

咀嚼と歯槽骨骨塩量ならびに噛みしめと 肘関節屈曲筋力に関する最近の知見

黒江 和斗，飯野祥一郎，森田三保子，伊藤 学而

鹿児島大学歯学部歯科矯正学講座

Recent findings on the relation among the chewing pattern, the maximal biting force, the alveolar bone mineral content and the elbow muscles' strength

Kazuto KUROE, Shoichiro IINO, Mihoko MORITA, Gakuji ITO

Department of Orthodontics, Kagoshima University Dental School
8-35-1 Sakuragaoka, Kagoshima 890-8544, Japan

Abstract

Recent findings on the relation among the chewing pattern, the maximal biting force, the alveolar bone mineral content and the elbow muscles strength were discussed. The number of chewing cycle was significantly correlated to the occlusal contact area, maximal biting force and the alveolar bone mineral content. This may suggest that the number of mechanical stimulation from the chewing accelerate the remodeling of alveolar bone, which lead to the increase of the occlusal contact area, the maximal bite force and the alveolar bone density. The clenching of teeth increased the isometric strength of limb muscles via the soleus H-reflex. Using the occlusal sprint was worn in tooth crowding subject, the clenching of teeth increased the isometric strength of elbow muscles. This may interpret that the sprint has an effect of increasing occlusal contact area and to increase the elbow H-reflex. Further investigations must be directed toward the effect of the chewing and the tooth clenching on the physiology of oro-maxillary complex and body muscle function.

Key words: mastication, occlusal force, occlusal contact area,
bone mineral content, muscle strength

I. はじめに

咀嚼時の顎運動は、脳幹のパターンジェネレーターによりコントロールされた下顎のリズミカルな上下運動に、食物が介在して誘発される下顎の前後および側方運動が加わった咬断、粉碎、臼磨運動である¹⁾。食物の種類や形状、硬さが違うと、咀嚼時の顎運動経路や回数²⁻⁴⁾、咀嚼筋活動の強さやタイミングが異なる^{3, 5-7)}。咀嚼時の顎運動によって生ずる機械的刺激は、歯に咬耗を生じ⁴⁾、顎骨の形態⁸⁻¹²⁾、咀嚼筋の重量や筋線維の分化¹³⁾、歯槽骨内部の緻密性¹⁴⁻¹⁶⁾、歯槽骨骨塩量に影響を及ぼす¹⁶⁾。

咀嚼時の顎運動と歯列や咬合との関連について、偏咀嚼者の主咀嚼側では、反対側に比べて咀嚼運動経路はグライディングタイプを呈し¹⁷⁾、臼歯列は整直して咬合は緊密で、咬合接触面積も最大咬合力も大きいとされている¹⁸⁾。骨の緻密性の指標としてしばしば骨塩量が用いられるが^{19, 20)}、下顎の歯槽骨骨塩量は咬合接触面積と最大咬合力と正の相関がある²¹⁾。最近の森田ら²²⁾の報告によれば、ガムを一定時間咀嚼させたときの咀嚼回数、咀嚼周期、咀嚼運動経路は、臼歯部の咬合接触面積や最大咬合力、歯槽骨骨塩量と有意の相関がある。

歯の噛みしめは、咀嚼時だけでなく全身の運動中でも頻繁に行なわれている^{23, 24)}。噛みしめを行なうと、歯根膜の圧受容器を介して歯根膜咀嚼筋反射が起こり²⁵⁾、咀嚼筋に持続性の活動が誘発されて噛みしめの強度が調節される¹⁾。噛みしめ強度は咬合接触面積と正の相関があるが²⁶⁾、最大噛みしめを行なうと、咀嚼筋以外の、頸筋、腓腹筋、前腕伸筋、肩関節内転筋にも筋活動が認められる^{27, 28)}。そして、咬合接触面積が大きく噛みしめ強度が大きいと、手足の筋力も大きいことが指摘されている²⁹⁾。

近年、新しい検査機器が開発されて顎運動や咬合の解析が高い精度で行なわれるようになり、咀嚼や噛みしめにおける咬合の役割について新しい展開が求められている。ここでは、咀嚼と歯槽骨骨塩量、ならびに噛みしめと手足の筋力について、最近の文献と我々の教室の研究成果とを基に考察する。

II. 咀嚼と歯槽骨骨塩量

咀嚼と歯槽骨骨塩量に関する研究は、実験動物あるいはヒトを対象として行われてきた。

木村ら¹⁴⁾は、ラットを生後3週から6週間まで、粉末飼料群と固型飼料群に分けて飼育し、下顎切歯舌側歯槽骨のX線写真の濃淡をアルミニウム当量に換

算して歯槽骨骨塩量を求め、また万能試験機による圧縮試験によって歯槽骨の破砕強度を求めた。その結果、粉末飼料群の歯槽骨骨塩量は0.89mm、破砕強度は13.40kg/cm²で、いずれも固型飼料群の1.48mmおよび20.50kg/cm²に比べて有意に低かった。このことから、ラットを粉末飼料で飼育すると下顎切歯歯槽骨の緻密性は低く、歯槽骨骨塩量も破砕強度も低いとしている。

首藤¹⁵⁾は、木村ら¹⁴⁾の方法に準じてラットを生後3週から6週間まで、粉末飼料群と標準固型飼料群に分けて飼育し、下顎切歯舌側歯槽骨のX線写真の濃淡をアルミニウム当量に換算して骨塩量を求め、CMR像と走査型電子顕微鏡によって歯槽骨の骨梁構造を観察した。その結果、粉末飼料群では歯槽骨骨塩量は1.61mmで固型飼料群の1.90mmに比べて有意に低く、歯槽骨のハバース系が少なく、ハバース管周囲の骨小腔は不規則で緻密度が低かった。このことから、ラットを粉末飼料で飼育すると下顎切歯歯槽骨のハバース系が少なく、ハバース管周囲の骨小腔は不規則で緻密度も骨塩量も低いとしている。

一方、ヒトの咬合と下顎歯槽骨骨塩量の関係について、Shozushima *et al.*²¹⁾は、顎機能異常や歯の欠損のない歯学部学生46名（男子30名、女子16名）を対象として、下顎大臼歯部歯槽骨骨塩量と、最大咬合力および咬合接触面積との関連について報告している。歯槽骨骨塩量はX線写真の濃淡を鉛の当量に換算して求め、最大咬合力と咬合接触面積は歯科用圧力感応シートにより求めた。下顎大臼歯部の歯槽骨骨塩量は、咬合力および咬合接触面積とそれぞれ $r = -0.378$, $r = -0.401$ の相関があり、いずれも有意であった。このことから、下顎大臼歯部の最大咬合力と咬合接触面積が大きいと同部の歯槽骨骨塩量は高いとしている。

森田ら²²⁾は、咀嚼時顎運動と臼歯部の咬合接触面積や最大咬合力、歯槽骨骨塩量との関連について報告している。鹿児島大学歯学部男子学生62名にガムを1分間自由咀嚼させ、片側の咀嚼回数が全咀嚼回数の75%以上を占めた偏咀嚼者23名を対象とした。歯槽骨骨塩量は、歯科用デジタルX線画像診断システム（図1）で得られた下顎両側第一大臼歯部歯槽骨のアルミニウム当量値（mmAl/mm²）である。1分間のガム咀嚼時の顎運動を顎口腔機能統合検査装置で測定したところ、主咀嚼側の咀嚼回数、咬合相時間、最大側方幅は反対側に比べて有意に大きく（表1）、咀嚼回数は咬合相時間および最大側方幅と有意な正の相関があり、開口相、閉口相、咬合相の3相の時間には相互に有意な正の相関があった（表2）。また、主咀嚼側の下顎第一

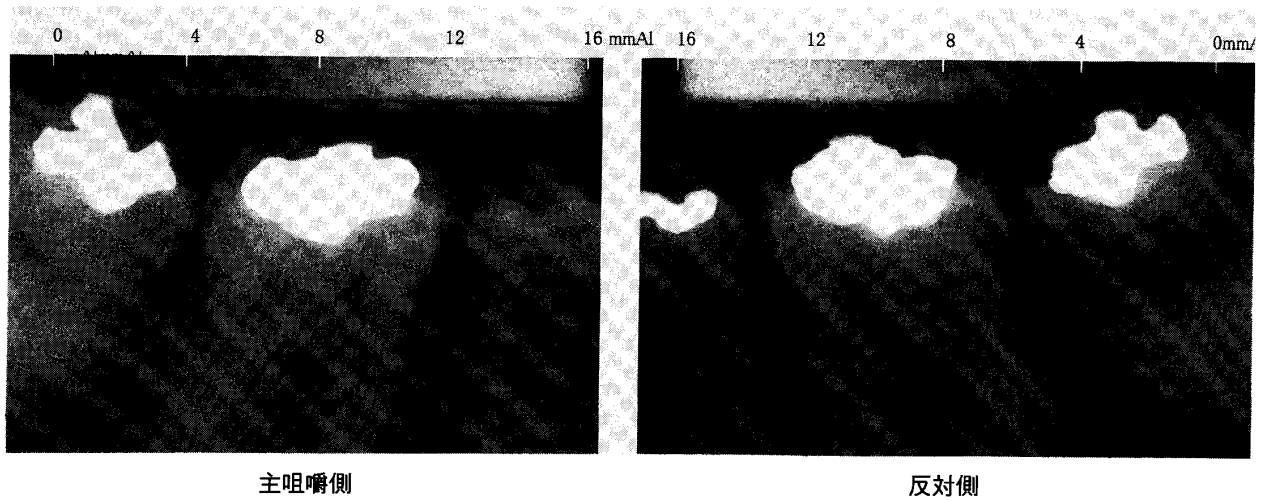
(森田ら²²⁾より)

図1 下顎第一大臼歯部歯槽骨のアルミニウム当量画像

表1 主咀嚼側と反対側における計測値の比較

	主咀嚼側	反対側
咀嚼時の顎運動に関する項目		
咀嚼回数 (30秒間)	36.0±7.5	2.4±2.8
咀嚼周期		
開口相時間 (sec/cycle)	0.26±0.06	0.26±0.07
閉口相時間 (sec/cycle)	0.23±0.05	0.23±0.05
咬合相時間 (sec/cycle)	0.25±0.05	0.24±0.05
咀嚼運動径路		
最大側方幅 (mm)	4.76±1.23	4.04±1.81
開口量 (mm)	19.82±4.75	20.22±3.28
第一大臼歯部に関する項目		
咬合接触面積 (mm ²)	8.85±3.91	4.15±2.54
最大咬合力 (N)	210.1±75.7	111.0±58.7
歯槽骨骨塩量 (mmAl/mm ²)		
近心部	4.54±0.90	4.18±0.93
中央部	5.55±1.09	5.02±0.91
遠心部	5.36±0.88	4.99±0.81
平均	5.15±0.88	4.73±0.82
歯槽堤幅径 (mm)	12.9±1.2	12.8±1.2

n=23, *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

(森田ら²²⁾より)

大臼歯部における咬合接触面積，最大咬合力，歯槽骨骨塩量は反対側に比べて有意に大きく（表1），この3項目には相互に有意な正の相関があった（表3）。さらに，主咀嚼側の咀嚼回数は下顎第一大臼歯部の咬合接触面積，最大咬合力，歯槽骨骨塩量と有意な正の相関があった（表4）。このことから，臼歯部の咬合

接触面積と最大咬合力および歯槽骨骨塩量に影響を及ぼすのは，咀嚼刺激のなかの咀嚼回数であろうと考察している。

マウスが粉末の練飼料を切歯で捕食するときの時間は平均0.9秒で，固型飼料を捕食するときの3.6秒に比べて有意に短い⁴⁾。このことは，上記の木村ら¹⁴⁾ およ

表2 主咀嚼側における顎運動の計測項目間の相関

	咀嚼周期			咀嚼運動径路	
	開口相時間	閉口相時間	咬合相時間	最大側方幅	開口量
咀嚼回数	-0.328	-0.357	0.541*	0.415*	0.055
咀嚼周期					
開口相時間	—	0.646*	0.494*	-0.173	0.077
閉口相時間	—	—	0.646*	0.260	0.086
咬合相時間	—	—	—	-0.197	-0.235
咀嚼運動径路					
最大側方幅	—	—	—	—	-0.345

n=23, *:p<0.05

(森田ら²²⁾より)

表3 主咀嚼側における第一大臼歯部に関する項目の相関係数

	咬合接触面積	最大咬合力	歯槽骨骨塩量	歯槽堤頬舌幅
咬合接触面積	—	0.734***	0.388*	-0.211
最大咬合力	—	—	0.592**	0.142
歯槽骨骨塩量	—	—	—	0.315
歯槽堤頬舌幅	—	—	—	—

n=23, *:P<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

(森田ら²²⁾より)

表4 主咀嚼側における咀嚼時の顎運動と第一大臼歯部に関する項目の相関係数

	咬合接触面積	最大咬合力	歯槽骨骨塩量	歯槽堤頬舌幅
咀嚼回数	0.418*	0.473*	0.482*	-0.760
咀嚼周期				
開口相時間	-0.197	-0.124	-0.167	0.255
閉口相時間	-0.084	0.545	0.030	0.223
咬合相時間	-0.414	-0.124	-0.167	0.255
咀嚼運動径路				
最大側方幅	0.450	0.402	0.122	-0.162
開口量	0.447	-0.392	0.120	-0.232

n=23, *: P<0.05

(森田ら²²⁾より)

び首藤¹⁵⁾の報告において, 粉末飼料で飼育したラットでは下顎切歯歯槽骨のハバース系が少なく, ハバース管周囲の骨小腔は不規則で緻密度も骨塩量も低く, 破砕強度も低いことと符号している。森田ら²²⁾の報告においても, 主咀嚼側の咀嚼回数は, 下顎第一大臼

歯部の咬合接触面積, 最大咬合力および歯槽骨骨塩量と有意の相関があり, これらのことから, 咀嚼刺激のなかでも特に咀嚼回数が咬合接触面積を増やして最大咬合力と歯槽骨の緻密性を高める効果があると考えられる。

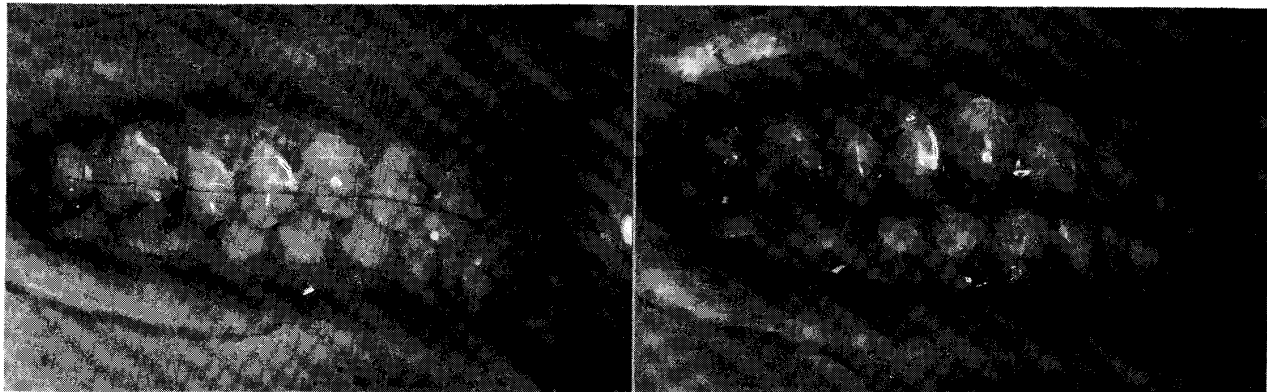
Ⅲ. 噛みしめと手足の筋力

全身の筋力を発揮する時には, 約25%の者が噛みしめをしているという²⁸⁾。

河村ら²⁷⁾は, 健康な成年男子11人に5分間, 臼歯部で木片を最大噛みしめさせ, 顎運動に直接関わる咬筋, 側頭筋, 舌骨上筋群の筋活動と, 頸筋, 前腕伸筋, 腓腹筋の筋活動とを筋電図で観察している。その結果, 臼歯部で噛みしめることによって, 顎運動に関わる筋群の活動が高まるだけでなく, 頸筋, 前腕伸筋, 腓腹筋の筋活動も高まったとしている。

上野²⁸⁾は, 噛みしめの強さと身体運動機能との関連を検討するために, 成人の正常咬合者12名を対象として, 下顎安静時, 咬頭嵌合時, 最大噛みしめ(MVC)時の20%(20%MVC), 最大噛みしめ時の50%(50%MVC), 最大噛みしめ時(100%MVC)の6条件下で肩関節内転筋の等尺性最大筋力と平均筋力を測定している。その結果, 内転筋の最大筋力は, いずれの噛みしめ時でも下顎安静時に比べて有意な増加を示さなかったが, 平均筋力は, 100%MVCでは下顎安静時に比べて5.4%の有意な増加を示した。また, 咬頭嵌合時の噛みしめと最大筋力には $r=0.584$, 平均筋力には $r=0.683$ の相関があり, いずれも有意であった。このことから, 噛みしめの強さは上肢の筋力に影響を及ぼすことを示している。

手足の筋活動を支配する脊髄の運動ニューロンの興



プラセボスプリント

オクルーザルスプリント

図2 スプリントの装着状態

(飯野ら²⁹⁾より)

奮性は、脊髄単シナプス反射であるヒラメ筋H反射の振幅によって検知することができる³⁰⁾。このヒラメ筋H波の振幅は歯を噛みしめると増大し、しかも噛みしめ強度とヒラメ筋H反射の促通量(振幅量)には正の相関がある³¹⁾。このことから、噛みしめによる咀嚼筋の活動が脊髄のヒラメ筋H反射の促通量を介して脊髄の運動ニューロンを興奮させると考えられている。

宮原³¹⁾は、顎口腔機能に異常のない成人11名を対象として、噛みしめとJendrassik手法(両手を組み合わせて閉眼させ、合図と同時に両手を左右に引っ張る)^{32, 33)}および両拳の握りしめをそれぞれ随意性最大筋力で行なわせて、ヒラメ筋H反射の振幅量を求めた。その結果、ヒラメ筋H反射の振幅量はJendrassik手法で37.5%、両拳の握りしめで36.6%増加し、しかも噛みしめとヒラメ筋H反射の振幅量に有意な正の相関があった。このことから、手の随意性最大筋力発揮時におけるヒラメ筋H反射の促通量は、噛みしめの影響を受けて増加することを報告している。

飯野ら²⁹⁾は、叢生歯列では咬合接触歯数が少ないため咬合力を僅かな歯で支えるが、スプリントを装着して噛みしめると咬合力が多く歯に分散されて手足の筋力は増大すると考えた。そこで、鹿児島大学歯学部男子学生のうち、筋力発揮時に歯を噛みしめる習慣のある正常咬合者13名(N群)と叢生者15名(C群)を選び、スプリントを装着して噛みしめ時の肘関節屈曲筋群の等尺性筋力の増大を調べた。スプリントとして、上下顎第一大臼歯を2~3mm離開した顎位で製作した全歯接触型のオクルーザルスプリントと、その咬合面部を削除したプラセボスプリントの2種類を用いた(図2)。スプリント非装着(NS)、プラセボスプリ

表5 スプリント装着による筋力の増大

	人数	平均筋力		最大筋力	
		PSによる増大	OSによる増大	PSによる増大	OSによる増大
N群	13				
増大量(N)		2.8±17.5	8.1± 9.0	7.9±17.4	8.7±12.3
増大率(%)		1.8± 9.5	4.0± 4.7	3.7± 8.9	3.9± 5.6
C群	15				
増大量(N)		5.8±13.0	16.7±15.6	4.0±13.1	13.7±13.0
増大率(%)		3.3± 8.0	9.5± 8.5	1.6± 5.9	6.7± 6.3

mean±SD, Mann-Whitney, *:p<0.05

(飯野ら²⁹⁾より)

ント装着(PS)、オクルーザルスプリント装着(OS)の3条件下で、肘関節屈曲筋群の等尺性筋力の平均筋力と最大筋力を測定した。N群の平均筋力とC群の平均筋力ならびに最大筋力には、測定条件により有意なばらつきがあった(表5)。また、N群の平均筋力と最大筋力には、PSによる増大とOSによる増大とに有意差がなかった。しかしC群では、OSによる平均筋力の増大量と増大率、および最大筋力の増大率は、PSによる増大に比べて有意に大きかった(表5)。全被検者による相関分析では、平均筋力の増大量および増大率は咬合接触歯数との間にそれぞれ有意な負の相関があったが、最大筋力の増大量および増大率と咬合接触歯数には有意な相関がなかった(図3)。以上から、咬合接触歯数が少ないC群ではスプリントを装着すると咬合力は分散されて噛みしめ強度が増し、

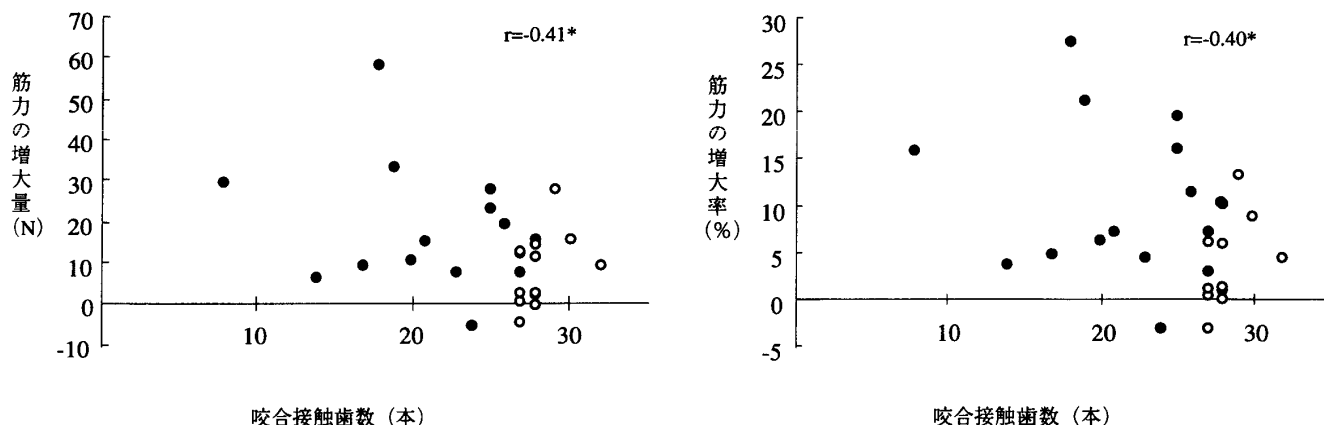


図3 OSによる平均筋力の増大と咬合接触歯数との散布図

○ N群, ● C群, * : $p < 0.05$ (飯野ら²⁸⁾より)

肘関節屈曲筋力が増大すると考察している。

以上の報告から、歯の噛みしめは手足の筋活動に影響を及ぼすが、それは噛みしめによって脊髄の運動ニューロンが興奮するためであり、しかも噛みしめ強度に咬合接触歯数に関わっていることが理解される。しかし、噛みしめと脊髄の運動ニューロンを介したヒラメ筋H反射の促通量との関連において、咬合接触が果たす役割についてはようやく検討が始まったばかりであり、さらに多くの研究が必要と思われる。

IV. おわりに

近年、少子高齢化社会を迎えて、子どもの運動能力の低さと、高齢者の運動能力の維持が保健医療の分野で注目されている。歯科においても、不正咬合や顎変形症、顎機能障害などの顎顔面形態や顎機能に関する疾病が多く採り挙げられ、咀嚼器官の生理的あるいは病理的状态と咀嚼や咬合の役割について詳細な検討が求められている。本稿で引用した論文によれば、臼歯部の咬合接触面積が大きいと最大咬合力も同部の歯槽骨骨塩量も高く、しかもこれらに影響を及ぼすのは咀嚼刺激のなかでも咀嚼回数が大きな役割を果たしていた。また、歯の噛みしめは、脊髄のH反射の促通を介して手足の筋活動に影響を及ぼすが、顎運動に関わる筋群と手足の運動に関わる筋群との神経生理学的協調の様相が明らかになりつつある。

今後の方向として、咀嚼あるいは噛みしめが顎顔面ならびに身体各部の機能に及ぼす影響と機構についてさらに詳細な検討が必要と思われる。

文 献

1. 中村嘉男, 森本俊文, 柴 芳樹, 古山俊介, 丸井隆之, 三枝木康丈, 寺澤 崇, 片倉伸郎, 真貝富夫, 小坂光男, 副田博之, 佐久間康夫, 林 治秀, 柳沢慧二, 足立 明, 角野隆二, 岩田幸一, 太田雅博, 天野仁一郎, 泰羅雅登, 稲永清敏, 佐藤豊彦, 入来篤史, 鈴木 隆, 佐藤俊英, 山本 隆, 小野田法彦, 村上俊樹, 山田好秋, 上羽隆夫, 松井洋一郎, 和田 健: 咀嚼. 基礎歯科生理学, 第3版, 中村嘉男, 森本俊文編, 332-344, 医歯薬出版株式会社, 東京, 1998
2. Smith, B. H.: Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturalists. *Am J Phys Anthropol*, 63, 39-56, 1984
3. 中島邦久, 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動経路のパターンからみた各種食品咀嚼時の咀嚼筋活動. 補綴誌, 37, 1246-1258, 1993
4. 相星順子: 性状の異なる飼料で飼育したマウスの臼歯咬耗の形態. 日矯歯誌, 53, 429-442, 1994
5. Liu, Z. J., Ikeda, K., Harada, S., Ito, G.: Functional properties of jaw and tongue muscles in rats fed a liquid diet after being weaned. *J Dent Res*, 77, 366-376, 1998
6. Ikeda, K.: Development of jaw muscles' function in rats fed a kneaded diet. *Orthod Waves*, 57, 163-172, 1998
7. Ikeda, K., Liu, Z. J., Harada, S., Kasahara, Y., Ito, G.: Alternating activities of masseter

- and digastric muscles in growing rats fed a kneaded diet, in *Neurobiology of Mastication - from Molecular to System Approach*. 1st ed., Eds. Nakamura, Y. and Sessle, B. J., 379-382, Elsevier, Amsterdam, 1999
8. 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
 9. 黒江和斗, 伊藤学而: 食物の軟化による咀嚼器官の退化. 西日矯歯誌, 27, 19-24, 1983
 10. 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. 西日矯歯誌, 33, 33-38, 1988
 11. Ito, G., Mitani, S., Kim, J. H.: Effect of soft diets on craniofacial growth in mice. *Anat Anz*, 165, 151-166, 1988
 12. 黒江和斗: 下顎頭と下顎窩の加齢変化に及ぼす咀嚼の影響. 日矯歯誌, 50, 196-209, 1991
 13. 吉田礼子: 液状飼料飼育マウスの咀嚼筋線維の分化と発達に関する研究. 日矯歯誌, 54, 52-63, 1995
 14. 木村光孝, 西田郁子, 牧 憲司, 高橋宙丈, 渡辺博文, 野沢典央, 堤 隆夫, 岡 裕美子: 食物の硬軟による成長期下顎骨の変化に関する実験的研究. 小児歯誌, 29, 291-298, 1991
 15. 首藤洋治: 顎骨の成長に関するX線的, 光顕的ならびに走査電顕的研究—食物の硬軟による歯槽骨の変化—. 九州歯会誌, 46, 574-595, 1992
 16. 高橋 忠: 成長期ラットの下顎骨に対する食物の硬軟の影響に関する研究. —骨塩量, 強度ならびに形態変化—. 九州歯会誌, 48, 188-209, 1994
 17. Wilding, R. J. C., Lewin, A: A model for optimum functional human jaw movements based on values associated with a preferred chewing patterns. *Arch oral Biol*, 36, 519-523, 1991
 18. 林 幸男: 咀嚼機能と歯列形態に関する研究習慣—習慣性咀嚼側と上下顎歯の位置関係について—. 日大口腔科学, 21, 223-234, 1995
 19. 井上哲郎, 串田一博, 宮本繁仁, 矢島秀世, 伊丹康人, 山下源太郎: X線像による骨萎縮度判定の試み. 骨代謝, 13, 187-195, 1980
 20. 牧 憲司, 葛立 宏, 堤 隆夫, 尾崎章寿, 木村光孝: 学童期小児の下顎骨骨塩量と咬合力に関する臨床研究. 小児歯誌, 32, 316, 1994
 21. Shozushima, M., Nakano, H., Kubota, M., Kamegai, T., Ishikawa, F., Saito, H., Sakamaki, K.: Bone mineral content of human mandible related to bite force and occlusal area. *Dent J Iwate Med Univ*, 21, 215-222, 1996
 22. 森田三保子, 黒江和斗, 伊藤学而: 咀嚼による機械的刺激と下顎大臼歯部歯槽骨骨塩量のとの関連(会). 第59回日本矯正歯科学会大会, 大阪市, 2000
 23. Kaufman, A., Kaufman, R.: Use of the MORA to reduce headaches on members of the U. S. Olympic Luge Team. *Basal Facts*, 5, 129-133, 1983
 24. 大山喬史: スポーツ歯学の臨床, 初版, 124-126, 医学情報社, 東京, 1983
 25. Fujii, H., Mitani, H.: Reflex responses of the masseter and temporal muscles in man. *J Dent Res*, 52, 1046-1050, 1973
 26. 高橋正光, 浅野和巳, 葛西一貴, 岩澤忠正: 感圧フィルムによる咬合力分布と顎顔面形態の関連について. 日大口腔科学, 21, 141-148, 1995
 27. 河村洋二郎, 藤本順三, 船越正也, 三木敬一: 噛みしめにより生じる身体機能変化に就いて. 阪大歯誌, 1, 47-58, 1956
 28. 上野俊明: 噛みしめと上肢等尺性運動の関連性に関する研究. 口病誌, 62, 212-253, 1995
 29. 飯野祥一朗, 黒江和斗, 中山二博, 市来 誠, 前田哲男, 大渡昭彦, 祁答院公興, 伊藤学而: オクルーザルスプリントと肘関節屈曲筋群の等尺性筋力との関連. *Orthod Waves*, in press, 2001
 30. 田中勲作: 随意運動制御の脊髓神経機構筋電図学的研究. 神経学レビュー, 3, 61-92, 1989
 31. 宮原隆雄: ヒトのヒラメ筋H反射の噛みしめによる変調. 口病誌, 58: 670-686, 1991
 32. Delwaide, P. J. and Toulouse, P.: Facilitation of monosynaptic reflexes by voluntary contraction of muscles in remote parts of the body. Mechanics involved in Jendrassik maneuver. *Brain*, 104, 701-719, 1981
 33. Delwaide, P. J. and Toulouse, P.: The Jendrassik maneuver: Quantitative analysis of reflex reinforcement by remote muscle contraction. In: *Motor control mechanisms in health and disease*. Ed. Desmed, J. E., 661-669, Raven, New York, 1983