.01

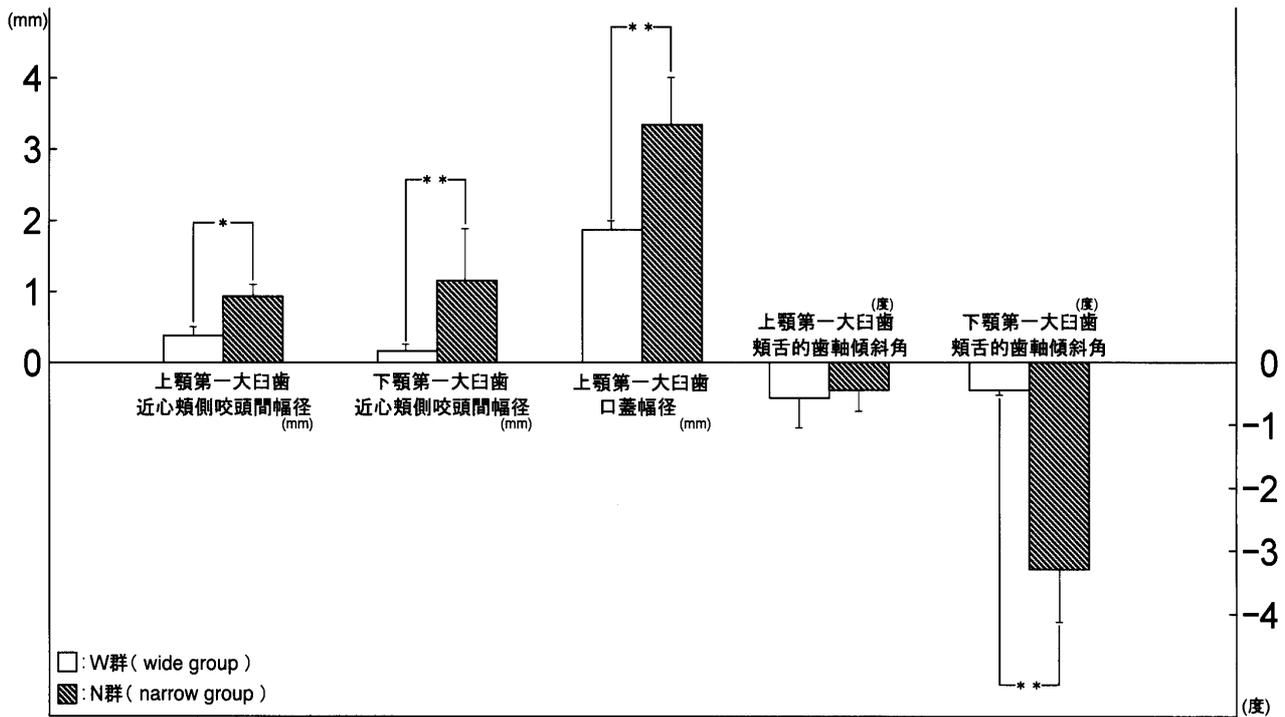


図4 トレーニング開始前 (T1), 経過観察終了時 (T2) 間におけるW群, N群の変化量の比較
*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

顎骨の単調な開閉口運動は咀嚼パターンの変化や咀嚼に関与する筋肉の活動を促すことは難しいが、咀嚼性の高い食品は、咀嚼筋、顎骨および歯列の活動を活性化し、咀嚼能力の向上を目的とした食習慣指導に適しているという報告^{6, 24, 25)}が散見される。

咀嚼機能の発達しているオーストラリア先住民は歯列幅が広くグラインディングタイプ咀嚼をしている²⁶⁾。また、現代日本人においても咬合力が強くグラインディングタイプ咀嚼をしているものは下顎第一大臼歯が直立し、歯列幅が増大する¹⁴⁾。さらに、グラインディングタイプ咀嚼を示す食品として、咀嚼性の高い硬性ガムが望ましいと報告している¹⁵⁾。グラインディングタイプ咀嚼を行っているかの判定は、咀嚼経路幅と咀嚼開閉口路角度の計測を行っているものが多いが²¹⁾、開口路角度は開口初期では閉口筋の弛緩によるものが主体であり食品の性状が大きな影響を与えない²⁷⁾ことから、本研究では咀嚼経路幅のみ計測し、グラインディングタイプ咀嚼の判定をした。その結果、咀嚼経路幅はT2がT1より有意に大きく、硬性ガムトレーニングによってグラインディングタイプ咀嚼へと変化したことが確認された。また、N群がT1からT2において咀嚼経路幅が有意に増加したことから、トレーニングによってグラインディングタイプ咀嚼を学習したことが推察される。なお、研究計画では、トレーニング終了直後の資料採得も行う予定であったが、当該小学校の都合により資料採得を行うことはできなかった。

上顎歯列弓の主な成長は、歯軸の変化によるもので

はなく口蓋の側方成長に起因しているという報告があり²³⁾、本研究においても、N群およびW群の変化量において、上顎第一大臼歯間幅径および口蓋幅径は有意な差が認められたが、上顎第一大臼歯歯軸は有意な差は認められなかった。榎本ら²⁸⁾は上顎第一大臼歯の頬舌的植立状態はフェイシャルタイプと関連し咬合咀嚼機能の影響を受けるが、上顎第一大臼歯歯軸と歯列幅径に相関がなく、前頭面での口蓋形態がロングフェイシャルタイプは尖形、咀嚼機能の強いショートフェイシャルタイプの口蓋形態は方形であると報告している。さらに、岡野²³⁾は南太平洋地域と日本人の歯軸傾斜を比較し、咀嚼機能の強い南太平洋地域の集団の方が口蓋幅径の側方成長量が大きいと報告している。すなわち、活発な咀嚼運動とグラインディングタイプ咀嚼が上顎正中口蓋縫合に側方への成長力を加えたと推察される。

下顎第一大臼歯部への適度な咬合力は骨密度の増加および頬側皮質骨の肥厚を認め、下顎第一大臼歯は直立する^{29, 30)}と報告されている。すなわち、グラインディングタイプ咀嚼では下顎第一大臼歯が直立方向へアップライトすることが考えられ、本研究結果においてもT1, T2において頬舌的歯軸傾斜角、第一大臼歯間幅径が有意に増加を示した。また、N群がW群よりも有意に増加を示したことも同様の効果からと考えられる。

本研究より、硬性ガムを使用した咀嚼トレーニングはチョッピングタイプ傾向であるN群における咀嚼経路幅を広げ、グラインディングタイプ傾向へと変化

し、第一大臼歯の直立方向への成長変化に有効であることがわかった。

今後は低学年の児童に対するより長期的な調査も行い、硬性ガム咀嚼トレーニングの効果について検討することが必要であると考えられた。

謝辞：稿を終えるにあたり、本研究において終始懇切なるご助言を賜りましたライオン歯科材株式会社統括部主任部員山本 学様、ライオン株式会社研究開発本部オーラルケア研究所主任研究員福田一郎様ならびに副主任研究員尾嶋求様に謹んで感謝の意を表すとともに、深く感謝申し上げます。また、本研究遂行にあたりご協力いただきました千葉日本大学第一小学校理事長加納 誠様、校長吉澤重雄様、教頭木暮 晃様に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 文部科学省. 昭和 45 年度学校保健統計調査報告書. 1970.
- 2) 文部科学省. 平成 20 年度学校保健統計調査報告書. 2008.
- 3) 文部科学省. 平成 21 年度文部科学統計要覧. 2009.
- 4) 船越正也. 病態口腔生理学. 東京: 学建書院, 1990: 112-132.
- 5) 西川 有. 第一大臼歯の咀嚼機能の再検討. 岐阜学誌 1989; 16: 1-15.
- 6) 前田隆秀, 今井 麗, 樋口直人, 他. 小児の摂食機能と行動(食べ方)に関する研究 第1報: 咬合力, 咀嚼力について. 小児歯誌 1989; 27: 1002-1009.
- 7) 岡崎光子. 幼児における咀嚼訓練の意義. 小児科 2000; 41: 2167-2175.
- 8) Watt DG, Williams CH. The effects of the physical consistency of food on the growth and development of the mandible and the maxilla of the rat. *Am J Orthod* 1951; 37: 895-928.
- 9) Berber CG, Green LJ, Cox GJ. Effects of the physical consistency of diet on the condylar growth of the rat mandible. *J Dent Res* 1963; 42: 848-851.
- 10) 菊田 徹. ラット脳頭蓋および顔面頭蓋の成長発育に及ぼす食物の硬度の影響. 鶴見歯学 1985; 11: 141-170.
- 11) Beecher RM, Corruccini RS. Effects of dietary consistency on craniofacial and occlusal development in the rat. *Angle Orthod* 1981; 51: 61-69.
- 12) 伊藤学而, 黒江和斗, 安田秀雄, 他. 顎骨の退化に関する実験的研究. 日矯歯誌 1982; 41: 708-715.
- 13) 井上直彦. 人類における歯と顎骨の不調和. 人類誌 1980; 88: 69-81.
- 14) 川村 全, 金澤英作, 葛西一貴. コンピュータ断層写真による下顎歯の植立状態と下顎骨形態との関連性について. 日矯歯誌 1998; 57: 299-306.
- 15) 津 恭子, 根岸慎一, 林 亮助, 他. 食品性状の違いによる咀嚼運動の変化. 日大口腔科学 2008; 34: 1-6.
- 16) 根岸慎一, 林 亮助, 斎藤勝彦, 葛西一貴. 硬性ガム咀嚼トレーニングが混合歯列期児童の咀嚼能力に及ぼす影響. *Orthod Waves-Jpn Ed* 2008; 67: 132-138.
- 17) 泉 麗奈, 井村麻貴子, 今村暢良, 他. 食習慣指導と関連した食品物性と咀嚼筋活動の評価. *Orthod Waves-Jpn Ed* 2005; 64: 167-172.
- 18) Ingervall B, Bitsanis E. A pilot study of the effect of masticatory muscle training on facial growth in long-face children. *Eur J Orthod* 1987; 9: 15-23.
- 19) Yurkstas A. The effect of masticatory exercise on the maximum force tolerance of individual teeth. *J Dent Res* 1953; 32: 322-327.
- 20) Worner HK, Anderson MN. Biting force measurements on children. *Aust Dent J* 1944; 48: 1-18.
- 21) 中條雅之, 菅原準二, 友寄裕子, 他. 外科的矯正治療後のガム咀嚼訓練が顎変形症患者の咀嚼機能に及ぼす効果. 日顎変形誌 2004; 14: 170-179.
- 22) Chen H, Lowe AA, de Almeida FR, et al. Three-dimensional computer-assisted study model analysis of long-term oral-appliance wear. Part 1: Methodology. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134: 393-407.
- 23) 岡野美紀. 第一大臼歯の頬舌的歯軸傾斜と歯列幅の成長パターンについて: 日本人と南太平洋諸国の2集団との比較. *Orthod Waves-Jpn Ed* 2006; 65: 112-121.
- 24) 柳沢幸江, 田村厚子, 赤坂守人. 食品の物性と摂食機能に関する研究 第1報: 食品の物性の器械的測定, ならびに食品分類について. 小児歯誌 1985; 23: 962-983.
- 25) 田村厚子, 柳沢幸江, 寺元芳子, 赤坂守人. 食品の物性と摂食機能に関する研究 第2報: 食品の物性による筋電図学的考察. 小児歯誌 1985; 23: 984-992.
- 26) Hayashi R, Kanazawa E, Kasai K. Three-dimensional changes of the dental arch form and the inclination of the first molars: Comparison between crowding-improvement and crowding-aggravation groups. *Orthod Waves* 2006; 65: 21-30.
- 27) 中村嘉男. 咀嚼運動の神経・筋メカニズム. 歯界展望 1984; 63: 123-137, 297-316, 477-492.
- 28) 榎本豊彦, 浅野和己, 川村 全, 他. コンピュータ断層写真による上顎大白歯の植立状態と上顎骨および顎顔面形態との関連性について. 東京矯歯誌 2000; 10: 3-9.

