

児童生徒における咀嚼機能訓練が記憶・学習能力に及ぼす 効果について

原田 未絵 田中 栄二 本田 康文 高 明善
山野 栄三 川合 暢彦 田部 英樹 神谷 貴志
相澤 光恵 大松 恭宏 竹本 英代 松本 絵花
渡辺 元気 上田 宏 丹根 一夫

【緒言】

近年、審美性の改善のみならず、「咬みにくい」などの咀嚼機能異常を主訴として矯正歯科を訪れる患者が増加しており、咀嚼機能の重要性は高まりつつある。不正咬合は咬合の発達過程で発現し、顎機能障害も小学生頃から除々に現われ、成長過程の終了期である20歳前後をピークとして発症すると報告されている¹⁾。

身体の成長に関与する後天的な要因として、栄養と機能が挙げられる。咀嚼器官は、摂食の他に呼吸、言語などの機能と密接に関っている。また、Moss²⁾は顎顔面頭蓋の形態は付着した筋や歯の影響ならびに顎運動の様相が反映されると報告している。このことから、不正咬合と顎機能障害の増加も、身長や肥満の問題などと同様に生活様式と食物摂取様式の変化が関与していると考えられる。

さらに最近、児童生徒の咀嚼力や摂食機能の低下が問題となっている。2005年6月に食育基本法が制定されたこともあり、“食育”という言葉が最近よく耳にするようになったり、学校や地域、新聞雑誌テレビなどのメディアを通して、子供の食生活を立て直す取り組みが盛んに行われている。しかしながら、我が国の食料消費の割合は、主食である米が減少する一方、肉類、油脂等が大幅に増加し、栄養バランスの崩壊がみられる³⁾。核家族の増加、女性就業者の増加等、社会情勢の変化の中で、食に関する簡便化志向の高まりや外部化(外食、出来合いの食事、コンビニ弁当など)は年々増加し、偏った食生活が蔓延している。児童生徒についても、朝の欠食は増加傾向であると報告されている^{3,4)}。また、米食からパン食への変化とともに、十分に噛まなくても食べられる食品が広く普及したことや早

喰いの習慣化によって、噛む能力が衰え、顎の発育不全、噛み合わせがうまくできないなどの問題が表面化してきた⁵⁾。しかし、このような関係については多くの推論は見られるものの、未だ明確な結論には至っていない。

また咀嚼機能は、中枢神経系に対しても影響を及ぼすことが報告されている⁶⁾。マウスを用いた実験によって、軟食餌による飼育で中枢神経系の海馬領域にアルツハイマー病様の所見が観察されたことから^{7,8)}、咀嚼活動が中枢神経系、とりわけ記憶力や学習能力の低下を惹起しうる事が示唆された。このような研究成果はアルツハイマー病に対する進行防止に役立つばかりでなく、脳科学を教育に活かすための新しい試みとなる。さらに、噛むことの重要性を啓発することとなり、国民の歯および噛み合わせに対する関心を高める上でもきわめて有効な手段と考えられる。

以上のことから、児童生徒についても噛むという刺激が記憶や学習能力になんらかの影響を与える可能性が示唆される。しかしこれまで実際の児童生徒を対象として、咀嚼機能と記憶・学習能力との関係について検討した研究はまったく行われていない。

昨年、我々は児童生徒の顎口腔機能と食習慣ならびに記憶・学習能力との関連性を明らかにすることを目的として、記憶力・集中力検査、顎口腔機能検査および食事アンケートを行った⁹⁾。本研究では、前年度記憶力・集中力検査、顎口腔機能検査および食事アンケートを行った児童生徒を対象とし、児童生徒の顎口腔機能の向上と食習慣ならびに記憶・学習能力との関連性を明らかにすることを目的とした。

Mie Harada, Eiji Tanaka, Kobun Honda, Myonson Ko, Eizo Yamano, Nobuhiko Kawai, Hideki Tabeta, Takashi Kamiya, Mitsue Aizawa, Yasuhiro Daimatsu, Hideyo Takemoto, Eka Matsumoto, Genki Watanabe, Hiroshi M Ueda, Kazuo Tanne: The effect of the masticatory function training and the memory and learning ability for children in the elementary school

【資料および方法】

広島大学附属東雲小学校2年の単式および複式学級の児童26名（男児13名；女児13名）を対象とした。この26名の児童は昨年度、咀嚼機能ならびに記憶力、学習力の試験を受け、その結果に基づいて不正咬合がなく正常咀嚼機能を有する対照群（15名）と咬合不安定あるいは咬合非接触部位を有し、咀嚼機能の低下が認められた機能低下群（11名）に分類された。

さらに、前回の調査後、機能低下群の児童に対しては約半年間のチューイングブラシ®（モリタ）を用いた咀嚼訓練と食事指導を行い、咀嚼機能の改善を図った。

今回の調査においても、すべての児童に対して記憶力・集中力検査、顎口腔機能検査、食事アンケートを再度実施した。検査およびアンケートに先立ち、児童の保護者に対して本研究の内容、結果の取り扱いなどについて十分な説明を行い、同意を得た。顎口腔機能検査および食事アンケートは臨床経験が4年以上の矯正歯科医師が行ない、記憶力・集中力検査については専門家により作成された問題を、専門家の指導のもとで実施した。なお、記憶力・集中力検査、顎口腔機能検査、食事アンケートはそれぞれ以下の項目について検討を行った。

・記憶力・集中力検査

1. 集中力 (1) (記号、符号問題：児童に幾何図形または数字と対になっている簡単な記号を書き写させるもので、児童には見本を手掛かりに、問題の幾何図形または数字にそれぞれ対応する記号を制限時間内にできるだけ書かせる。)
2. 遠隔記憶 (絵画完成問題：児童に絵カードを見せ、その絵の中で欠けている重要な部分を指差し言葉で制限時間内にできるだけ答えさせる。)
3. 注意記憶、長期記憶 (算数問題：児童に算数の問題を口頭で提示し、児童は紙や鉛筆を使わずに暗算で制限時間内に答えさせる。)
4. 集中力 (2) (迷路問題：制限時間内に児童に迷路問題を解かせるもので、児童には迷路を袋小路に入ったり、壁を突き抜けたりしないように出口まで鉛筆で線を引かせる。)
5. 直後記憶 (数唱：検査者が決められた数字あるいは数字列を児童に読んで聞かせ、児童にはそれと同じ順番あるいは逆の順番でその数字を言わせる。)

評価は各検査の素点をもとに算出される評価点（平均が10点）を用いて行うこととし、各群の平均点を算出し、 t 検定により二群間の比較を行なった。

・顎口腔機能検査

1. 咬合接触面積 (mm^2) および咬合力 (N)：児童を椅子に座らせ、デンタルプレスケール50H タイプ R (富

士フィルム、東京)を用い、咬頭嵌合位における3秒間の最大咬みしめを行わせ、咬合状態を記録した後、専用解析装置オクルーザーFPD-703により歯列上のすべての歯における咬合力と咬合接触面積を計測した。

2. 咀嚼筋活動 (左右のバランス、噛み癖)：筋活動の記録は、シールドルーム内で座位にて行った。児童には皮膚表面をアルコールによる十分な清拭を行った上で咀嚼筋 (咬筋、側頭筋) の走行に平行に電極間距離 25 mm にて直径 6 mm の銀塩化銀表面電極 (SEB115, 日本 GE マルケットメディカルシステムズ, 東京) を貼付し、双極誘導を行った。その後、ブルーベリーガム (1.5 g, ロッテ, 東京) を用いて、自由咀嚼、右咀嚼、左咀嚼運動を各 50 秒行わせた。導出された筋電情報は生体アンプ (Biotop 6R12, 日本 GE マルケットメディカルシステムズ, 東京) を介して、データレコーダー (RD-200T, TEAC, 東京) に記録、保存した。得られた波形は専用積分処理ソフト (EMG ANALYSIS No. 602, 日本 GE マルケットメディカルシステムズ, 東京) を用いて、多チャンネル高速データ処理装置上で分析し、筋活動の左右バランスや噛み癖について検討を行った。

3. 下顎運動経路の解析 (右咀嚼 EI, 左咀嚼 EI)：チューイングガム左右咀嚼運動の下顎切歯点における前頭面運動経路をもとに、交差、逆転などの異常な運動軌跡を示した回数を求め、これを総咀嚼回数で除したものを error index (EI) として算出した。

・食事アンケート

1. 主食の種類 (パンまたはご飯)
2. 飲み込むまでの時間
3. 飲み込むまでに噛む回数
4. 食事中の水分の摂取
5. 食事中のテレビ
6. チューイングブラシの使用頻度について

・評価

すべての検査結果について、一年前に実施した検査との比較を行った。

【結果】

1. 記憶力・集中力検査について

集中力について、「記号問題」の評価点の平均は、機能低下群、対照群でそれぞれ 12.7 ± 3.1 , 13.5 ± 2.8 であり、「符号問題」では機能低下群、対照群でそれぞれ 11.3 ± 2.3 , 12.1 ± 2.8 であったが、いずれも二群間に有意な差は認められなかった (表1)。遠隔記憶について、「絵画完成問題」の評価点は機能低下群、対照群でそれぞれ 12.7 ± 3.0 , 13.1 ± 1.8 であり、有意な差は認められなかった (表2)。

表1 集中力(1)

記号問題		符号問題	
E	C	E	C
12.7±3.1	13.5±2.8	11.3±2.3	12.1±2.8
(10.2±2.5)	(11.7±2.5)	(9.8±2.5)	(11.4±3.1)

E : 機能低下群
C : 対照群 () 内は昨年度の値

表2 遠隔記憶

絵画完成問題	
E	C
12.7±3.0	13.1±1.8
(12.0±3.0)	(12.0±2.5)

E : 機能低下群
C : 対照群 () 内は昨年度の値

注意記憶、長期記憶について、「算数問題」の評価点は機能低下群、対照群でそれぞれ12.2±3.1, 11.4±4.0であり、機能低下群において有意に高い値を示した(表3)。

さらに、集中力について、「迷路問題」の評価点は機能低下群、対照群でそれぞれ12.7±3.0, 14.0±2.4であり、有意な差は認められなかった(表4)。

表3 注意記憶、長期記憶

算数問題	
E	C
12.2±3.1	11.4±4.0
(13.4±1.6)	(11.9±1.5)

E : 機能低下群 * : p<0.05
C : 対照群 () 内は昨年度の値

表4 集中力(2)

迷路問題	
E	C
12.7±3.0	14.0±2.4
(13.1±4.3)	(14.0±4.0)

E : 機能低下群
C : 対照群 () 内は昨年度の値

直後記憶について、「数唱問題」の評価点は機能低下群、対照群でそれぞれ12.9±3.1, 11.4±2.3であり、有意な差は認められなかった(表5)。

表5 直後記憶

数唱問題	
E	C
12.9±3.1	11.4±2.3
(11.9±2.4)	(11.2±3.1)

E : 機能低下群
C : 対照群 () 内は昨年度の値

2. 顎口腔機能検査について

咬合接触面積は、機能低下群では『普通』(4 mm²以上)が63.6%, 『少ない』(4 mm²未満)が36.4%であったのに対し、対照群では『普通』が80.0%, 『少ない』が20.0%であった(図1)。

また、前年度のデータを図2に示す。前年度と比較し、機能低下群、対照群ともに咬合接触面積が減少し、機能低下群においてより顕著であった。

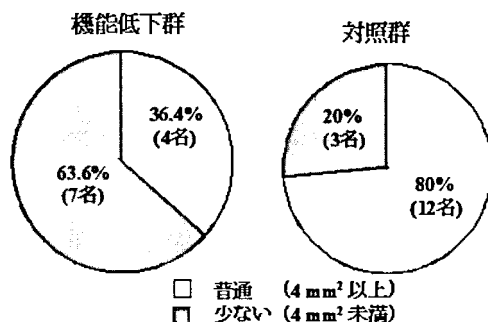


図1 咬合接触面積について(2006年度)

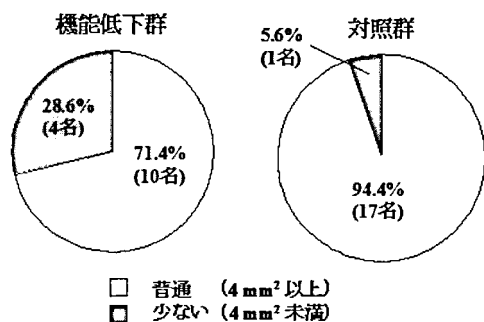


図2 咬合接触面積について(2005年度)

咬合力については、機能低下群では『普通』(200 N以上)が63.6%, 『小さい』(200 N未満)が36.4%であったのに対し、対照群では『普通』が80%, 『大きい』(670 N以上)が20%であった(図3)。また、前年度に比べて、咬合力の大きさが減少した(図3, 4)。

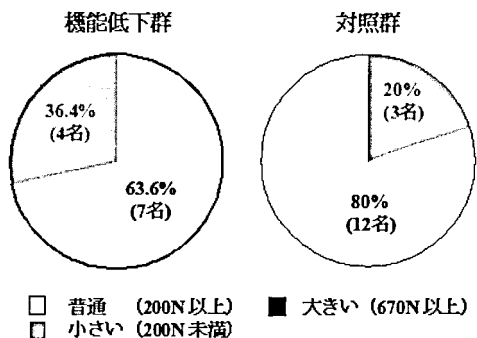


図3 咬合力について (2006年度)

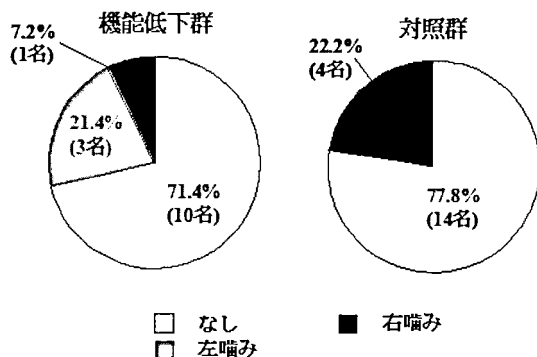


図6 噛み癖について (2005年度)

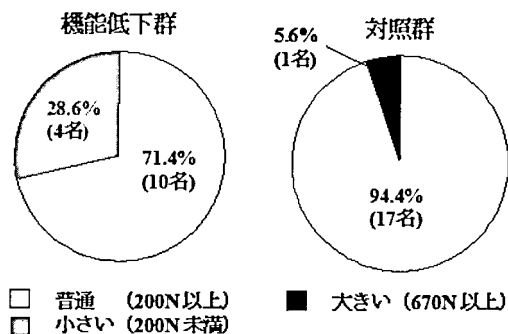


図4 咬合力について (2005年度)

筋活動分析として噛み癖の有無を示す。機能低下群では『なし』が63.6%、『左噛み』が27.3%、『右噛み』が9.1%であったのに対し、対照群では『なし』が73.3%、『左噛み』が6.7%、『右噛み』が20%であった(図5)。左右のバランスは機能低下群、対照群ともに大きな差は認められなかった。これらの結果を前年度と比較した場合、機能低下群、対照群ともに噛み癖『なし』の割合がわずかに減少した(図5, 6)。

3. 食事アンケートについて

朝の食事については機能低下群では『米食』(27.3%)に比較して、『パン食』が72.7%と高いのに対し、対照群では『パン食』(26.7%)に比較して『米食』が73.3%と高いことが明らかになった(図7)。

前年度と比較し、機能低下群ではパン食がさらに増加し、対照群では逆に米食が増加した(図7, 8)。

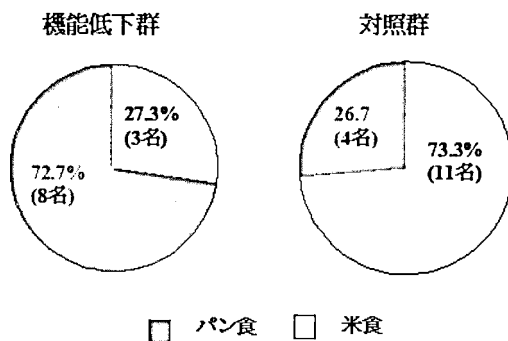


図7 朝の食事について (2006年度)

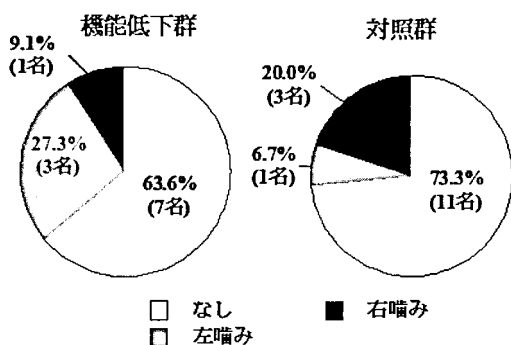


図5 噛み癖について (2006年度)

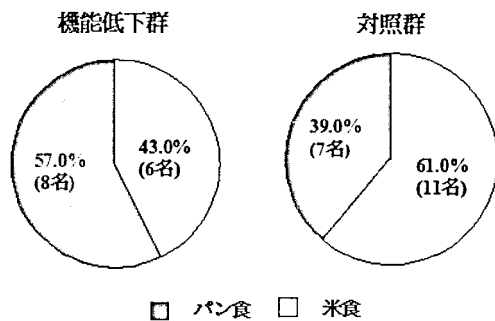


図8 朝の食事について (2006年度)

また、食べ物を口に入れてから飲み込むまでの時間については、機能低下群では『30秒』が45.5%、『10秒』

が36.4%、『15-30秒』が9.1%、『60秒以上』が0%であったのに対し、対照群では『10秒』が53.3%、『30秒』が20%、『60秒以上』が13.3%、『15-30秒』『30-60秒』が6.7%であった(図9)。また、30秒以上噛んでいるものの割合は、機能低下群が対照群を上回った。

前年度と比較すると、機能低下群では食べ物を口に入れてから飲み込むまでの時間が全体的に長くなったのに対し、対照群では逆に短くなった(図9, 10)。

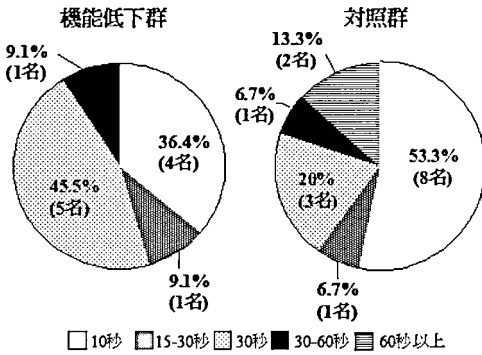


図9 口にもものを入れてから飲み込むまでに噛んでいる時間について (2006年度)

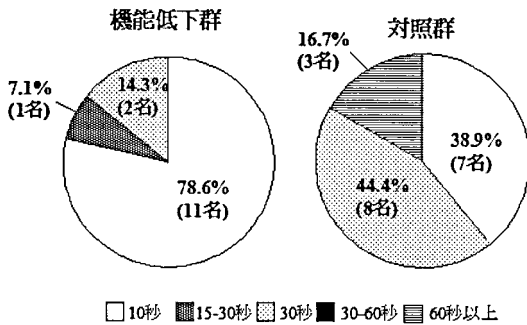


図10 口にもものを入れてから飲み込むまでに噛んでいる時間について (2005年度)

次に食べ物を口に入れてから飲み込むまでに噛む回数については、機能低下群では『10回』が45.5%、『30回』が54.5%であったのに対し、対照群では『10回』が60%、『30回』が20%、『5回以下』『15-30回』『30-60回』が9.1%であった(図11)。

前年度と比較すると、機能低下群において30回以上噛む児童の割合が著しく増加した(図11, 12)。

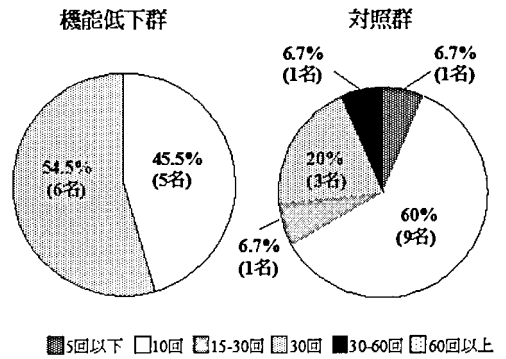


図11 口にもものを入れてから飲み込むまでに噛んでいる回数について (2006年度)

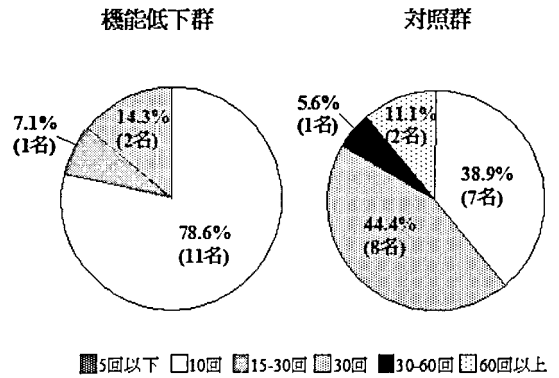


図12 口にもものを入れてから飲み込むまでに噛んでいる回数について (2005年度)

食事中的の水の摂取量については、機能低下群では『多い』が45.4%、『少ない』が36.4%、『ときどき』が18.2%であったのに対して、対照群では、『多い』が53.4%、『ときどき』が33.3%、『少ない』が13.3%であった(図13)。前年度と比較して、機能低下群の食事中的の水の摂取量に大きな変化が認められた(図13, 14)。

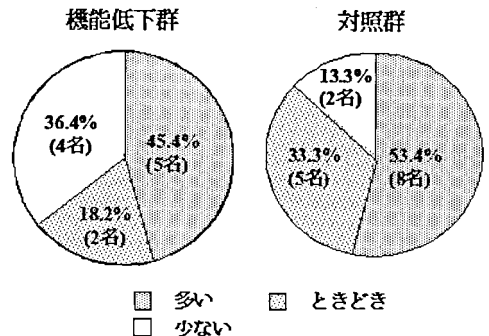


図13 食事中的の水分摂取量について (2006年度)

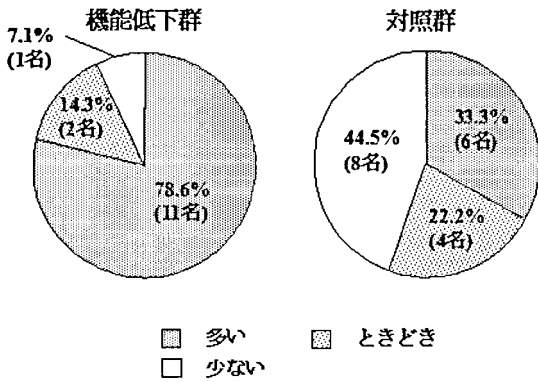


図14 食事時の水分摂取量について (2005年度)

最後に、食事中にテレビをつけているかどうかについては、機能低下群では、『つけている』が55%、『つけていない』が45%であったのに対し、対照群では、『つけていない』が66.7%、『つけている』が33.3%であった(図15)。

前年度と比較して、食事中テレビをつける割合が両者ともに減少した(図15, 16)。

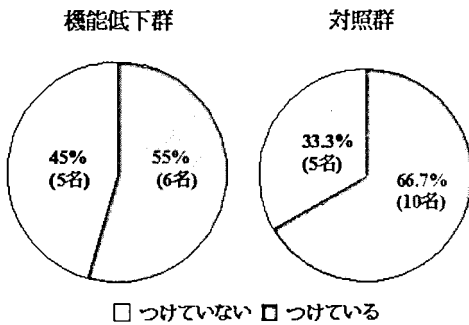


図15 食事時のテレビについて (2006年度)

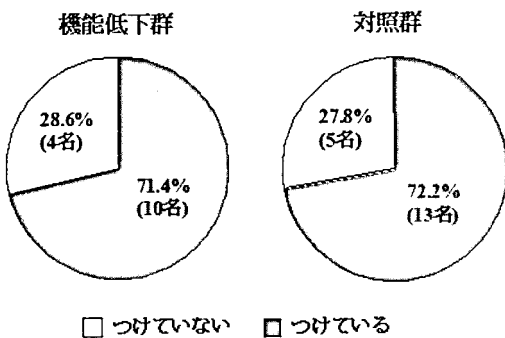


図16 食事時のテレビについて (2005年度)

チューイングブラシの使用頻度については、『よく使用した』が18.2%、『ときどき』が45.5%、『全く使用していない』が36.3%であった(図17)。

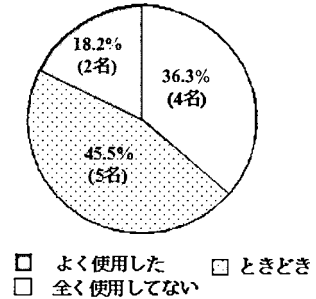


図17 チューイングブラシの使用頻度について

【考察】

前回と同様、我々は“児童生徒の顎口腔機能は記憶・学習能力と何らかの相関がある”という仮説を立て、この仮説を検証することを目的として、広島大学附属東雲小学校2年生の児童に対して、顎口腔機能ならびに記憶・学習力に関する一連の検査を行った。

記憶力・集中力検査について

本研究結果として、集中力(1)(2)、遠隔記憶についての評価点は対照群よりも、機能低下群において有意に高い値を示したが、他の直後記憶、注意記憶、長期記憶についてはいずれも両群間に有意な差は認められなかった。また、前年度の結果との比較を行ったところ、機能低下群における集中力、記憶力の向上が著明であった。機能低下群の児童は前回の調査後約半年間の食事指導と咀嚼訓練を受けていることから、今回の学習能力の向上には咀嚼機能の改善が関与していることが示唆されるとともに、咀嚼機能との関連性がより明確となったと考えられる。これまで動物実験において、軟性餌の長期摂取が顎口腔機能の低下を惹起するとともに、記憶・学習能力を低下させることが明らかにされている^{6,7)}。しかしながら、動物の場合には成長発育に際し、記憶力や学習能力に対する訓練を行ったわけではないため、純粹に両者の比較が行なえるのに対し、人においては勉強や訓練などといった環境要因が排除できないことから、両者の相関を算出することが困難であった。

顎口腔機能検査について

最大噛みしめ時の咬合接触面積ならびに咬合力については、対照群と比較して、機能低下群がいずれも小さな値を示した。この結果は、乳歯咬合期から永久前歯、側方歯の交換期に入り、昨年度より咬合が不安定な時期にあったことによると考えられる。咬合力につ

いては、前年度と比較すると、機能低下群において、『小さい』(200N未満)が増加した。また、対照群では咬合接触面積の減少により、単位面積当たりの咬合力が増加したことが考えられる。不正咬合の存在だけでなく、咬合力の変化が起きていることが推測される。

前回の検査で機能低下群の中でもとくに咬合力が弱いものに対しては、チューイングブラシ(株式会社藤原歯科産業, 大阪)を手渡した。このチューイングブラシは歯のすべての面にブラシが当たるユニークな構造を有し、歯磨き後に用いてもらうことにより、磨き残しを除去するだけでなく、歯肉のマッサージ効果を有する。1日4-5回, 1回につき50回程度使用してもらうよう指示した。繰り返し噛むことにより咀嚼筋の発達を助け、口腔周囲筋肉の正常な発育の促進や咀嚼機能系の回復効果を期待する目的で約半年間継続するよう指導した。このような簡単な噛みしめ訓練による咬合力および咬合接触面積に対する効果の検討を目的としていたが、今回は著明な咬合力および咬合接触面積の回復は見られなかった。佐藤ら¹⁰⁾は、混合歯列期の上顎前突症患者に対して、FKOの臼歯咬合面を削除せず、意識的に噛みしめを繰り返すと、下顎枝高が増大して下顎下縁は平行に前下方に移動し、オトガイの前方移動も著明である一方で、上顎骨の前下方への伸びを抑制すると報告した。FKOを意識的に噛みしめさせれば、閉口筋が訓練され、その結果として、下顎角を中心として下顎枝の発育が促進される¹¹⁾と考えられる。このように、噛みしめによる閉口筋の関与や骨格の改善は報告されている。顎口腔機能検査についての関連が今回認められなかったことより、さらに被験者数を増やし、今後検討を加えていきたい。

食事アンケートについて

食事についてのアンケートは、前回と同様に食品目などの指導を行うためのものではなく、咬合に関する項目を中心とした。

主食について、前回と同様の結果であり、機能低下群ではパン食が多く、対照群では米食が多かった。前年度と比較し、機能低下群ではパン食、対照群では米食の割合がそれぞれ増加していた。前回の結果を踏まえ、機能低下群に対して食事指導を行ったが、結果に反映するには、個々の家庭状況の違いもあることから、困難と考えられる。しかし、食べ物を口に入れてから飲み込むまでの時間、噛む回数が、機能低下群においては著しく増加しているのに対し、対照群では逆に短くなっているという結果であった。被験者にはなるべく米食をとるようにし、食べ物を口に入れたら30秒、30回の咀嚼を目標とし、食事時の水分摂取量は最小限

にとどめるように指導したが、被験者が低年齢であるため、完全に実行できないのかもしれない。したがって、指導方法について、今後検討が必要であると考えられる。

次に食事時の水分摂取量であるが、機能低下群では、前年度より摂取量は減少し、対照群では増加傾向が認められた。この結果から、パン食より米食を推奨するだけでなく、咀嚼指導を行うにあたり、食事の規則性、摂取食品、食べ方の三点の指導も行う必要があると考えられた。規則的な生活リズムにより、食欲を安定させ、偏食を行わないようにするなどの指導を行う必要があると考えられる。

食事中にテレビをつけているかどうかについては、食事に集中しているか¹⁾、家族との会話を楽しみながら食事しているか¹⁾を確認するためのアンケート項目の1つとし、家族で会話をしながらゆっくり食事できる環境を作ることが非常に重要である¹²⁾ことを強調し指導した。前年度は対照群に比較して機能低下群において食事中にテレビをつけていることが多いという結果が得られたが、本年度は対照群のほうが機能低下群より多いという結果であった。また、前年度の結果に対して保護者と本人に指導を行ったため、今年度、機能低下群においては、多くの項目で改善が認められ、対照群との間に有意差が出なかったものと考えられる。

結果として、食事指導により、機能低下群においては前年度と比較し、ほとんどの項目で改善が認められた。今回は、約半年間の結果であるが、明らかに指導内容を意識して食事されたものと確信するとともに、このような指導を定期的に行う必要があると感じられた。

チューイングブラシを使用したもので、明らかに有意差は認められなかったものの、アンケートから、噛む回数が増え、飲み込むまでの時間が延長したと回答したものがいた。また、一方で固いプラスチックが痛くて使用出来ない、回数が多くて疲れるなどと回答した者もいた。したがって、機能低下群のすべての被験者が使用可能な訓練装置を開発することが必要であろう。

【参考文献】

1. 伊藤学而:咀嚼機能と咬合の発達に関する基礎的、臨床的考察, 東北矯正歯科学会雑誌1: 1-17, 1993.
2. Moss, M.L.: The Functionnal matrix, in *Vistas in Orthodontics*, Ed. By Kraus, B. S and Riedel, R. A., Philadelphia, Lea &Febiger, 85-98, 1962.

3. 農林水産省：我が国の食生活の現状と食育の推進について
<http://www.maff.go.jp/syokuiku/kikakubukai.pdf>
4. 鈴木正成：身体の働きから見た朝ごはんの必要性ー生活リズム・体バランスを保つ朝ごはんー
<http://www.asagumi.jp/asagohan/txt/1-5.pdf>
5. 藤沢良和：子どもの食生活・気掛かりなこと 小児歯科臨床 1巻 第6号 29-35, 1996.
6. 丹根一夫, 筒井啓介 他：歯の存在と正しい咀嚼が中枢神経系を守る アルツハイマー型痴呆とのかかわり 臨床家のための矯正 YEAR BOOK '04, 49-56, クインテッセンス出版, 東京, 2004.
7. Onozuka M, Fujita M, Watanabe K, Hirano Y, Niwa M, Nishiyama K, Saito S.: Mapping brain region activity during chewing: a functional magnetic resonance imaging study. J Dent Res. 81:743-746, 2002.
8. Kaku M, Tsutsui K, Motokawa M, Kawata T, Fujita T, Kohno S, Tohma Y, Ohtani J, Tenjoh K, Tanne K.: Amyloid beta protein deposition and neuron loss in osteopetrotic (op/op) mice. Brain Res Protoc. 12:104-108, 2003.
9. 本田康文, 田中栄二, 原田未絵, 中田佳子, 高明善, 山野栄三, 上之園 強, 相澤光恵, 大松恭弘, 竹本光代, 丹根一夫: 児童生徒の咀嚼機能と記憶・学習能力の相互関係について, 広島大学 学部・附属学校共同研究機構研究紀要 34 : 493-498, 2005.
10. 佐藤通泰: FKO の適応症をめぐって, カラーアトラス歯科臨床講座 医歯薬出版 東京, 911-916, 1982.
11. Tabe H, Ueda HM, Kato M, Nagaoka K, Nakashima Y, Matsumoto E, Shikata N, Tanne K. Influence of functional appliances on masticatory muscle activity. Angle Orthod. 75:16-24, 2005.
12. 二木 武: 食べることの意義・子どもの食生活において 小児歯科臨床 1巻 第6号 22-28, 1996.