
西野瑞穂歯科臨床医学奨励賞 受賞講演

主機能部位と補綴治療

後藤 崇晴

キーワード：主機能部位，インプラント，咬合

Main Occluding Area in Prosthodontic Treatments

Takaharu GOTO

Abstract : Mastication is an essential function for processing foods into a bolus in the oral cavity. This behaviour is thought to be controlled by a central pattern generator in the brain stem and to be influenced by the morphological properties and the texture of foods. The 'main occluding area', the location where food crushing occurs during the first stroke of mastication, is reported to be an important concept; however, it is currently limited to findings in individuals with normal dentition. We assessed changes in the location, area, and bite force of the main occluding area before and after implant treatments. The main occluding area was located at a reproducible location in the partially edentulous and normally dentate subjects. This location was principally the first molar region, and for the partially edentulous patients with missing teeth in the molar regions, it moved from the premolar region to the first molar region after treatment. These results suggest that the main occluding area can be restored to the first molar region after implant treatment and may be an important factor in the assessment of prosthodontic treatment. The main occluding area is very simple to identify using a dental stopping and has the potential to become a useful addition in the assessment of prosthodontic treatment and mastication. This article describes outlines the main occluding area and our latest findings.

I はじめに

咀嚼は食物を粉碎して食塊を形成するという顎口腔系が営む重要な機能の一つである¹⁻⁵⁾。咀嚼運動を考えた場合、咬合が重要な役割を担っている。咬合に関する過去の研究の多くは、タッピングや限界運動といった指示運動に対する咬合接触や下顎運動に関したものであり、唾液や舌、顔面の運動との関連、つまり咀嚼や構音といった機能運動時における咬合の研究が今後重要となってくる^{6,7)}。

機能運動における咬合の研究に関しては、咀嚼能力、咬合力、歯の変位様相といった多岐にわたる項目がその解析対象となる。その中で咀嚼の第一ストロークに着目

すると、ヒトは無意識のうちに舌と頬を協調させ食物を咬合面上に運び、ある一定の部位において食物の粉碎を行っていることが示された⁸⁾。加藤はこの部位を「主機能部位」と名付け、咀嚼および咬合を構成する一つの重要な因子であると提唱した。本稿では、この主機能部位に関する過去の報告に加えて、主機能部位と補綴治療に関する我々の臨床研究について解説する。

II 主機能部位とは

「主機能部位」という概念は加藤が提唱したものであり、咀嚼時の食物の粉碎は臼歯部でランダムに行われるのではなく、機能的に進化した第一大臼歯に局在するわ

ずか数 mm 四方の範囲であるこの主機能部位が中心となって営まれていると報告した⁸⁾。主機能部位の特定には、常温状態の直径3.4 mm のストップングが用いられる。咀嚼機能を検査する試料としては、過去ピーナッツや生米、グミなどが用いられてきたが⁹⁻¹¹⁾、これらは咀嚼効率や咀嚼筋活動を対象としたものであり、主機能部位に代表される噛みしめ部位の特定には、適してはいない。ストップングは、耐圧強度が 55.2 kg/cm^2 であるなど、に匹敵する硬さの試料であることに加え、噛みしめられた状態のまま、変形することなく口腔外へ取り出せるという利点もあることから、噛みしめ部位の特定に多く用いられている。被験者の舌上に長さ4 mm に切断したストップングを置き、被験側での噛みやすい部位で1回の噛みしめを行わせる(図1)。これを数回繰り返して、噛みしめられたストップングの位置を口腔内や模型上で確認し、主機能部位を特定する。過去の報告では主機能部位の一致度に関して、5回の噛みしめを行い5回とも一致した割合は67%であったとされている⁸⁾。また歯列内での主機能部位の分布に関しては、上下顎第一大臼歯間が55%と最も多く、ついで上下顎第二大臼歯間が23%であったと報告されており、健常歯列においては第一大臼歯が主機能部位となる割合が最も高いとされている⁸⁾。このように第一大臼歯に多く認められる主機能部位は咀嚼の中心となる重要な部位であると同時に、咀嚼力の集中によるトラブルが起こりうる歯でもあったとされている。加藤らはインレー辺縁歯質の破折と主機能部位の関連を観察し、約97%で破折部位と主機能部位が一致し、そのうち約70%が第一大臼歯であったと報告している¹²⁾。これらの報告からも、主機能部位は咀嚼を円滑に営む部位であると同時に注意深い観察、管理が必要な部位であると考えられる。

Ⅲ 健常歯列における主機能部位

健常歯列における主機能部位に関しては、上述した歯列上での分布を中心に過去いくつかの報告がなされてきた。徳田らは、歯列模型とシリコン印象材により採得された咬合接触像をデジタル処理を用いて重ね合わせ、咬合接触と主機能部位の関係を検討している。その結果、主機能部位は55.6%の割合で上下顎第一大臼歯の機能咬頭間に最も多く位置しており、機能時の歯の変位方向が生理的な方向となるような咬合接触点の位置が重要であると報告している¹³⁾。中田らは、小児における主機能部位の位置の変化を検討し、ⅡA期からⅢA期にかけては第二乳臼歯(33.3~43.8%)が中心であったが、ⅢB期に第二乳臼歯が脱落すると主機能部位は第一大臼歯(39.4%)へと移行し、ⅢC期以降は第一大臼歯(70.0~77.4%)にあったと報告している¹⁴⁾。Tsuchiyaらは、成人と小児における主機能部位の位置の安定性を検討し、第一大臼歯へ移行した主機能部位の安定性は移行前つまり乳歯列期よりも高かったと報告している¹⁵⁾。阿

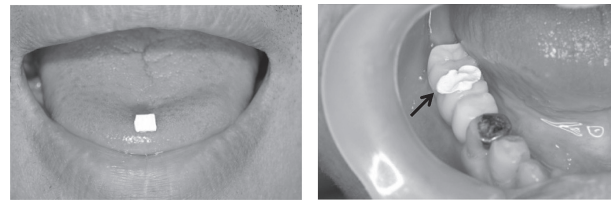


図1 主機能部位の特定

部らはブリッジ装着者の主機能部位を観察し、第一大臼歯欠損を両隣在歯支台のブリッジで補綴した被験者の場合、健常有歯顎者よりも主機能部位が後方つまり第二大臼歯側に位置していたと報告している¹⁶⁾。薩摩らは主機能部位を特定する際のストップング噛みしめ時における顎運動と咀嚼筋活動を測定し、その運動論的特徴を検討している。その中で主機能部位におけるストップング噛みしめ時の運動は過去に報告されてきた咀嚼時の下顎運動と同様の傾向を示しており、主機能部位での噛みしめは咀嚼の評価を行うのに有効な手段であると報告している¹⁷⁾。

また、加藤らは主機能部位が備えるべき重要な要素の一つとして“食物を粉砕するための機能咬頭間の緊密な咬合接触”を挙げており、咬合接触の回復と主機能部位の移行の関係について食片圧入を訴えた症例で報告している¹⁸⁾。従来、食片圧入の原因としては隣接歯との歯間離開や辺縁隆線の形態異常、歯槽骨の垂直性骨吸収などが挙げられてきたが、それらが該当しないにもかかわらず食片圧入を訴える症例の場合、上下顎第一大臼歯部における緊密な咬合接触が欠如し、より緊密な咬合接触を有する歯間部が主機能部位となり食片圧入を惹起している可能性があるとして報告されている。またそのような場合、第一大臼歯での咬合接触を回復することで主機能部位が第一大臼歯へと移行し、食片圧入が改善されたとも報告されている。この主機能部位の移行という現象は、咬合接触を改善した直後に起こることから、咀嚼時には機能的な咬合面形態を有した主機能部位が常に中心的な役割を担っていると考えられる。

Ⅳ 歯根膜感覚と主機能部位

健常歯列において第一大臼歯が主機能部位となる理由として加藤らは、歯根膜感覚の影響を論じている¹⁹⁾。佐々木らは歯根膜感覚に関して「歯根膜感覚は食物を粉砕、臼磨する際に、食物の硬さに応じて十分な咬合力を発揮させるために必要で、咀嚼時に生ずる歯の側方変位に対する歯根膜情報が咬筋活動量の調整に密接に関与している」と述べている²⁰⁾。上述のように主機能部位は緊密な咬合接触を回復させれば瞬時に移行することから、歯根膜からの感覚情報が関与していると考えられる。歯根膜における触圧覚はマイスネル小体やクラウゼ小体、ルフィニ小体、自由神経終末が受容器となる。その感

表1 噛みしめ部位の一致度

	3回一致度	2回一致度
	(%)	(%)
インプラント治療前 (n=60)	44 (73.3)	16 (26.7)
インプラント治療後 (n=60)	52 (86.7)	8 (13.3)

*P<0.05

表2 大臼歯部が欠損している被験側における主機能部位の分布

		主機能部位の分布				
		前歯部	第一小臼歯部	第二小臼歯部	第一大臼歯部	第二大臼歯部
被験側 (n=35)	インプラント 治療前	5 (14.3%)	12 (34.3%)	18 (51.4%)	—	—
	インプラント 治療後	0 (0%)	1 (2.9%)	6 (17.1%)	19 (54.3%)	9 (25.7%)

覚情報は、三叉神経の感覚枝を一次求心性神経として中枢に伝えられ、三叉神経主知覚核を経由し、最後は感覚野である大脳皮質中心後回に達する。咀嚼運動は脳幹に存在する咀嚼の中枢性パターン発生器（Central pattern generator: CPG）によって形成され、大脳皮質などの上位中枢や歯根膜機械受容器を中心とした末梢からの入力によって作動する^{21, 22)}。しかし、末梢からの入力は歯根膜だけではなく、舌や頬粘膜、閉口筋の筋紡錘といったほかの受容器からの情報もCPGの活動パターンを変調させている。それら末梢から与えられる情報が中枢で統合され噛む位置を特定し、円滑でリズムカルな咀嚼運動が営まれていると考えられている。したがって歯根膜感覚以外の要素も主機能部位には関与していると予想されるがその詳細は現在まで明らかとなっていない。

V 主機能部位とインプラント補綴治療

加藤が提唱した主機能部位の概念は健常歯列におけるものであった。われわれはこの概念を欠損歯列にまで応用することを考え、欠損歯列における主機能部位の有無を調査した²³⁾。欠損を有する被験側60例を対象に加藤らの方法に準じてストップングを用いて噛みしめ部位を特定し、各被験側3回の一致度を算出した。その結果、欠損歯列における3回一致群は、60例中44例で73.3%、2回一致群は16例で26.7%であり、カイ二乗検定の結果、両群間には、有意な差が認められた（表1）。また、欠損部位に対してインプラント治療を行った後

の歯列における主機能部位の有無も調査した。同一被験側60例を対象に噛みしめ部位の一致度を算出したところ、3回一致群は、60例中52例で86.7%、2回一致群は8例で13.3%であり、この場合も両群間には、有意な差が認められた。これらの結果より、補綴治療を行う前と行った後いずれの歯列において噛みしめ部位の一致度は73.3%、86.7%であり、過去の報告と比較しても高い割合を示したことから、主機能部位という概念は、欠損補綴治療においても適応し得ると考えられた。

また我々は補綴治療と主機能部位の関係をより詳細に検討するために、同一被験者を対象にインプラント治療前後における主機能部位の分布の変化を調査した²³⁾。被験側を大臼歯部が欠損しているものと大臼歯部が欠損していないものとに分けて検討した結果、インプラント治療前では、35例中18例、51.4%で第二小臼歯部に最も多く主機能部位が認められ、インプラント治療後では、35例中19例、54.3%で第一大臼歯部に最も多く認められた（表2）。一方、大臼歯部が欠損していない被験側においてはインプラント治療前では25例中13例、52.0%、インプラント治療後でも同様に、25例中15例、60.0%で第一大臼歯部に最も多く認められた（表3）。つまり、インプラント治療前に大臼歯部が欠損していた被験側においては、治療前では第二小臼歯部であった主機能部位が、インプラント治療後に第一大臼歯部に移行していた。つまり、欠損歯列へのインプラント治療によって、主機能部位は適切な位置に回復し

表3 大臼歯部が欠損していない被験側における主機能部位の分布

		主機能部位の分布				
		前歯部	第一小臼歯部	第二小臼歯部	第一大臼歯部	第二大臼歯部
被験側 (n=25)	インプラント 治療前	0 (0)	3 (12.0)	4 (16.0)	13 (52.0)	5 (20.0)
	インプラント 治療後	0 (0)	0 (0)	3 (12.0)	15 (60.0)	7 (28.0)

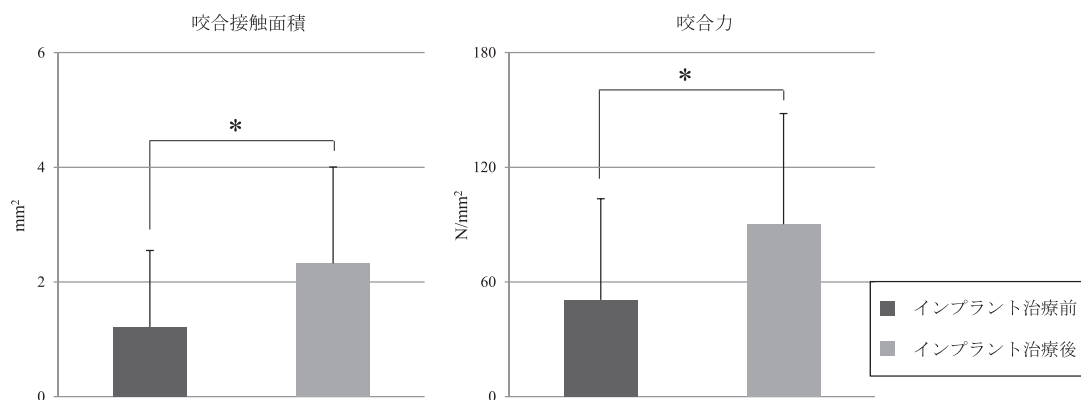


図2 インプラント治療前後における主機能部位の咬合接触面積, 咬合力の変化

ており“咬合接触を回復すれば主機能部位は適切な位置へ移行する”という上述した加藤らの考えを支持できる結果が得られた。当教室の友竹はインプラント上部構造前装部の破損と主機能部位の関連を調査している²⁴⁾。その中で、第二大臼歯まで歯列が回復されている場合、約50%で破損部位と主機能部位が一致し、そのうち約65%が第一大臼歯であった一方、第一大臼歯まで歯列が回復されている場合、全ての症例で破損部位と主機能部位が一致し、その全てが第一大臼歯であったと報告している。このことから、インプラント治療前後においても第一大臼歯は主機能部位となる割合が最も高い重要な部位であり、天然歯列と同様に注意深い管理が必要な部位であると考えられる。また、インプラント治療後の主機能部位における咬合接触面積および咬合力は増加していたことから(図2)、緊密な咬合接触が、主機能部位の要件であることが、欠損補綴治療においても確認された。

我々の研究結果により顎骨支持であるインプラントも主機能部位となり得ることが示された。しかし、インプラントには歯根膜は存在せず歯根膜感覚が欠如している。インプラントではその分、求心性情報が欠如するため、対合歯や隣在歯からの感覚情報に大きく依存するという説が考えられている²⁵⁾。インプラントの感覚機構には現在、骨膜が自己受容器の反射を引き起こすという説²⁶⁾や筋紡錘と顎関節の受容器が歯根膜の代わりをは

たすという説²⁷⁾、インプラントに接する骨に含まれている神経線維が知覚反応を司るという説²⁸⁾などが考えられている。しかし、インプラントの口腔感覚については今日までいくつかの報告があるが、明確なエビデンスは得られていない。我々の結果から、主機能部位には歯、インプラント周囲の感覚受容器以外の要素、つまり舌、頬の運動や咬合面形態の関与がより重要である可能性が示唆された。

VI まとめ

加藤の提唱した主機能部位の概念は、咀嚼という機能運動に重点をおいた新しい咬合研究のスタイルであると考えられる。この主機能部位には、歯根膜感覚のみならず頬粘膜や舌、食物の輸送に欠かせない咀嚼筋や顎関節といった様々な感覚刺激が関与していることが予想される。今回、インプラントも主機能部位となり得ることが示されたが、インプラントの口腔感覚にはいまだ不明な点が多い。今後は天然歯を比較対象とした実験においてインプラントの口腔感覚を定量的に評価し、主機能部位と口腔感覚については咀嚼と口腔感覚の詳細な解明が期待される。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始御指導、御校閲を賜りました口腔顎顔面補綴学分野、市川哲雄教授に深甚なる謝

意を表します。また、共同研究者である西中英伸先生、数々の御助言、御指導をいただきました口腔顎顔面補綴学分野の諸先生方に厚く御礼申し上げます。最後に、本研究の遂行にあたりご協力いただいた被験者の皆様方に深く感謝いたします。

Ⅶ 参考文献

- 1) Bates JF, Stafford GD and Harrison A: Masticatory function-a review of the literature III. Masticatory performance and efficiency. *J Oral Rehabil* 3, 57-67 (1976)
- 2) Linden P, Tippett D, Johnston J, Siebens A and French J: Bolus position at swallow on set in normal adults: Preliminary observations. *Dysphagia* 4, 146-150 (1989)
- 3) Palmer JB, Rudin J, Lara G and Crompton AW: Coordination of mastication and swallowing. *Dysphagia* 7, 187-200 (1992)
- 4) Krall E, Hayes C and Garcia R: How dentition status and masticatory: Function affect nutrient intake. *J Am Dent Assoc* 129, 1261-1269 (1998)
- 5) Anderson K, Throckmorton GS, Buschang PH and Hayasaki H: The effects of bolus hardness on masticatory kinematics. *J Oral Rehabil* 29, 689-696 (2002)
- 6) Pedersen AM, Bardow A, Jensen SB and Nauntofte B: Saliva and gastrointestinal functions of taste, mastication, swallowing and digestion. *Oral Dis* 8, 117-129 (2002)
- 7) Van Der Bilt A, Engelen L, Pereira LJ, Van Der Glas HW and Abbink JH: Oral physiology and mastication. *Physiol Behav* 89, 22-27 (2006)
- 8) 加藤 均, 古木 譲, 長谷川成男: 咀嚼時, 主機能部位の観察. *日本顎口腔機能学会雑誌* 2, 119-127 (1996)
- 9) Manly RS and Braley LC: Masticatory performance and efficiency. *J Dent Res* 29, 448-462 (1950)
- 10) 越野 寿: 舌運動機能が咀嚼機能に及ぼす影響—超音波診断装置による舌運動能力の評価と篩分法による咀嚼能力の評価—. *日本補綴歯科学会雑誌* 38, 799-810 (1994)
- 11) 林田有貴子: 咀嚼回数, 咀嚼から嚥下までの時間関係, 食塊のテクスチャーからみた咀嚼・嚥下機能評価. *四国歯学会雑誌* 20, 241-255 (2008)
- 12) 加藤 均, 三浦宏之, 長谷川成男, 吉田恵一, 田中義浩: 続々・咀嚼時, 主機能部位の観察; インレー装着歯に起こった歯質の破折との関係. *日本顎口腔機能学会雑誌* 9, 177-184 (2003)
- 13) 徳田彩子, 加藤 均, 三浦宏之, 岡田大蔵, 星野紘子, 長谷川成男: 咬合接触関係からみた主機能部位. *日本顎口腔機能学会雑誌* 13, 31-37 (2006)
- 14) 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. *小児歯科学雑誌* 41, 252-258 (2003)
- 15) Tsuchiya A, Miura H, Okada D, Kato H, Tokuda A and Hoshino K: Comparison of the main occluding area between adults and adolescent. *J Med Dent Sci* 55, 81-90 (2008)
- 16) 阿部晴臣, 三浦宏之, 加藤 均, 岡田大蔵, 進 千春, 岡安晴生: プリッジ装着者における主機能部位. *日本顎口腔機能学会雑誌* 16, 128-129 (2009)
- 17) 薩摩登誉子, 重本修伺, 石川輝明, 松香芳三, 松山美和, 中野雅徳, 坂東永一, 藤村哲也: 主機能部位でのストップング噛みしめ時の顎運動. *日本顎口腔機能学会雑誌* 19, 19-27 (2012)
- 18) 加藤 均, 長谷川成男, 吉田恵一, 岡田大蔵: 続々・咀嚼時, 主機能部位の観察; 食片圧入との関係. *日本顎口腔機能学会雑誌* 5, 125-133 (1999)
- 19) 加藤 均: 主機能部位に基づく実践咬合論. 第1版. 東京, デンタルダイヤモンド社, 2010, 54-90
- 20) 佐々木啓一, 渡辺 誠: 歯界展望別冊 生理的咬合へのアプローチ; 咬合と歯根膜線維. 第1版. 東京, 医歯薬出版, 1992, 43-54
- 21) Nakamura Y and Katakura N: Generation of masticatory rhythm in the brain-stem. *Neurosci Res* 23, 1-19 (1995)
- 22) Fay RA and Norgren R: Identification of rat brainstem multisynaptic connections to the oral motor nuclei using pseudorabies virus I: Masticatory muscle motor system. *Brain Res Brain Res Rev* 25, 255-275 (1997).
- 23) Goto T, Nishinaka H, Kashiwabara T, Kan N and Ichikawa T: Main occluding area in partially edentulous patients: Changes before and after implant treatment. *J Oral Rehabil* 29, 689-696 (2012)
- 24) Tomotake Y, Goto T and Ichikawa T: The relationship between main occluding area and prosthetic complains (abstract). 8th Biennial Meeting of Asian Academy of Prosthodontics, Chennai, 139 (2012)
- 25) Weiner S, Sirois D, Ehrenberg D, Lehrmann N, Simon B and Zohn H: Sensory responses from loading of implants; A pilot study. *Int J Oral Maxillofac implants* 19, 44-51 (2004)
- 26) Van Steenberghe D: From osseointegration to osseoperception. *J Dent Res* 79, 1833-1887 (2000)
- 27) Klineberg I and Murray G: Osseoperception: Sensory function and proprioception. *Adv Dent Res* 13, 120-129 (1999)
- 28) Wada S, Kojo T, Wang YH, Ando H, Nakanishi E, Zhang M, Fukuyama H and Uchida Y: Effect of loading on the development of nerve fibers around oral implants in the dog mandible. *Clin Oral Implants Res* 12, 219-224 (2001)