
原 著

歯列交換期の学童における咀嚼能力と体格・身体能力との関係長谷川 静¹⁾, 米田 博行¹⁾, 長谷川陽子¹⁾山本孝文²⁾, 野首孝嗣³⁾, 小野高裕¹⁾

1) 新潟大学大学院医歯学総合研究科包括歯科補綴学分野

2) 山本歯科医院

3) 大阪大学

Relationship between Masticatory Performance and Physical Status and Ability in School Children during Mixed DentitionShizuka HASEGAWA¹⁾, Hiroyuki YONEDA¹⁾, Yoko HASEGAWA¹⁾, Takafumi YAMAMOTO²⁾, Takashi NOKUBI³⁾ and Takahiro ONO¹⁾*1) Division of Comprehensive Prosthodontics, Faculty of Dentistry & Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University**2) Yamamoto Dental Clinic**3) Osaka University*

Abstract: The mixed dentition period in school age is an important period during which the masticatory function of adults develops. In addition, it is said that masticatory function is affected by tooth developmental stage (dental age: DA) and physical status and ability. However, little objective examination has been done yet. Therefore, it was decided to objectively evaluate the masticatory ability in school children during the dental replacement period using gummy jelly and gum for measuring masticatory ability, and to examine the relationship between masticatory performance and physical status and ability.

The subjects were 630 pupils (319 boys, 311 girls) who were 4th to 6th graders and underwent school screening at a elementary school between November 2015 and December 2017. Based on the results of dental examination, we classified into IIIA, IIIB, IIIC, and IVA groups according to Hellman's dental age. The objective masticatory performance was assessed in two different aspects by using gummy jelly (sharing ability) and color changeable chewing gum (mixing ability). In addition, height/weight, grip strength, and maximum walking speed were evaluated. Comparison of masticatory performance and physical status and ability at DA examination was performed using Mann-Whitney U test, linear mixed model and a post-hoc test, and the relationship between masticatory performance and physical status and ability at each DA was evaluated by Spearman's rank correlation coefficient.

As a result, sharing ability was significantly decreased at IIIB, but not significantly decreased for mixing ability. We also found a weak correlation between masticatory performance and physical status and ability at each DA, depending on the test food.

It is suggested that the objective masticatory performance (sharing ability) decreased during the lateral tooth group exchange period, and that there is a correlation between masticatory performance and some physical status and ability.

Key words: Masticatory performance, Mixed dentition, School age, Growth and development, Dental age

抄 録

学童期の歯列交換期は、成人の咀嚼機能へと発達する重要な時期となっている。また、咀嚼機能は歯の発育段階（歯齢）や体格・身体機能に影響されるといわれている。しかしながら、客観的な検討はまだほとんど行われていない。そこで咀嚼能力測定用グミゼリー（咬断能力）および色変わりガム（混合能力）を用いて、歯列交換期の学童における咀嚼能力を2つの異なる観点から客観的に評価し、さらに体格・身体機能の関連について検討することとした。

対象者は、2015年11月から2017年12月の間に兵庫県の某小学校において学校健診を受けた4～6年生のべ630名（男児319名、女児311名）を対象とした。歯科健診の結果からHellmanの咬合発育段階に準じて、ⅢA群、ⅢB群、ⅢC群、ⅣA群に分類した。咬断能力と混合能力はそれぞれスコア法により評価した。また、身長、体重、握力、最大歩行速度を測定し、各歯齢における咀嚼能率スコアと体格・身体能力との関連について、Spearmanの順位相関係数、Mann-Whitney U test、線形混合モデルおよびpost-hoc testを用いて統計学的検討を行った。

その結果、咬断能力は側方歯群交換期（ⅢB）でいったん有意に低下した後、交換期終了後は交換期以前に比べて有意に増加したが、混合能力は低下することなく、歯齢とともに増加する傾向を示した。また、咀嚼能力と体格・身体機能の間には、歯齢によって弱い相関を認めた。

これらの結果から、側方歯群交換期における客観的な咀嚼能力の推移は、咬断能力と混合能力との間で異なることが明らかとなり、食事指導において考慮すべきであることが示唆された。

キーワード：咀嚼能力、歯列交換期、学童期、成長発育、歯齢

緒 言

口腔機能のなかで、特に咀嚼機能は身体発育における重要な項目の一つであり、学童期における発達不全は生涯のベースラインとなる成人期の咀嚼機能を低下させ、高齢期における咀嚼機能障害のリスクを増大させる可能性をはらんでいる¹⁾。また、現代の食形態として加工食品などが増加したことにより軟食化が進み、学童期における口腔機能の発達を阻害する可能性が指摘されている²⁾。その一方で、良質な食生活により骨や筋の成長が促進され、咀嚼の効率性（咀嚼能力）が向上する可能性があるという報告がなされており、学童期の食生活指導において咀嚼機能の発達を十分に考慮する必要性が指摘されている^{3,4)}。特に側方歯群交換期は、乳歯列から永久歯列への移行に伴う解剖学的な成長変化が機能に影響を及ぼし⁵⁾、一時的な歯列・咬合の欠損も生じることから、咀嚼能力を把握した適切な食事指導を行うことが必要と考えられる。

これまで、成長発育段階における咀嚼機能の研究には筋活動や顎運動を対象としたもの⁶⁻⁹⁾や咀嚼能力を対象としたもの¹⁰⁻¹⁴⁾があるが、各成長発育段階にて基準とすべき咀嚼能力の定量的指標ははまだ明らかではない。また、咀嚼能力は、歯列と咬合の状態に加えて、咀嚼運動に関与する口腔顎顔面の筋機能と感覚、唾液分泌機能などが統合されて発揮されるものであり¹⁵⁾、咀嚼する食品に対応して咬断能力、粉碎能力、混和能力などさまざまな能力的側面が含まれている¹⁶⁾。乳歯列萌出期の咀嚼能力の研究では、食品の物性の違いによって歯列の成長発育段階での咀嚼能力の変化に違いがあったことが

報告されており¹⁷⁾、歯列交換期においても、咬断、混合といった咀嚼能力の側面によって発達に差異があることが予想される。さらに、学童期の咀嚼能力は体格・身体機能に影響されるといわれているが^{11,12)}、咀嚼能力の各側面と体格・身体機能との関係性は明らかではない。

そこで本研究は、歯列の成長発育段階に応じた基準とすべき咀嚼能力、および咀嚼能力と体格・身体機能に関連する因子を明らかにするための探索研究として、歯列交換期の学童をHellmanの歯齢¹⁸⁾に準じて分類し、各歯齢における咀嚼能力を咬断能力と混合能力の両面から客観的に評価してその推移について検討するとともに、咀嚼能力の各側面と体格・身体能力との関連性についても検討した。

対象および方法

1. 対象

2015年から2017年の間に兵庫県の某小学校において学校歯科健診および体格・身体能力測定を受けた学童のうち、側方歯群交換期にあたる4年生から6年生を対象とした。除外基準は学童本人および保護者より研究対象になることの辞退があった場合とし、研究についての情報は研究対象者に公開し、研究が実施されることに関して、拒否できる機会を保障した。なお本研究は、新潟大学倫理審査委員会の承認（承認番号第2018-0034号）を得て実施した。

2. 調査内容

口腔内診査、咀嚼能力、体格・身体能力測定は、各年

の11月から12月に実施された学校健診データを使用した。診査および測定、評価に関しては、熟練した歯科医師および歯科衛生士が行った。

1) 歯齢

歯の発育段階（歯齢）は、Hellmanの方法に準じて、記録した歯式の乳歯と永久歯と萌出状態から分類を行い、第一大臼歯が4本ともある場合はⅢA群、側方歯群に永久歯がある場合はⅢB群、第二大臼歯がある場合はⅢC群、第二大臼歯が4本ともある場合をⅣA群とした。

2) 咀嚼能力評価

客観的な咀嚼能力を2つの観点から評価した。まず咬断能力は、咀嚼能力測定用グミゼリー（UHA味覚糖、大阪）を用いた咀嚼能力スコア法にて評価した¹⁹⁾。グミゼリー1個を児童に自由咀嚼にて30回咀嚼させた後ガーゼの上に吐き出させ、評価者が咬断片を広げた後、粉砕度を目視にて10段階のスコアシートにて評価を行った。一方、混合能力は、色変わりガム（キシリトール咀嚼チェックガム、ロッテ、東京）を用いて評価した²⁰⁾。色変わりガム1個を児童に1秒間に1回のペースで60回咀嚼させ、吐き出したガムの色変化を評価者が目視にて10段階のスコアシートにて評価を行った。グミゼリーとガムの咀嚼時の姿勢は座位とし、咀嚼中は会話などをしないように指示をした。

3) 体格・身体能力測定

本研究では、日本小児内分泌学会による「日本人小児の体格の評価に関する基本的な考え方」²¹⁾を基に、体格の指標としてBody Mass Index (BMI) を使用した。また、身体能力の指標として最大握力と最大歩行速度を測定した。最大握力の測定には児童用アナログ握力計（GRIP-A、竹井機器工業、新潟）を用い、直立姿勢で人差し指の第2関節が90°となるように設定し、腕を自然に下ろした状態にて、左右交互に1回ずつ測定を行い、高値を最大握力とした。最大歩行速度の測定は学校の廊下にて行い、上履きを履いた状態で可能なかぎり速

い速度で歩くように指示して、5 mの距離を歩いたときの時間を測定し、その時間より速度を算出した。

3. 統計学的分析

各歯齢間ならびに男女間の咀嚼能力、体格、身体能力の比較は、各因子を主効果とし、歯齢と年齢およびそれらの交互作用を固定効果とした線形混合モデルおよびWilcoxon signed-rank testのBonferroni調整によるpost-hoc testを用いて検討を行った。歯齢はカテゴリー変数として扱った。各歯齢における咀嚼能力と身体機能・体格との相関については、Spearmanの順位相関係数を用いて検討を行った。統計分析にはSPSS[®] Statistics version 25（日本IBM、東京）を用い、有意水準は5%に設定した。

結 果

1. 対象者の概要

対象者は実人数328名（男児167名、女児161名）で、期間中検査を行ったのべ人数は630名（男児319名、女児311名）であった。まず、男女間で比較した場合、BMI、握力の間での差はみられなかったが、グミゼリー（咬断能力）とガム（混合能力）による咀嚼能力スコアおよび歩行速度は、男児のほうが女児と比較して有意に高い値となった（Table 1）。

全対象者における各歯齢の割合は、ⅢB群（55.2%）が最も多く、ⅣA群（6.3%）が最も少なかった（Table 2）。ⅢA群では男児の割合が多いのに対し、ⅢC群では女児の割合が多くなっていった。学年別に歯齢の割合を比較した場合、4年生ではⅢB群（60.2%）とⅢA群（32.1%）、5年生ではⅢB群（62.0%）とⅢC群（25.3%）がそれぞれ大半を占めたが、6年生ではⅢB群（37.4%）とⅢC群（39.4%）が拮抗し、ⅣA群（21.3%）の割合が増加していた。各歯齢における平均年齢は男女間でほぼ等しかったが、各学年における歯齢比率の推移を男女間で比

Table 1 Characteristic of study population

	Total (n = 630)	Boys (n = 319)	Girls (n = 311)	p-value
Sharing ability	3.0 (0.1)	3.4 (0.1)	3.0 (0.1)	0.046
Mixing ability	6.8 (0.1)	7.0 (0.1)	6.7 (0.1)	0.043
Body mass index	17.2 (0.1)	17.6 (0.2)	17.3 (0.2)	0.303
Grip strength (kg)	14.70 (0.25)	15.65 (0.39)	15.04 (0.34)	0.218
Walking speed (m/s)	1.95 (0.01)	2.01 (0.02)	1.86 (0.02)	0.001

mean (SD)

p-value indicated statistical significance between boys and girls.

Table 2 Number of subjects and age of dental age by gender or grade

		Total	Dental age				
			ⅢA	ⅢB	ⅢC	ⅣA	
Number of subjects, n (%)	Total	630	105 (16.7)	348 (55.2)	137 (21.7)	40 (6.3)	
	Boys	319	68 (21.3)	182 (57.1)	52 (16.3)	17 (5.3)	
	Girls	311	37 (11.9)	166 (53.4)	85 (27.3)	23 (7.4)	
Age, mean (SD)	Total	10.8 (0.9)	9.8 (0.7)	10.4 (0.8)	11.0 (0.8)	11.5 (0.7)	
	Boys	10.8 (0.9)	9.8 (0.7)	10.5 (0.8)	11.1 (0.7)	11.7 (0.7)	
	Girls	10.8 (0.9)	9.8 (0.7)	10.3 (0.8)	11.0 (0.8)	11.4 (0.7)	
Number of grades, n (%)	4th	Boys	124	49 (39.5)	69 (55.6)	5 (4.0)	1 (0.8)
		Girls	122	30 (24.6)	79 (64.8)	13 (10.7)	0 (0.0)
	5th	Boys	120	17 (14.2)	77 (64.2)	25 (20.8)	1 (0.8)
		Girls	109	6 (5.5)	65 (59.6)	33 (30.3)	5 (4.6)
	6th	Boys	75	2 (2.7)	36 (48.0)	22 (29.3)	15 (20.0)
		Girls	80	1 (1.3)	22 (27.5)	39 (48.8)	18 (22.5)

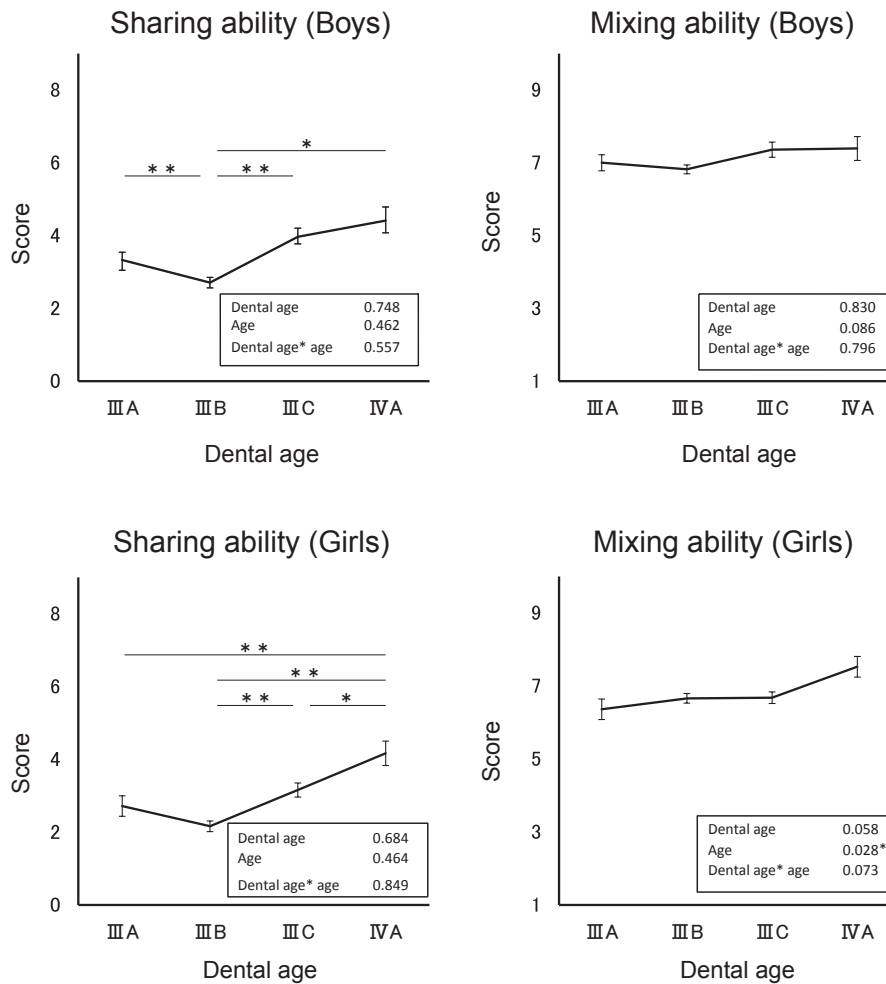


Fig. 1 Comparison of mastication performance at dental age by gender. Mean and SE are illustrated. Astarisks denote the significance of difference between dental ages. The p -value in figure is indicated the result of the mixed effect model.

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

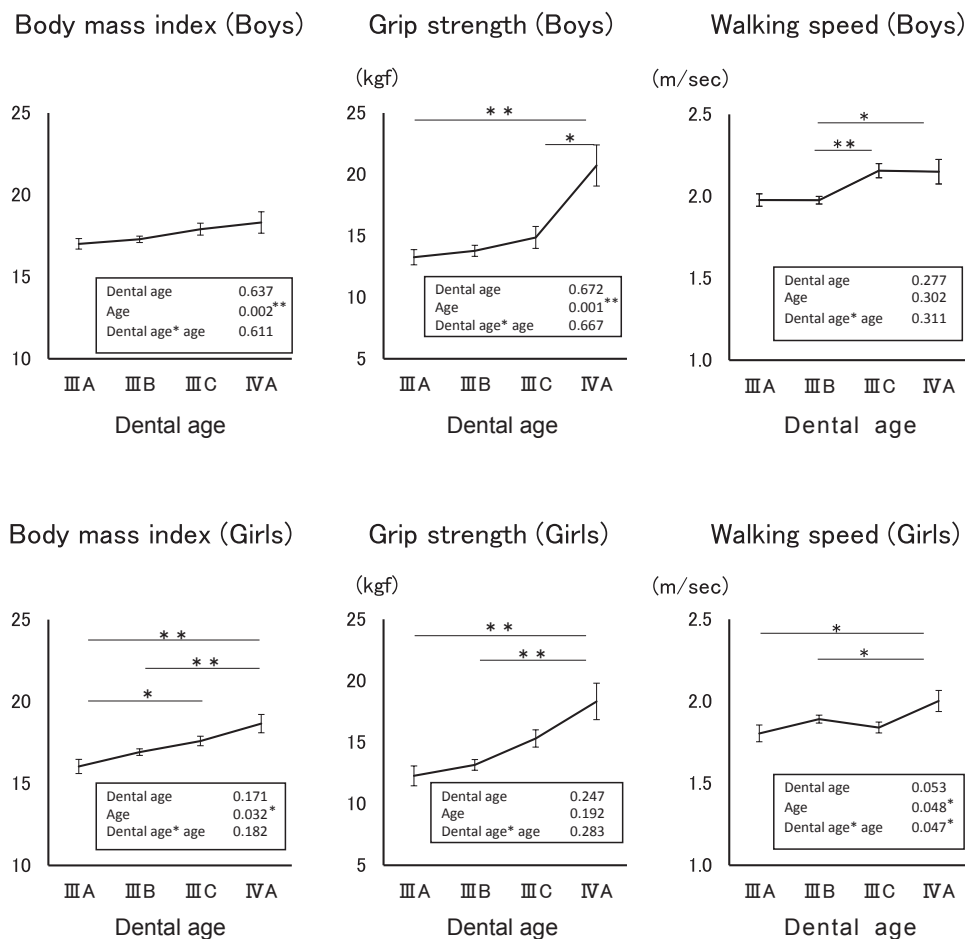


Fig. 2 Comparison of physical status and ability at dental age by gender

Mean and SE are illustrated. Astarisks denote the significance of difference between dental ages. The p -value in figure is indicated the result of the mixed effect model.

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

較すると、女兒のほうが男児に先んじている傾向がみられた。

2. 各歯齢における咀嚼能力と体格・身体能力の比較

各歯齢間における咀嚼能力の推移について男女別に比較した (Fig. 1). まず、男児においては、IIIB群において他の歯齢と比べて有意に低い咬断能力スコアを示したが、混合能力スコアについては歯齢群間で差を認めなかった。一方、女兒においては、IIIA群でIVA群よりも有意に低い咬断能力スコアを示し、IIIB群でIIIC群ならびにIVA群よりも有意に低い咬断能力スコアを示したが、混合能力スコアについては男児と同様に歯齢間で差を認めなかった。

各歯齢間における体格・身体能力の推移について男女別に比較した (Fig. 2). 男児については、BMIは各歯

齢間で差を認めなかったが、握力は、IVA群においてIIIA群、IIIC群よりも有意に高い値を示し、歩行速度は、IIIC群とIVA群においてIIIB群よりも有意に高い値を示した。一方、女兒については、BMIは、IIIC群においてIIIA群よりも有意に高い値を示したほか、BMI、握力、歩行速度は、IVA群においてIIIA群、IIIB群よりも有意に高い値を示した。

3. 各歯齢における咬断能力と混合能力との関係 (Table 3)

対象者全体では、IIIB群においてのみ有意な非常に弱い正の相関を認めた。男女別に解析した場合、男児のIIIC群とIVA群において有意な中程度の正の相関が認められ、女兒のIIIB群において有意な弱い正の相関が認められた。

Table 3 Correlation between mastication performance and physical status and ability at each dental age by gender

			Dental age			
			ⅢA	ⅢB	ⅢC	ⅣA
Total	Sharing ability vs	Mixing ability	0.203	0.195**	0.172	0.230
		Body mass index	0.150	-0.054	-0.004	-0.242
	Grip strength		0.221*	0.077	0.049	-0.115
		Walking speed	0.295**	0.175**	0.245**	-0.228
Mixing ability vs	Body mass index	0.268*	0.048	0.050	0.200	
	Grip strength	0.301**	0.194**	0.063	0.277	
	Walking speed	0.207	0.273**	0.137	-0.080	
Boys	Sharing ability vs	Mixing ability	0.159	0.134	0.411**	0.510**
		Body mass index	0.113	-0.192*	-0.243	-0.290
	Grip strength		0.207	-0.009	0.035	0.102
		Walking speed	0.354**	0.118	0.220	-0.057
Mixing ability vs	Body mass index	0.232	0.031	0.072	0.178	
	Grip strength	0.341**	0.201*	0.068	0.326	
	Walking speed	0.222	0.176*	0.262	-0.198	
Girls	Sharing ability vs	Mixing ability	0.156	0.251**	0.045	0.001
		Body mass index	0.129	0.099	0.095	-0.220
	Grip strength		0.193	0.172*	0.059	-0.218
		Walking speed	0.170	0.200*	0.224**	-0.394
Mixing ability vs	Body mass index	0.230	0.055	0.006	0.236	
	Grip strength	0.126	0.182*	0.060	0.310	
	Walking speed	0.087	0.370**	-0.068	0.066	

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

4. 各歯齢における咬断能力と体格・身体能力との関係 (Table 3)

対象者全体については、各歯齢においてBMIとの間には有意な相関は認められず、握力との間にはⅢA群においてのみ、歩行速度との間にはⅢA～ⅢC群において有意な正の相関を認めた。男児については、BMIとの間にはⅢB群においてのみ有意な非常に弱い負の相関を認め、歩行速度との間にはⅢA群においてのみ有意な弱い正の相関を認めたが、握力との間には各歯齢において有意な相関を認めなかった。女児については、BMIとの間には各歯齢において有意な相関を認めなかったが、握力との間にはⅢB群においてのみ有意な非常に弱い正の相関を認め、歩行速度との間にはⅢB群とⅢC群において有意な弱い正の相関を認めた。

5. 各歯齢における混合能力と体格・身体能力との関係 (Table 3)

対象者全体では、BMIとの間にはⅢA群においてのみ、握力との間にはⅢA群とⅢB群において、歩行速度

との間にはⅢB群においてのみ、有意な非常に弱い～弱い正の相関を認めた。男児については、BMIとの間には各歯齢において有意な相関を認めなかったが、握力との間にはⅢA群とⅢB群において、歩行速度との間にはⅢB群においてのみ、有意な非常に弱い～弱い正の相関を認めた。女児についても、BMIとの間には各歯齢において有意な相関を認めなかったが、握力ならびに歩行速度との間にはⅢB群においてのみ、有意な非常に弱い～弱い正の相関を認めた。

考 察

1. 歯齢による咀嚼能力の推移

本研究の結果より、咬断能力は男児において側方歯群交換期における乳臼歯の脱落によりいったん低下するものの、その後小臼歯による交換が完了すると増加する一方で、混合能力は男女ともに側方歯群交換期においても低下しないことが明らかとなった。すなわち、咀嚼の咬断、混合といった能力的側面によって歯列交換期の推移に大きな違いがあり、また男女間でも様相が異なること

が示唆された。また、これらの咀嚼能力と体格ならびに身体能力との間には一部の歯齢において有意な相関関係を認めたものの、その関係性は全般的に弱く、体格の発達に伴い身体能力は高くなるものの、必ずしも咀嚼能力が高くなると推測することはできないことが示唆された。以上の知見は、これまで乏しかった歯列交換期の学童の客観的咀嚼能力に関する基本的情報を歯科医療や食育の現場に提供するものである。

学童期の口腔機能の発達については、永久歯への交換期において、咀嚼能力は年齢とともに向上し、第一大臼歯の萌出および歯の交換による欠損の影響を受けることが報告されている¹⁰⁾。また、乳歯から永久歯への交換、特に側方歯の交換により主機能部位の変化や、幼児期のチョッピングから成人と同様のグライディング主体の咀嚼運動への変化が起こるとされ、解剖学的な変化だけでなく機能的変化を起こすとされている⁵⁾。これまでの学童期の咀嚼機能の推移に関する客観的指標を用いた研究によれば、第一大臼歯萌出完了前後の比較では萌出完了後に咀嚼能力が高くなったこと²²⁾、第一大臼歯部で測定した咬合力は歯齢とともに増加すること¹³⁾、チューインガムからの溶出糖量を用いて評価した混合能力は学年とともに増加すると報告されており¹⁴⁾、第一大臼歯の萌出と乳歯から混合歯列期への変化が咀嚼機能に影響を与えているとしている。

本研究において、混合能力はⅢA群からⅣA群までの歯列交換期を通じて一定のスコアを示し、咬断能力は男児において側方歯群交換期のⅢB群で有意な低下を示した。その原因として、乳歯が脱落してから永久歯の咬合が完成するまでの咬合接触点数や咬合接触面積の低下^{13,23)}が考えられる。そして、このような咬合接触状態の変化が、咬合面におけるグミゼリーの咬断に対して強く影響したものの、ガムの押しつぶしにはほとんど影響せず、顎口腔顔面の筋力によって代償されたものと推測される。しかし、2種類の咀嚼能力の間には、全体と女児において側方歯群交換期(ⅢB群)のみで正の相関が認められたことは、側方歯群交換期において咬断能力が大きく低下することにより混合能力も低下する傾向にあることを示唆しており、咀嚼指導において注意を要すると考えられる。

側方歯群交換期には、硬いものに対する嫌厭、食事量の減少、噛まずに水分での流し込みなどの咀嚼行動が出現するとされており²⁴⁾、今回の結果からも、高い咬断能力を要する食品については調理の工夫や、ゆっくり時間をかけて噛むことを意識した食行動指導が必要であることが示唆された。また、混合能力のみを評価した場

合、咬断能力の低下が見過ごされ、丸呑みや、軟食化を増長し、適正な咀嚼機能の発達が阻害される可能性がある。これらを予防するためにも、2種類の客観的咀嚼能力評価法を用いて、咀嚼能力の成長を的確に把握し、適切な咀嚼指導を行うことが重要であると考えられる。

2. 体格・身体能力と咀嚼能力

体格の指標であるBMIを歯齢ごとに比較した場合、男児では有意な差異を認めなかったが、女児においては歯齢とともに増加する傾向を認めた。男児と比較して女児の第二次性徴は早期に始まることが知られており、身長、体重、体脂肪率が小学4年生では男児のほうが大きかったのに対し、6年生では女児のほうが大きな値を示したとの報告がなされている²⁵⁾。女児のBMIにおいて有意な増加がみられたことには、これら第二次性徴の影響を受けた可能性が考えられる。一方、咀嚼能力との関係については、全対象者の混合能力との間にⅢA群において正の相関、男児の咬断能力との間にⅢB群において負の相関と、異なる関係が認められた。正の相関は、体重が増加し体格が発達しているほうが咀嚼能力を発揮するうえで有利と解釈することができるが、負の相関については体重の過剰、すなわち肥満との関連性が疑われる。これまで、幼児におけるBMIの高値群においては咀嚼能力が低く²⁶⁾、成人においては客観的な咬断能力の低下が肥満やメタボリックシンドロームと関連のあることが報告されている²⁷⁾。学童においても、咀嚼習慣と肥満との関連が指摘されており²⁸⁾、肥満傾向児の割合がピークに達する11~12歳²⁹⁾に近い側方歯群交換期における客観的な咬断能力の低下には注意を要すると考えられる。

身体能力の指標である握力と歩行速度については、男女ともに歯齢とともに増加する傾向を認め、年齢増加による一般的傾向を反映していた^{30,31)}。最大握力は、骨格筋力の指標であり、幼児から高齢者にいたるまで咀嚼能力と関連することが報告されている³²⁾。学童期の最大歩行速度に対する報告はみられないが、成人における研究では身長の影響を受けることが報告されており³³⁾、成長による身長増加の影響を受けたと考えられる。これらの指標と咀嚼能力との関係性はいずれも弱いものであったが、歯齢ごとに検討した場合、ⅢB群において高い頻度で認められたことは興味深い。推論の域を出ないが、側方歯群交換期における咬合接触の低下を代償するうえで、咬合力の強さが有利に働くとすれば、同様に骨格筋力の発達が影響する身体能力との関連がみられた可能性が考えられる。小学生の身体能力に関しては、文部

科学省が平成 28 年度に行った体力・運動能力測定の結果では、昭和 60 年頃と比較して低下していると報告されている³⁴⁾。今回の結果からは、客観的な咀嚼能力と身体能力の関連性は弱く、両者の因果関係も不明であるが、継続的に多くのデータを蓄積していくことにより、咀嚼能力・身体能力双方の低下への対策のヒントが得られるものと考えられる。

3. 本研究の限界

本研究は、1カ所の小学校（1学年当たり2学級）において、3年間に4～6年生の3学年に対して行われた学校健診の結果に基づいているため、全体の対象者数が少ない。また、各年度の評価対象者が同一ではなく、結果的に各年齢層の人数に大きな差異が生じている。同一集団を共通のベースラインから追跡調査することで、より正確に咀嚼能力の推移が評価できると考えられるが、その場合対象者数を確保するには多施設研究が必要になると考えられる。

また、歯齢を正確に判定するためには該当歯の有無だけでなく、萌出状態、とりわけ接触状態を確認するための歯列模型や口腔内写真が必要とされているが^{13,35)}、学校健診の時間的制約上、視診と歯式から判定せざるをえなかった。さらに、咀嚼能力、特に混合能力には舌運動能力がかかわっており³⁶⁾、今回使用した色変わりガムを用いた評価方法には唾液分泌量が関与することが報告されている³⁷⁾。本研究ではこれらに関する検査は行っていないため、影響について検討は行えなかったが、より詳細に咀嚼能力の発達を解明していくうえでは必要な項目であると考えられる。

結 論

歯列交換期（Hellman の歯齢ⅢA～ⅣA）の学童のべ630名における客観的咀嚼能力を、咬断能力と混合能力の両側面から評価した結果、男児の咬断能力は側方歯群交換期（ⅢB）においていったん低下してから再び向上するが、混合能力は歯齢間で差異がみられなかった。また、2種類の咀嚼能力間ならびに咀嚼能力と体格・身体能力との間には、歯齢によって弱い相関関係を認めた。以上のことから、歯列交換期において、咬断能力と混合能力の両側面から咀嚼能力を客観的に評価することが、適切な咀嚼指導を行ううえで重要であると考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に協力いただいた、山元晃紀学校長ならびに山本歯科医院（兵庫県たつの市）の

スタッフの皆様は心より感謝申し上げます。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 金子芳洋. 摂食・嚥下リハビリテーションセミナー/講義録Ⅱ機能障害とその対応. 東京, 医学情報社, 2002.
- 長谷剛志. 食行動の発達と減衰からみた口腔機能の変化—摂食嚥下障害のメカニズムを考える—. 日本食生活学会誌. 2015; 25: 231-235.
- Révérénd B, Edelson L, Loret C. Anatomical, functional, physiological and behavioural aspects of the development of mastication in early childhood. *Br J Nutr.* 2014; 111: 408-414.
- 遠藤浩正. 学童期における咀嚼能力と咬合の発達に関する研究. *口腔衛会誌.* 1994; 44: 665-674.
- 中田志保, 渡辺里香, 早崎治明, 中田 稔. 小児における咀嚼時の主機能部位の変化. *小児歯誌.* 2003; 41: 252-258.
- 中田志保, 早崎治明, 西嶋憲博, 中田 稔. 小児における咀嚼の進行に伴う下顎運動の変化. *小児歯誌.* 1997; 35: 783-789.
- 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.* 1989; 27: 895-906.
- 平井志都子, 岡崎雅子, 森主宜延, 小椋 正. Hellman の咬合発達段階に基づく下顎運動の変化についての予備的研究. *小児歯誌.* 1987; 25: 345-352.
- 堀川清一, 浜田幸子, 大野秀夫, 小椋 正. 小児の咬合の機能的発達に関する研究（第3報）—Hellman の咬合発達段階ⅡA からⅢC までの咀嚼筋活動量について—. *小児歯誌.* 1985; 23: 78-87.
- Barrera L, Buschang P, Throckmorton G, Roldán S. Mixed longitudinal evaluation of masticatory performance in children 6 to 17 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139: e427-e434.
- 佐藤公子. 児童, 生徒の咀嚼能力に影響する要因の分析. *小児歯誌.* 2014; 52: 409-416.
- Oueis H. Factors affecting masticatory performance of Japanese children. *Int J Paediatr Dent.* 2009; 19: 201-205.
- 緒方哲朗. 小児における咬合接触状態の歯年齢による推移. *小児歯誌.* 1992; 30: 817-827.
- 松田秀人, 橋本和佳, 高田和夫, 栗崎吉博, 伊藤 裕, 中嶋正實. チューインガムによる小学生の咀嚼能力の測定. *小児科診療.* 2003; 66: 872-875.
- 山田好秋, 奥村 敏, 佐原資謹, 杉田 誠, 吉垣純子, 船橋誠ほか. 歯科生理学. 第6版, 東京, 医歯薬出版, 2014, 328-347.
- 皆木省吾, 田中祐貴, 橋本有希, 杉本恭子. 食塊粒度を用いた咀嚼能率評価の行方. *顎機能誌.* 2014; 21: 8-20.
- Simione M, Loret C, Reverénd B, Richburg B, Valle M, Adler M, et al. Differing structural properties of foods affect the development of mandibular control and muscle coordination in

- infants and young children. *Physiol Behav.* 2018 ; 186 : 62-72.
- 18) 高本裕三, 三留雅人, 鈴木康生, 島村和宏, 田村康夫, 石川雅章ほか. 小児歯科学. 第4版, 東京, 医歯薬出版, 2011, 18.
 - 19) Nokubi T, Yoshimuta K, Nokubi F, Yasui S, Kusunoki C, Ono T, et al. Validity and reliability of a visual scoring method for masticatory ability using gummy jelly. *Gerodontology.* 2013 ; 30 : 76-82.
 - 20) Hama Y, Kanazawa M, Minakuchi S, Uchida T, Sasaki Y. Reliability and validity of a quantitative color scale to evaluate masticatory performance using color-changeable chewing gum. *J Med Dent Sci.* 2014 ; 61 : 1-6.
 - 21) 日本小児内分泌学会. 日本人小児の体格の評価に関する基本的な考え方. (http://jspe.umin.jp/medical/files/takikaku_hyoka.pdf) ; 2013 [accessed 2020.9.18]
 - 22) 平元 泉, 大高麻衣子, 志賀 博. 幼児・児童・生徒の咀嚼能力の発達. *日咀嚼誌.* 2018 ; 28 : 28-35.
 - 23) 長谷川信乃, 松田成彦, 田村康夫, 吉田定宏. 画像解析を用いた歯列交換期における咬合接触関係の検討. *小児歯誌.* 1995 ; 33 : 552-564.
 - 24) 日本咀嚼学会編. 咀嚼の本2—ライフステージから考える咀嚼・栄養・健康—. 東京, 口腔保健協会, 2017, 30.
 - 25) 岡野亮介. 小学生における形態, 体脂肪率および生活履歴と踵骨強度の関連性. *発育発達研.* 2006 ; 31 : 1-7.
 - 26) Soares MEC, Ramos JML, Alencar BM, Leandro SM, Pereira LJ, Ramos JJ. Factors associated with masticatory performance among preschool children. *Clin Oral Investig.* 2017 ; 21 : 159-166.
 - 27) Kikui M, Ono T, Kokubo Y, Kida M, Kosaka T, Yamamoto M, et al. Relationship between metabolic syndrome and objective masticatory performance in a Japanese general population : the Suita Study. *J Dent.* 2017 ; 56 : 53-57.
 - 28) 安富和子, 足立忠文, 増田裕次. 小学校での咀嚼訓練による咬合力と食嗜好の変化—噛み応えのある食品を毎日食べることで—. *日咀嚼誌.* 2009 ; 19 : 77-84.
 - 29) 日本肥満学会. 小児肥満症診療ガイドライン 2017. 東京, ライフサイエンス出版, 2017, 15.
 - 30) 文部科学省. 平成 27 年国民健康・栄養調査報告. (<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoudl/h27-houkoku.pdf>) ; 2017 [accessed 2020.3.20]
 - 31) スポーツ庁. 平成 27 年体力・運動能力調査報告書. (https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1377959.htm) ; 2017 [accessed 2020.3.20]
 - 32) 吉野陽子, 神山麻子, 張替信之, 鈴木正成. 咀嚼力と握力および食習慣との関係—幼児から高齢者までの調査から—. *日咀嚼誌.* 2005 ; 15 : 2-10.
 - 33) Ikai T, Tatsuno H, Miyano S. Relationship between walking ability and balance function. *Jpn J Rehabil Med.* 2006 ; 4 : 828-833.
 - 34) スポーツ庁. 平成 28 年度体力・運動調査結果の概要—体力・運動能力の年次推移の傾向. (https://www.mext.go.jp/prev_sports/comp/b_menu/other/_icsFiles/afieldfile/2017/10/10/1396897-2.pdf) ; 2018 [accessed 2020.3.20]
 - 35) 進藤由紀子. 小学生における歯列・咬合と口呼吸との関連性について—山梨県咬合育成事業の実態調査から—. *小児歯誌.* 2009 ; 47 : 59-72.
 - 36) Remijn L, Vermaire JA, Nijhuis-van de Sanden MWG, Groen BE, Speksnijder CM. Validity and reliability of the mixing ability test as masticatory performance outcome in children with spastic cerebral palsy and children with typical development : A pilot study. *J Oral Rehabil.* 2018 ; 45 : 790-797.
 - 37) Kubota C, Kanazawa M, Hama Y, Komagamine Y, Minakuchi S. Association between chewing-stimulated salivary flow under the effect of atropine and mixing ability assessed using a color-changeable chewing gum. *J Prosthodont Res.* 2017 ; 61 : 387-392.