

主機能部位と臼歯部咬合面形態の機能的意義

加藤 均

Main Occluding Area and Functional Significance of Molar Occlusal Form

Hitoshi Kato, DDS, PhD

抄 録

臼歯部での咀嚼状況を基礎的研究に加えて日々の臨床で詳細に観察したところ、咀嚼時の食物の粉碎は第1大臼歯の機能咬頭間に局在する『主機能部位』と名付けたわずか数mm四方の範囲が中心となって営まれていることが明らかとなった。

同部位を進化的に検討した結果、臼歯の中で第1大臼歯だけに3,000万年以上も前から変わることなく現在まで維持され続けている食物粉碎のための機能的な部位のあることが明らかとなった。

そのような第1大臼歯に注目し、咬合面の主な機能を「咬頭嵌合位の維持」と「円滑な咀嚼」として解剖学的形態の中に備えるべき機能的な要素を検討した結果、①咬合接触、②主機能部位、③被蓋の3要素に集約することができた。

和文キーワード

主機能部位, 機能的咬合面形態, 進化的検討

I. はじめに

技術や材料がどんなに進歩しようとも、歯科補綴学の最終的な目標は変わることなく咬合面を機能的に回復することであり、臼歯にとって回復しなければならない重要な機能が咀嚼機能であることに異論はない。そこで、基礎的研究や臨床観察から得られた臼歯部での咀嚼状況に関する知見に食性と結びついた進化の過程を重ね合わせて、回復すべき咀嚼機能について検討したところ、「咀嚼時の食物の粉碎は機能的に進化した第1大臼歯に局在する『主機能部位』と名付けたわずか数mm四方の範囲が中心となって営まれている」という、咬合面形態の機能的意義の追求の鍵となる機能状況が明らかとなった¹⁾。

ここでは、基礎となる歯の変位様相に関する知見と主機能部位の概念に基づいて、第1大臼歯の咬合面形態が咬頭嵌合位を維持し、円滑な咀嚼を営むうえで具備すべき基本的要素、要件を提言することにする。

II. 基礎となる歯の変位様相から得られた知見

咀嚼時にはときとして体重にも相当する力が咬合面部に発現して、顎口腔系にさまざまな影響を与えることから、咀嚼機能に適した機能的咬合面形態の追求には、従来の下顎運動との調和に加えて、力との調和を図ることが不可欠である。そこで、基礎となる知見として、現代人の第1大臼歯が噛みしめや咀嚼という基本的な機能時にどのようにして咬合力を受けとめているのかを歯の変位様相の測定結果に基づいて示す。

図1は2次元微小変位計²⁾によって測定した“咬頭嵌合位での噛みしめ時”と“咀嚼時”における上顎第1大臼歯の前頭面内での典型的な変位様相である³⁾。上顎第1大臼歯は咬頭嵌合位での噛みしめ時には、予備実験の際に咬合力計で咬合平面に垂直な方向へ荷重した時と類似して、垂直方向へ沈み込むばかりではなく舌側方向へも倒れ込むように100μm前後変位する。咀嚼時にはさらに舌側方向へ強く傾斜してその変位量は150μm以上となり、機能咬頭間に噛みしめ時よりも大きな

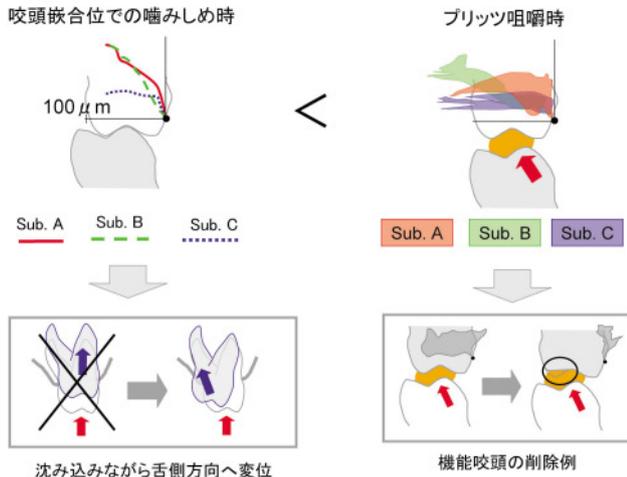


図1 上顎第1大臼歯の機能時の変位様相

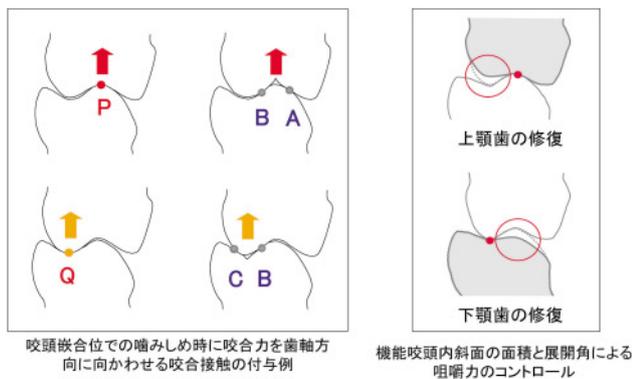


図2 咬合接触点の付与と咀嚼力のコントロール

力が舌側方向へ作用したことを示している。そして、この咀嚼時の側方への変位量は、実験的に装着したクラウンの機能咬頭を削除することで減少できることもわかっている⁴⁾(図1右下)。これらのことから、歯冠修復に際しては、咬頭嵌合位での咬合接触点は噛みしめ時に咬合平面に垂直な咬合力が作用するように付与すること、そして咀嚼時の咬合力は支台歯や対合歯の負担能力に合わせて機能咬頭の内斜面の面積と咬頭展開角の大小でコントロールできることが明らかになった(図2)。

以上の知見はすべての臼歯に共通するものと考えられるが、咀嚼に適した機能的咬合面形態を実現するという点に関しては、日常の食事での咀嚼の中心となる歯にこれを付与することが大きな意味をもつことになる。

III. 主機能部位の概要

1. 主機能部位の求め方

食物が粉碎される部位を調べるためにさまざまな試験

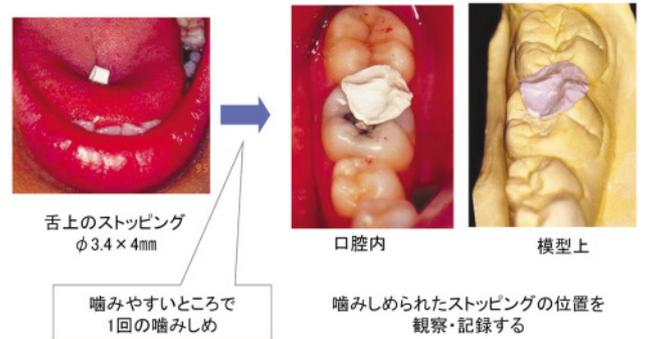


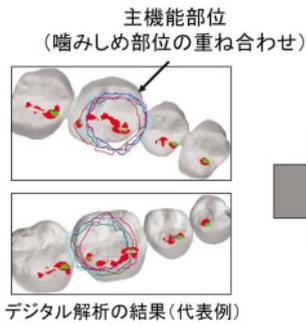
図3 咀嚼部位の確定法

食品を用いたが、常温状態のストップングの小片を噛みしめることによってその部位を容易に特定できることがわかった⁵⁾。

食物粉碎の部位の特定に際しては、直径3.4mmの通常ストップングを長さ4mmに切断したものを試験食品として被験者の舌上に載せ、咀嚼時を想定して噛みやすい部位での1回の噛みしめを行わせ、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観察する(図3)。多くの被験者でストップングを噛みしめる部位は5回の試行で一定していたので、この部位は食物を噛みやすく、咀嚼時には中心的な役割を果たしているであろうと考えて、この噛みしめの結果が一定する部位を、その被験者の、その被験側にとっての『主機能部位』と名付けた。主機能部位はその顎側で最も噛みやすい部位という意味で、習慣性咀嚼側ばかりではなく左右それぞれの顎側に存在する。

2. 主機能部位の分布状況

天然歯列上での主機能部位の分布状況は、乳歯列では第2乳臼歯が中心で⁶⁾、永久歯列では60%前後が第1大臼歯部となる。欠損歯列については、第1大臼歯への移植歯のすべてに主機能部位が含まれていたこと、第1大臼歯の1歯欠損ブリッジ補綴での主機能部位は第1大臼歯部より後方に位置していたこと、大臼歯部の遊離端義歯では小臼歯部が主機能部位となり、全部床義歯では大臼歯部が主機能部位となる傾向にあったこと、そして第1大臼歯部へのインプラントの多くが主機能部位となったこと等が報告されている¹⁾。基本となる欠損のない天然歯列については、詳細な観察結果から成人における主機能部位の多くがアングルI級の咬合関係に由来して上顎第1大臼歯近心舌側咬頭の内斜面部と下顎第1大臼歯の遠心頬側咬頭ならびに遠心咬頭の内斜面部との機能咬頭間に存在することが明らかになっている(図4)。



主機能部位は上顎第1大臼歯の近心舌側咬頭と下顎第1大臼歯の類側遠心咬頭ならびに遠心咬頭の内斜面間となることが多い

図4 第1大臼歯の主機能部位

その一方で、被験者の40%前後で主機能部位は第1大臼歯部以外の部位に分布していた。その原因を求めて対合関係を詳細に観察したところ、咬頭嵌合位における上下顎第1大臼歯の機能咬頭間の咬合状況が関わっていることが明らかとなった。すなわち、同部に適切な咬合接触と緊密な咬合があれば第1大臼歯部が主機能部位となり、それが欠如していると、主機能部位はより緊密に咬合する部位を求めて第1、第2大臼歯の歯間部となったり、第2大臼歯部となったりする。

3. 主機能部位の存在を裏付ける臨床上のトラブルから得られた知見

こうした新しい観点から実際に臨床をみると、主機能部位が関わったと考えられるトラブル症例が多いことに驚かされる。ここでは主機能部位が原因となった臨床上のトラブルの中から、「インレーの辺縁の歯質にみられる破折」⁷⁾と「食片圧入」⁸⁾について述べる。

1) インレー辺縁歯質の破折と主機能部位

インレー周囲の辺縁歯質に破折がみられた大臼歯部インレー装着歯、31症例について破折部位と主機能部位との関係を調査した結果、破折部位は咀嚼運動の第4相における「いわゆる誘導面」ではなく、すべて機能咬頭の内斜面部にあつて、30症例が主機能部位と一致し、22症例は第1大臼歯部にみられた。全症例の97%で主機能部位と一致していたことは、同部位が咀嚼時に常に咀嚼力を受け続け、そのことが破折の要因となったことを示唆している(図5)。そして、主機能部位と一致する破折の多くが第1大臼歯部にみられたことは、第1大臼歯は主機能部位となって咀嚼を円滑に営むための重要な歯であるとともに、咀嚼力の集中によるトラブルが起りうる歯でもあつて、歯科医が常に適切に管理していかなければならない歯であることを示している。特

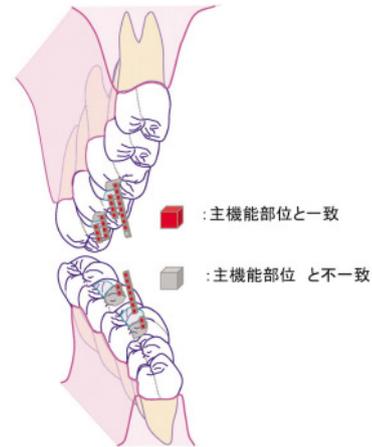


図5 インレー辺縁歯質の破折部位と主機能部位との関係

に、習慣性咀嚼側の主機能部位には慎重な管理が必要となる。

なお、咀嚼の中心となるとはいえ、第1大臼歯部だけで咀嚼が営めるわけではなく、噛み砕いた食べ物を唾液と混ぜ食塊を形成するためには、第1大臼歯を含めた健全な歯列の存在が不可欠なことはいうまでもない。

2) 食片圧入と主機能部位

食片圧入に関しては従来からその原因として挙げられてきた隣接歯間部に関する問題点がみあたらない症例がある。それらの症例について主機能部位を診査したところ、食片圧入部が主機能部位となっていたので、歯間部とは直接に関係のない第1大臼歯部での咬合関係を改善して主機能部位を元の部位に移動させ、そのことによって、食片圧入を防ぐことができた。

一例として上顎左側第1、第2大臼歯歯間部の食片圧入による痛みを主訴とする症例を示す(図6)。診査の結果、初診時の頬舌断面図が示すように下顎第1大臼歯に装着されていたインレーの咬合が低く、咬頭嵌合位における第1大臼歯の機能咬頭間での緊密な咬合が欠如していることがわかった。そして、そのことが原因となって“より緊密に咬合する部位”を求めて主機能部位は遠心に移動し、上顎第1、第2大臼歯の歯間部が主機能部位となって、同部に食片圧入を惹起していたものと考えられた。そこで、下顎第1大臼歯をインレーで再修復して機能咬頭間に緊密な咬合関係を回復したところ、主機能部位は回復当日に第1大臼歯部に移動して、その後、食片圧入は起こらなくなった。

主機能部位の移動が咬合改善の直後にチェアーサイドで起こったことは、主機能部位は咀嚼を繰り返すうちに噛みやすい部位を探し求めた結果として獲得されるのではなく、緊密な咬合とともに回復された咬頭嵌合位で

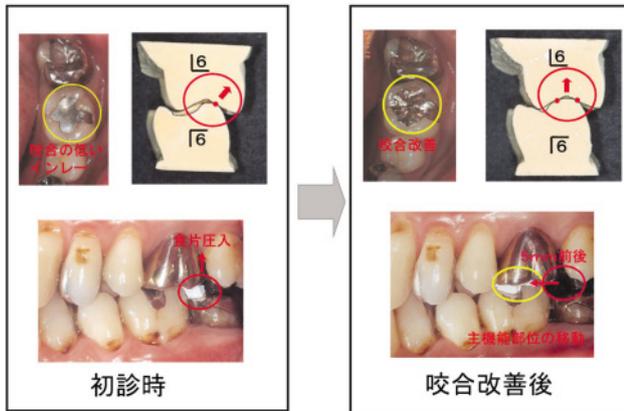


図6 咬合の改善と主機能部位の移動

の咬合接触による噛みしめ時の歯の変位様相に敏感に反応して定まることを示し、主機能部位となるためには、まず、主機能部位であることを顎口腔系に伝える咬合接触が必要となる。この咬合接触については咬頭嵌合位に相応しい咬合接触と同様に、噛みしめ時に咬合力が咬合平面と垂直な方向へ作用し、歯を生理的な方向へ変位させるものでなければならないと考えている。

3) 主機能部位の機能範囲

主機能部位の機能範囲は、インレー装着歯の歯質破折の多くが機能咬頭内斜面部に局限していたことに加え、食片圧入症例の多くが主機能部位の僅か5 mm 前後の移動で食片圧入を防げたことから、機能咬頭内斜面部のわずか5×5 mm 程度ということになる。

日常の咀嚼でこの範囲よりも大きい食物が口腔内に摂取されていることについては、その全量が咬合面上に同時に載せられるのではなく、「分割咀嚼」⁹⁾によって食物は適量ずつ主機能部位へ送られ、粉碎に関与する範囲が局限されているものと考えている。「分割咀嚼」とは咀嚼時の食物動態を実験的に観察した結果から名付けたもので、このとき正常な被蓋が重要な役割を演じていることも明らかとなっている。

これまでの主機能部位と咬合との関わりの中で注目すべきことは、主機能部位は咬合の改善によって第1大臼歯部へは容易に、即座に復位するのに対して、咬合の変化によって第1大臼歯から他の部位へ移動させることには困難が多いということで、主機能部位が第1大臼歯に存在することの理由には咬合以外の要因があるものと考えられる。

4. 主機能部位の進化的考察

「なぜ、主機能部位は第1大臼歯の特定の部位に局在し、そして咬合の異常によって別の部位となっても修

復後にはそこに帰着するのか」については、生理学的手法による追求も考えられるが、ヒトの臼歯が食性的変化と結びついて悠久の過去から進化した結果でもあろうと考えて第1大臼歯の進化の過程を辿ることにした^{10,11)}。

1) 臼歯の起源

5億年以上前に原始的魚類が初めて獲得した歯は単歯歯だったが、爬虫類から哺乳類へと進化する過程で3咬頭からなる相称歯を経て、1億2,500万年前の白亜紀に食虫類が獲得した私たちヒトの大臼歯の基本型といわれるトリボスフェニック型臼歯が誕生する。この名称は、ギリシャ語で“すりつぶし”機能を意味するトリボス部と“切り裂き”機能を意味するスフェン部を1本の臼歯が兼ね備えていたことに由来している。トリボスフェニック型臼歯への進化の過程において、それまではすれ違い咬合だった相称歯の上顎歯の舌側部と下顎歯の遠心部に新たな咬頭が生じ、これらの咬頭が噛み合っ

2) 現代人の大臼歯への進化

ヒトへと進化した原始的な霊長類は食性を虫食から果実食あるいは葉食へと移行したことから、トリボスフェニック型臼歯は切り裂く機能よりも噛み砕きやすすりつぶしの機能を強化するために、杵と臼にあたるトリボス部が発達するとともにスフェン部は機能を失って各咬頭の高差もなくなっていった。そして、3,000万年前に現れた類人猿やヒトの祖先の大臼歯は、現在の私たちの第1大臼歯と共通する特徴をすでに備えるようになっていた。4咬頭性の上顎大臼歯には斜走隆線が発達し、5咬頭性の下顎大臼歯はドリオピテクス型と呼ばれ、遠心咬頭が頰側寄りに発達したために5個の咬頭がY字型の溝で分けられるという独自の特徴を獲得した(図7)。

この時代の大臼歯がヒトの大臼歯と異なっていた点は、3本の大臼歯が同様の形態をしていて遠心の歯ほど大きかったことで、類人猿たちの大臼歯には現在も変ることなく受け継がれている。その後、われわれの祖先にだけは猿人以降の進化において、“第1大臼歯が「主機能部位」となること”を決定付ける変化が起り始める。それは、原人から新人となった200万年前あたりの軟食化による歯列の退縮に伴う変化で、ここで注目すべきは、この時期に第1大臼歯は小さくなりながらもほとんど形態を変えることなく歯列の中で最大となり、後方の臼歯は第1大臼歯に噛み砕きやすすりつぶしの機能

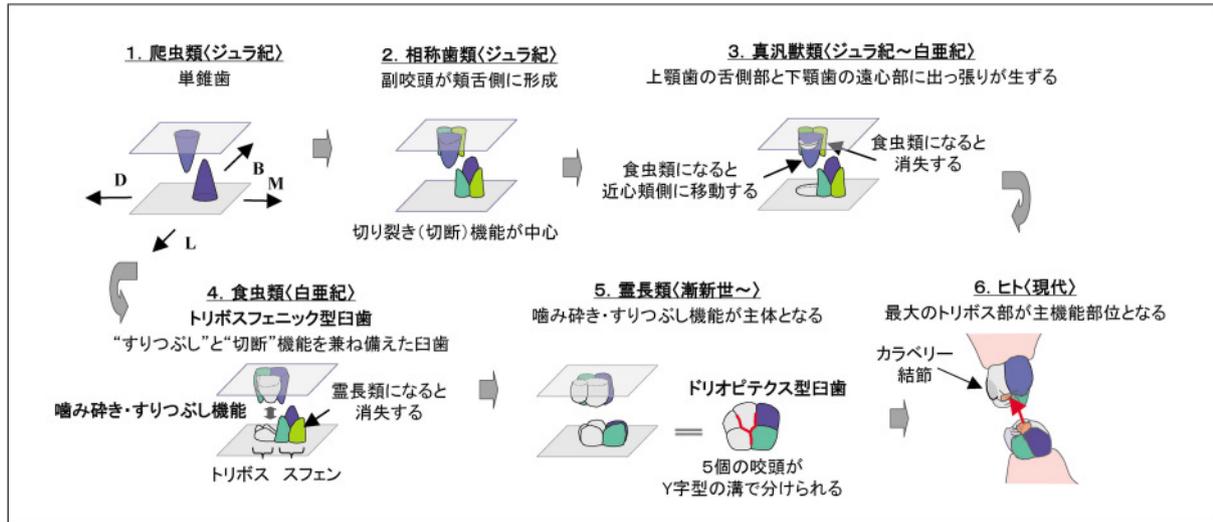


図7 大白歯の進化の過程

を委ねるかのようにトリボス部を退化させて第1大白歯よりもさらに小さくなり、下顎歯ではY型を失って+型やX型となったことである。1950年代の日本人のドリオピテクス型出現率を見ると、下顎第1大白歯は60%以上を維持しているのに対して、第2、第3大白歯では2%前後しかない。

すなわち、第1大白歯だけは3,000万年以上も前に獲得した形態をほぼそのままの形で維持し、歯列の中で最大のトリボス部を持つ歯となって現在に至っている。

さらに、上顎第1大白歯の近心舌側咬頭の舌側面に多く出現するカラベリー結節については、「大きな咬合力が加わる場所を力学的に補強する必要から生じた」という説があり、ヒトにおいて急激に発達した新しい形質であるともいわれていることは大変興味深い。

このような進化の過程は、時を越えて第1大白歯が咀嚼の中心となって機能し続けてきたことを示しているにほかならない。そのうえで、咀嚼運動経路が外側から内側へ噛み込むことを考え合わせれば、トリボス部の中でも上顎歯では近心舌側咬頭の内斜面部、下顎歯では遠心頬側咬頭ならびに遠心咬頭の内斜面部が主機能部位となることはヒトへの進化の過程で必然的な機能状況だったのである。

ここで、同部位での咬合状況を改めて観察すると、3,000万年も前から特徴づけられている上顎歯の斜走隆線と下顎歯のY字型の溝の遠心部とが確り噛み込むことで緊密な咬合部となっているようで、解剖学的形態に備わった高い機能性には驚かされる。

話を現代に戻すと、以上のような進化を遂げた第1大白歯には、ヒト、一人ひとりの咬合の成立過程におい

てその萌出後に始まる乳歯から永久歯への交換期に、孤軍奮闘しながら咀嚼機能の大半を担う期間があって、この時に獲得した主機能部位を第1大白歯は永久歯列の完成後も長年にわたって維持し続けているものと考えられる。

IV. 第1大白歯の機能的な咬合面形態が備えるべき3要素

ここまでの歯の変位様相や主機能部位に関するさまざまな知見をもとに、第1大白歯が咬頭嵌合位を維持して円滑な咀嚼を営むための機能的な咬合面形態を検討した結果、咬頭嵌合位において解剖学的形態の中に備えるべきは以下の3つの要素に集約できる¹⁾。

1. 咬頭嵌合位を維持するための“咬合接触”

咬合接触は機能咬頭が対合歯の咬合面窩に嵌合し、噛みしめ時に咬合平面と垂直な方向に咬合力が作用するように付与する。第1大白歯はこの咬合接触点を感じ取って主機能部位になると考えている。

2. 食物を粉碎するための“主機能部位”となる機能咬頭間の緊密な咬合

これまでの臨床経験では、主機能部位内の直径3mm前後を可及的に緊密にすることで好結果を得ている。また、主機能部位は平衡側となったときに咬頭干渉を招きやすい部位でもあるが、咬頭頂部等の平衡側での干渉に対して問題がない部位に咬合接触を付与すれば、干渉の危険性がある部位には真の咬合接触がなくても咬合近接域とすることで主機能部位を実現することができる。

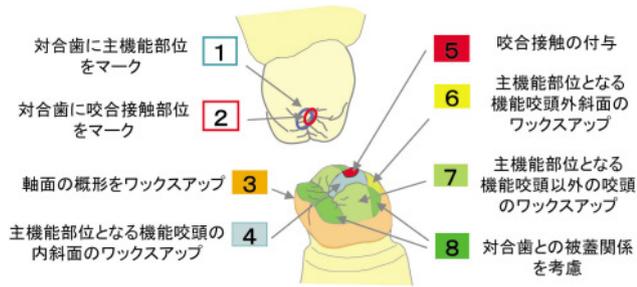


図8 機能的咬合面形態実現のためのワックスアップの手順（下顎第1大臼歯の修復例）

3. 食塊形成を円滑に行うための“被蓋”

非機能咬頭が機能咬頭を被蓋することで、粉碎された食物を被蓋の内斜面に沿った方向へ流出させる。

これらの3要素は咬合面上でそれぞれに独立した部位にあるので、支台歯、対合歯、隣在歯の負担能力などに応じて選択的に設定できる。すなわち、支台歯や対合歯が健全ならば、3要素のすべてを付与するが、負担能力に問題がある場合には、咬頭嵌合位を維持するための咬合接触を付与した上で、咀嚼機能に関しては被蓋のみを正常に付与し、主機能部位となる機能咬頭については内斜面の面積を狭め、咬頭展開角を拡げることで、加わる咀嚼力を軽減することも可能である。機能咬頭間の緊密な咬合ならびに被蓋の付与に際しては下顎運動に配慮して咬頭干渉とならないように細心の注意を払う必要がある。図8は支台歯、対合歯ともに健全な症例で下顎第1大臼歯のクラウンに、機能的咬合面形態の3要素を実現するためのワックスアップ時の基本的な手順を示したものである。

V. おわりに

基礎的な研究と臨床における咀嚼状況の観察結果とを結び付け、さらに進化学的な考察を加えることで、第1大臼歯が「咬頭嵌合位の維持」と「円滑な咀嚼」を営むために解剖学的形態が具備すべき3要素を主機能部位の概念に基づいて提言することができた。

クラウンの咬合面に解剖学的咬合面形態を与え、咬合

調整によって下顎運動との調和を図っていたら、知らないうちに機能が営まれていたというこれまでの臨床から、咬合面形態の機能的意義を踏まえて、意図した機能を解剖学的咬合面形態に準じて付与するという臨床に一步近づくことができたと考えている。

文 献

- 1) 加藤 均. 主機能部位に基づく実践咬合論—第1大臼歯のミステリー 咀嚼のランドマークを探せ—. 東京：デンタルダイヤモンド；2010, 1-143.
- 2) 加藤 均. 歯周組織の機能状態に関する研究, 第1報 2次元微小変位計. 補綴誌 1981; 25: 733-745.
- 3) 加藤 均. 歯周組織の機能状態に関する研究, 第2報 臼歯の機能時の変位と安静時の脈動. 補綴誌 1982; 26: 133-147.
- 4) 長谷川成男, 加藤 均. 咬合接触と歯牙の変位—咬合調整の基礎として—. QE 1986; 15: 1071-1078.
- 5) 加藤 均, 古木 譲, 長谷川成男. 咀嚼時, 主機能部位の観察. 顎機能誌 1996; 2: 119-127.
- 6) 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.
- 7) 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トラブルとの関係—. 顎機能誌 2003; 9: 177-184.
- 8) 加藤 均, 長谷川成男, 吉田恵一, 岡田大蔵. 続・咀嚼時, 主機能部位の観察—食片圧入との関係—. 顎機能誌 1999; 5: 125-133.
- 9) 加藤 均, 田中義浩, 野澤賢之, 三浦宏之, 長谷川成男. 咀嚼時, 食物動態の観察. 顎機能誌 2001; 7: 81-89.
- 10) 加藤 均, 三浦宏之, 高山 博, 真家和生, 長谷川成男. 咀嚼機能における主機能部位の重要性. 歯医学会誌 2008; 27: 50-54.
- 11) 加藤 均. 主機能部位の概要と進化学的考察. 日咀嚼誌 2010; 20: 61-67.

著者連絡先：加藤 均

東京証券業健康保険組合診療所

〒103-0025

東京都中央区日本橋茅場町 3-1-2

Tel/Fax: 03-3668-3087

E-mail: h-kato@shoken-kenpo.or.jp