原 著 論 文

機能運動時の咬合接触およびクリアランス

大久保由紀子 坂東 永一

Occlusal Contact and Clearance in Functional Mandibular Movement

Yukiko Okubo and Eiichi Bando

Abstract : We previously reported the three-dimensional analyzing system of occlusal tooth contacts. Using this system, we studied the functional tooth contacts and clearance of five subjects particularly during masticatory movements.

1. Tooth contacts and interocclusal clearance less than 1 mm can be analyzed during functional mandibular movements by using the six-degree-freedom jaw movement data and the three-dimensional morphology measurement of tooth surfaces.

2. Dominant tooth contacts were observed on the non-chewing side than on the chewing side during masticatory movements. The tooth contact sites on the non-chewing side corresponded to the region of contacts or tiny clearance which occurs during mediotrusive movement.

3. Tooth contacts and clearance at the beginning and the end of chewing cycle (jaw opening and jaw closing) were compared with those during lateral excursive movement. Tooth contacts and clearance during masticatory movement toward opening more corresponded to those during lateral excursive movement.

In summary, the non-chewing side tooth contacts may play an important role in the support and guidance of mandible throughout the functional masticatory movements. That means there is a need for more precise evaluation regarding non-working side occlusal tooth contacts in functional movements.

Key words : tooth contact, occlusal clearance, lateral excursive movement, masticatory movement

I. 緒 言

機能的に望ましい咬合面形態および咬合関係の探求は補綴学における最も重要な研究課題の1つである。特に咀嚼運動は顎口腔系の総合的な機能運動として重要視され、歯の咬合面形態を考える場合においても咀

徳島大学歯学部歯科補綴学第2講座 (主任: 坂東永一教授)
Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry,
The University of Tokushima (Chief: Prof. Eiichi Bando)
平成4年2月7日受付

咀嚼運動路との調和という点に関心がもたれている。

咀嚼運動路に関しては、咬頭嵌合位付近における歯の接触滑走の有無あるいは咬頭傾斜との関係などについて様々な見解が述べられてきたが、藍¹⁾により切歯点部における咀嚼運動路は咬頭嵌合位付近で側方滑走運動路と近似した関係にあることが明らかにされて以来、側方滑走運動と咬合面形態の関係について多くの研究成果が報告されてきた²⁻⁶⁾。しかし平面投影された運動経路から3次元的な咬合面形態を推測するには限界があり、また機能運動時のあらゆる顎位における上下顎歯列の位置関係を再現するのは容易なことではない。

著者らは顎運動と咬合面形態の関係を明らかにするための一助として、咬合接触の3次元解析システムを開発し報告した⁷⁾。本論文ではこのシステムを側方滑走運動および前方滑走運動、さらには咀嚼運動にも応用し、機能運動時の咬合接触およびクリアランスについて定性的および定量的な解析を試みた。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は顎口腔系に異常を認めない年齢26歳から43歳までの咬頭嵌合位が明確な歯列を有する成人男性4名、女性1名の計5名である。なお被験者1および被験者2は健全な天然歯列を有しており、他の3名についてはなんらかの歯冠補綴物を有していた(表

1)。

2. 実験方法

歯列の3次元形態計測方法および顎運動データとの対応については、すでに報告した⁷⁾ので簡単に述べる。

1) 歯列の3次元形態の計測

歯列模型の3次元形態の計測には、CNC三次元測定機(ミットヨ社製、マイクロコードFN 503)を使用し、測定子には半径0.25 mmの球状測定子を使用した。計測は歯の輪郭に沿って250 μm間隔で行った。計測データはワークステーション(DEC社製、VAX STATION 3520)に転送後、球状測定子の半径補正を行った。なお被験者1から被験者4については顎運動測定用のメタルシーネを装着しない状態でシリコーン・ラバー印象材(ジーシー社製、HYDROPHILIC EXAFLEX)を用いて印象採得を行った。また上下顎歯列模型座標系の対応はグラフィックターミナル上での視覚的な重ね合せにより行い、下顎歯列模型に取り付けた鋼球を指標とする重ね合せは行っていない。被験者5については先の報告⁷⁾どおり、メタルシーネを装着した状態でチオコール・ラバーベース印象材(ジーシー社製、SURFLEX F RECULAR TYPE)を用いて印象採得を行い、上下顎歯列模型の重ね合せは鋼球を指標とする方法により行った。

2) 顎運動の測定

顎運動の測定には、デジタル方式顎運動測定器

表 1 被験者

被験者	性別	年齢	口腔内状態	習慣性咀嚼側
1	男	43	健全天然歯列	左
2	男	31	健全天然歯列	左
3	男	38	$\frac{876}{56}$ インレー, $\overline{78}$ 4/5 冠, $\underline{2}$ MB, $\underline{5}$ アマルガム充填, $\overline{567}$ Cr, $\underline{567}$ Br	右
4	男	26	$\frac{6}{64} \frac{457}{5}$ インレー, $\overline{6}$ $\overline{78}$ 4/5 冠, $\frac{7}{7}$ アマルガム充填, $\overline{6}$ Cr	右
5	女	27	$\overline{4}$ インレー, $\frac{21}{65} \frac{12}{56}$ MB, $\underline{6}$ $\underline{67}$ Cr, $\overline{7}$ 欠損	右

MB: 金属焼付陶材冠

Cr: 全部鑄造冠

Br: ブリッジ

(MM-JI)⁸⁾を使用した。解析に用いた顎運動は、左右側方滑走運動、前方滑走運動および咀嚼運動である。左右側方滑走運動については、咬頭嵌合位から接触滑走を行いながら偏心位へ向かい、さらに偏心位から咬頭嵌合位へ戻る往復運動を記録した。この場合の咬頭嵌合位からの滑走運動を側方滑走開口運動、咬頭嵌合位へ戻る滑走運動を側方滑走閉口運動と呼ぶことにする。なお一般的に側方運動に限らず、滑走運動の運動方向を明示する場合には、咬頭嵌合位からの運動には開口を、咬頭嵌合位へ向かう運動には閉口をつけることにする。咀嚼運動については被験食品にガムおよびピーナッツを用い、ガムは十分こなれた状態で、ピーナッツは咬み初めから嚥下までの左右を指定した片側咀嚼運動を記録した。

3. 解析方法

1) 解析の対象とした顎位

左右側方滑走運動および前方滑走運動については、下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 3 mm までの顎位を約 0.25 mm ごとに選択した。

咀嚼運動については、閉口路上で下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 2 mm となる顎位から咬頭嵌合位付近を通過して開口路上で下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 2 mm となる顎位へ至る連続した運動経路上の約 0.25 mm ごとの顎位を選択した。

2) 咬合接触およびクリアランスの評価

前述の顎位における上下顎歯列のすべての計測点について対顎との咬合小面間距離が 1 mm 以下となる点を求めた。またその距離を 50 μ m 以下、100 μ m 以下、150 μ m 以下、200 μ m 以下、300 μ m 以下、500 μ m 以下、1 mm 以下の 7 段階に分類して検討し、グラフィックターミナル (EVANS & SUTHERLAND 社製, PS 390) 上には色分けして表示した。なお本論文中では先の報告⁷⁾と同様に 200 μ m 以下の咬合小面間距離を咬合接触、200 μ m 以上の咬合小面間距離をクリアランスとして記述する。

III. 結 果

1. 咬頭嵌合位における咬合状態

図 1 (被験者 1)、図 2 (被験者 2) に咬頭嵌合位における咬合状態の例を示す。

被験者 1 は比較的咬耗の進んだ状態で、明確な境界を示す咬合小面を有しており、大臼歯部における咬合

接触はほぼすべての咬合小面において、それぞれの咬合小面内全体に広い範囲で認められた。しかし犬歯および小臼歯においては広い咬合小面を有しているにもかかわらず、咬合接触は咬合小面内の一部に限られ、特に右側上下犬歯には 300 μ m 以下ではあるがクリアランスが存在し、咬合接触はほとんど認められなかった。

被験者 2 においては、上顎左右第 1 大臼歯の舌側咬頭内斜面一下顎左右第 1 大臼歯頰側咬頭内斜面間に広く咬合接触が認められるが、上顎左右第 1 大臼歯頰側咬頭内斜面一下顎左右第 1 大臼歯頰側咬頭外斜面間には咬合接触が認められず、他の 4 名の被験者とは異なった傾向を示した。

2. 滑走運動時の咬合状態

1) 左右側方滑走運動

(1) 左右側方滑走開口運動時の咬合状態

図 3 は、被験者 2 について下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 2 mm の顎位における左右側方滑走開口運動時の咬合状態を示したものである。

作業側では、左右側方滑走開口運動ともに中切歯から最後臼歯にかけて咬合接触が認められた。主な咬合接触部位は上顎では、犬歯の遠心斜面、第 1、第 2 小臼歯の頰側咬頭遠心斜面であり、第 1、第 2 大臼歯の近心舌側咬頭外斜面に点状の接触が認められた。下顎では、第 1、第 2 小臼歯の頰側咬頭近心斜面、第 1 大臼歯近心頰側咬頭近心斜面に咬合接触が認められ、さらに第 1、第 2 大臼歯の遠心舌側咬頭内斜面に点状の接触が認められた。

平衡側では、右側方滑走開口運動時に上顎左側第 1、第 2 大臼歯舌側咬頭内斜面および下顎左側第 2 大臼歯頰側咬頭内斜面に咬合接触が認められた。また左側方滑走開口運動時には上顎右側第 1、第 2 大臼歯舌側咬頭内斜面および下顎第 2、第 3 大臼歯頰側咬頭内斜面に 300 μ m 以下のクリアランスを示す部位が認められ、咬合接触とはいえないまでも上下顎咬合小面がかなり近接した状態であることが示された。

すべての被験者について左右側方滑走開口運動時の咬合状態を総括的に述べると、作業側の犬歯、小臼歯部においては、咬頭嵌合位では咬合接触していない咬合小面にも咬合接触が認められ、接触部位は滑走運動の顎位の進行とともに同一咬合小面内を上顎では頰側方向に、下顎では舌側方向に移動していた。

また側方滑走運動のガイドとなっていると考えられる部位では、同一咬合小面内でその接触面積が増大し

図 4-a 右側方滑走開口運動時の咬合状態の変化 (被験者 2)

図 4-b 右側方滑走開口運動時の咬合状態の変化 (被験者 2)

ている場合が多く認められた。臼歯部においては、咬頭嵌合位において咬合接触が認められる咬合小面内の一部に接触が認められ、顎位の進行とともに面状の咬合接触が線状あるいは点状の接触へと変化する場合が多かった。そのほかガイドとなっている咬合小面が、顎位の進行とともに変化している例も認められた。また下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 3 mm の顎位においても平衡側の上顎臼歯部舌側咬頭内斜面一下顎臼歯部頬側咬頭内斜面間のクリアランスは 1 mm 以下であり、なかでも上顎第 2 大臼歯舌側咬頭内斜面一下顎第 2 大臼歯頬側咬頭内斜面間 (第 2 大臼歯欠損の場合は第 1 大臼歯とした) でクリアランスが 500 μm 以下となる例が 10 例中 8 例に認められ、この部位に最も平衡側接触が生じやすいことが示された。

(2) 咬合接触およびクリアランスの変化

図 4 は被験者 2 の左右側方滑走開口運動について、咬頭嵌合位における 1 mm 以下の咬合小面間距離をもつ部位の面積を 100% としたときの顎切歯点の移動量と、それに伴う各咬合小面間距離を示す部位の面積の変化の様子を作業側、平衡側に分けて示したものである。

いずれの咬合小面間距離においても下顎の移動とともにその面積は減少傾向を示し、作業側の変化傾向が緩やかであるのに対して、平衡側では急速に減少する傾向が認められた。また作業側、平衡側ともに下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 1 mm 程度までのわずかな範囲においては、咬合小面間距離が長いものほどグラフの傾きは緩やかであった。すなわち 1 mm

図 5-a 左右側方滑走開閉口運動路
(被験者 1 : 切歯点部)

図 5-c 左右側方滑走開閉口運動路
(被験者 1 : 左側第 1 大臼歯部)

図 5-b 左右側方滑走開閉口運動路
(被験者 1 : 右側第 1 大臼歯部)

以下のクリアランスを示す部位の面積は、とりわけ作業側では下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 1 mm までの範囲ではほとんど変化していないが、100 μ m 以下の咬合接触を示す部位の面積は、下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 0.25 mm でも大きく変化した。この傾向は他の被験者についても同様であった。

(3) 側方滑走運動の開口路と閉口路について

側方滑走開口運動路(開口路)と側方滑走閉口運動路(閉口路)について、その運動経路および咬合状態の相違を検討した。

図 5 に被験者 1 の切歯点および左右第 1 大臼歯部における左右側方滑走運動の開口路ならびに閉口路の 3 平面投影図を示す。運動経路でみると、切歯点では両

運動経路がほぼ一致している場合でも臼歯部では相違が認められた。すなわち前頭面投影図でみると、平衡側臼歯部では閉口路は開口路よりも上方の経路をとる傾向があり、作業側臼歯部では上下的には両運動経路は切歯点よりも一致する傾向があった。水平面あるいは矢状面投影図でみて両運動経路に前後的な差が認められる場合でもこの傾向は変わらなかった。

被験者 1 の左側方滑走運動の開口路と閉口路上において、下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 1.5 mm の顎位における咬合状態を図 6 に示す。作業側(左側)の咬合状態にはほとんど相違はみられないが、平衡側(右側)では上下顎第 2 大臼歯にみられる咬合接触部位の面積が開口路に比較して閉口路の方が大きく、1 mm 以下のクリアランスを示す部位の面積も閉口路の方が大きかった。

この顎位における下顎の回転量の差は、開口路を基準として閉口路をみると、顎頭間軸の前頭面投影角で右が上方、左が下方となる方向に 0.13° 、水平面投影角で右が後方、左が前方となる方向に 0.13° 、顎頭間軸の回転量で閉口方向に 0.06° であった。また左右第 2 大臼歯部の midpoint の移動量の差は、閉口路の方が後方へ 0.06 mm、右方向へ 0.08 mm、上方へ 0.04 mm であった。

2) 前方滑走運動

(1) 前方滑走開口運動時の咬合状態

図 7 は、被験者 2 について下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 1 mm の顎位における前方滑走開口運動時の咬合状態を示したものである。

咬合接触の認められる部位は上下顎とも前歯部に限

図 8 前方滑走開口運動時の咬合状態の変化 (被験者 2)

局しており、臼歯部では咬頭嵌合位で咬合接触の認められた部位に一致して 1 mm 以下のクリアランスが認められた。

(2) 咬合接触およびクリアランスの変化

図 8 は、同被験者について前方滑走開口運動時の咬合状態の変化を前歯部、臼歯部に分けて側方滑走開口運動時と同様に示したものである。前歯部において下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 0.5 mm までの範囲では、500 μ m 以下のクリアランスを示す部位の面積は咬頭嵌合位よりも増加していた。他の被験者についても 1 mm 以下のクリアランスは咬頭嵌合位付近では増加する場合があった。また臼歯部では咬合接触を示す部位の面積は、下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約 1 mm までの範囲で急速に減少し、約 3 mm の顎位ではほぼ臼歯部全体に 1 mm 以上のクリアランスが認められた。この傾向はすべての被験者についてほぼ同様であった。

3. 咀嚼運動中の咬合状態

咀嚼運動については側方滑走運動との関連性を重視し、すべてのストロークについて咬頭嵌合位付近の咀嚼運動路と側方滑走運動路を比較検討した。

1) 任意点における咀嚼運動路について

図 9 は、被験者 4 の切歯点および左右第 1 大臼歯部における左右側方滑走開口運動路と右側ガム咀嚼運動路の 1 ストロークを重ねて表示し、さらに各経路を水平面、前頭面および矢状面の 3 平面に投影した図である。ガム咀嚼運動はガムが十分こなれた状態での運動を記録しており、どの被験者においても比較的安定し

た咀嚼ストロークを示した。被験者 4 では記録された 17 ストロークすべてに咀嚼の第 5 相⁹⁾は認められず、咀嚼の開口路は最も咬み込んだ位置から再び右方向へ開口していた。また逆ストロークも認められなかった。

切歯点における咀嚼の開口路は、前頭面投影図では右側方滑走開口運動路よりも下方にあり、矢状面および水平面投影図では右側方滑走開口運動路よりも後方にある。すなわち咀嚼の閉口時、下顎の切歯点部は側方滑走開口運動よりも後下方の経路をとって咬頭嵌合位へと向かっていた。咀嚼の開口路はどの方向から観察しても右側方滑走開口運動路にほぼ一致していた。臼歯部においても前後的には切歯点と同様な傾向が認められたが、右側第 1 大臼歯部 (咀嚼側) では閉口路と開口路の上下的な差は切歯点よりもやや少なく、開口路は側方滑走開口運動路よりもわずかに上方の経路を描いた。さらに左側第 1 大臼歯部 (非咀嚼側) では閉口路は明らかに側方滑走開口運動路よりも上方の経路をたどり、開口路は側方滑走開口運動路とほぼ一致していた。

咀嚼運動路は個人差が大きく、また同一個人であっても食品によって異なった運動路を示すことが多いので一概には断定できないが、咬頭嵌合位付近の咀嚼運動路について次のような傾向が認められた。

咀嚼の閉口路は切歯点部でみると側方滑走開口運動路に比較して後下方よりの経路をたどることが多く、咀嚼側臼歯部においては非咀嚼側臼歯部よりもやや後方寄りにあり、側方滑走開口運動路より上方の経路をたどった。開口路は側方滑走開口運動に比較して前方

への要素を持つ場合が多かった。

また粘着性食品であるガム咀嚼では、閉口時よりも開口時に側方滑走開口運動路と近似した運動路を描く場合が多かった。粉碎性食品であるピーナッツ咀嚼の場合、咀嚼の初期では下顎は咬頭嵌合位に戻らず、側方滑走開口運動に近似した運動路は少ないが、咀嚼が進行するに従ってガム咀嚼よりも咀嚼の第5相が出現する割合が多くなり、側方滑走開口運動に近似した部分が長くなる場合が多かった。

2) 咀嚼運動中の咬合接触およびクリアランス

すべての咀嚼ストロークについて咬頭嵌合位付近の咬合状態を観察することは困難であるので、平均的と思われるストロークあるいは咀嚼の第5相の出現の有無などに注目して、各運動ごとに3ストローク選択して咀嚼運動中の咬合状態を検討した。

(1) ガム咀嚼運動

図10に被験者4の右側ガム咀嚼運動中の咬合状態を示す。図10-aは咀嚼の閉口路上において下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1.5 mmの顎位、図10-bは最も咬み込んだ顎位、図10-cは咀嚼の開口路上において下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1.4 mmの顎位における咬合状態である。

咀嚼の閉口時、咀嚼側の上下顎犬歯、および上下顎第2大臼歯にわずかな咬合接触が認められるが、非咀嚼側の上顎大臼歯舌側咬頭内斜面および下顎頬側咬頭内斜面には咀嚼側よりも広い咬合接触が認められた。非咀嚼側に認められた咬合接触の部位は、右側方滑走開口運動時には咬合接触がほとんど認められず、右側方滑走閉口運動時にはわずかに咬合接触が認められた部位と一致していた。また非咀嚼側に認められる1 mm以下のクリアランスを示す部位全体の面積は、側方滑走閉口運動時よりも咀嚼運動中の方が小さいにもかかわらず咬合接触部位の面積は大きかった。

最も咬み込んだ顎位では、咬頭嵌合位における咬合状態にほぼ一致していたが、咬頭嵌合位よりもわずかに後方で咬合しているようであった。

咀嚼の開口時は、咀嚼運動路からも推察できるように右側方滑走開口運動時のほぼ同じ顎位における咬合状態とおおむね一致していたが、上下顎切歯の咬合接触面積は咀嚼の開口時の方が大きく、咀嚼運動中の方がやや前方への要素をもつことがうかがえた。

図11は、同じ咀嚼運動の閉口路から咬頭嵌合付近を通過して開口路に至るまでの各咬合小面間距離を示す部位の面積の変化を咀嚼側、非咀嚼側に分けて滑走

運動と同様に示したものである。100 μm 以下の咬合接触を示す部位は非咀嚼側で先に認められ、その面積は最も咬み込んだ顎位まで緩やかに増加しているが、咀嚼側では閉口路上において下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約0.5 mmの顎位から急激に増加した。逆に1 mm以下のクリアランスを示す部位の面積は咀嚼側の方が緩やかな増加傾向を示した。開口路上では咀嚼側、非咀嚼側ともに右側方滑走開口運動時の咬合状態の変化と同様な傾向を示した。

(2) ピーナッツ咀嚼運動

被験者4の右側ピーナッツ咀嚼運動では咀嚼初期の3ストロークには第5相は認められなかったが、4ストローク目から認められるようになった。またガム咀嚼運動路と比較して咀嚼の閉口時にその運動経路が側方滑走開口運動路と近似している場合が多く、咀嚼の閉口時は側方滑走開口運動路よりも前方へ向かう経路が多く認められた。

図12に被験者4の右側ピーナッツ咀嚼運動中の咬合状態を示す。図12-aは咬み初めから嚥下までの全ストローク中5ストローク目の閉口路上において下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1.4 mmの顎位、図12-bは最も咬み込んだ顎位、図12-cは6ストローク目の開口路上において下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1.4 mmの顎位における咬合状態である。

咀嚼の閉口時は、ガム咀嚼運動と同様な咬合状態を示し、咀嚼側のみならず非咀嚼側臼歯部にも咬合接触が認められた。

図12-bは、閉口路から開口路へと運動方向が急激に変化した顎位を最も咬み込んだ顎位として表示した。この顎位は咬頭嵌合位からの下顎切歯点の移動距離が最小となる顎位とは一致しない。最も咬み込んだ顎位では明らかに咀嚼側よりも非咀嚼側に咬合接触部位が多く認められ、前歯部では咬頭嵌合位におけるよりも広い面積で咬合接触が認められた。

咀嚼の開口時は前方方向への要素が強く、臼歯部では咬合接触は急激に減少し、図12-cの顎位では臼歯部に認められる咬合接触はわずかであり、前歯部に咬合接触が多く認められた。この咬合状態は前方滑走開口運動時の下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1.5 mmにおける咬合状態とほぼ一致しているが、詳細に観察すると前方滑走開口運動時と比較して左側上下顎犬歯、小臼歯部に1 mm以下のクリアランスを示す部位がわずかに多く、左方向への偏位をうかがわせ

図 11 右側ガム咀嚼運動中の咬合状態の変化 (被験者 4)

図 13 右側ピーナッツ咀嚼運動中の咬合状態の変化 (被験者 4)

た。

図 13 は、同じ咀嚼運動の咬合小面間距離の変化を図 11 と同様に示したものである。咀嚼側、非咀嚼側ともに咬合接触および 1 mm 以下のクリアランスを示す部位の面積が最も大きい顎位は、咬頭嵌合位からの下顎切歯点の移動距離が最小となる顎位ではなく、閉口路から開口路へと運動方向が急激に変化した顎位と一致していた。またどの咬合小面間距離においても非咀嚼側の方がその面積は大きく、グラフからも非咀嚼側の方が咀嚼側よりも強く咬合していることが確認された。

またピーナッツ咀嚼運動のように咀嚼の進行とともに食品の形状が変化していくような場合には、ガム咀嚼に比較してその咬合状態も大きく変化していると考え

えられる。そこでピーナッツ咀嚼の咀嚼初期、中期、および終末期の最も咬み込んだ顎位に注目して各顎位における咬合状態を観察した。その結果、咀嚼の初期には咬合接触は非咀嚼側に多く認められたが、咀嚼が進行するに従って咀嚼側にも咬合接触が認められるようになり、左右の上下顎歯列がバランスよく接触し咬頭嵌合位における咬合状態とほぼ一致した像を示すようになった後、嚥下へと至った。

IV. 考 察

1. 解析方法について

先に報告した歯列の 3 次元形態データと 6 自由度顎運動データを用いた咬合接触の 3 次元解析システムで

は、200 μm 以下の咬合小面間距離をもつ部位を咬合接触していると評価して解析の対象とした⁷⁾。しかし顎運動と咬合面形態の関係を明らかにするためには、機能運動中の咬合接触のみならず歯の離開の程度をも考慮する必要がある^{8,10)}という考えから解析システムを一部改良し、咬合小面間距離が1 mm 以下となる部位までを解析対象とした。これにより咬合接触の有無という観点からだけでなく、上下顎咬合小面の近接の可能性という点からも咬合面形態の意義を考察することが可能となった。また咬合接触の閾値として採用した200 μm が口腔内での咬合接触をどの程度確実にとらえているかという点については、定量的には不明な部分が残されているが、もう少し小さい別の値を閾値と設定しても結果の傾向は変わらないことから、機能時の咬合接触を考える最初のモデルとしては十分な情報をもっていると考えることができる。

2. 結果について

1) 滑走運動時の咬合状態について

滑走運動時には過大な咬合力はかからないと考えられるので、咬合力によって生じる歯の動揺^{11,12)}や顎骨の歪み¹³⁾の影響は少なく、本システムによってかなり正確に口腔内のみならず顎口腔系全体の状態を再現できると考えられる。

側方滑走開口運動時、いずれの咬合小面間距離においてもその面積は下顎の移動とともに、作業側では緩やかに減少し、平衡側では急速に減少する傾向が認められた。またこの変化は200 μm 以下の咬合小面間距離を示す咬合接触部位については、作業側では下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1 mm までの範囲で、平衡側では約0.5 mm までの範囲で大きく変化しており、それ以上の移動距離をもつ顎位では、咬合接触を示す咬合小面すなわち側方滑走運動をガイドする部位はほとんど変化していない場合が多かった。したがって滑走運動時の咬合接触状態を検討する場合、下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1 mm までの範囲が特に重要であると考えられる。側方咬合位の咬合接触様式を決定するにあたり、その顎位を明確にしておく必要があるが、現在のところ統一された術式はなく、犬歯、小白歯、あるいは第1大臼歯の咬頭対咬頭位^{14,15)}、または下顎切歯点の移動距離が3 mm の顎位¹⁶⁾などが用いられることが多い。しかし顎機能に及ぼす影響が大きいのはこれらの顎位よりもさらに咬頭嵌合位に近い顎位であると考えられ、今後、統一した

術式の確立にはこの点を考慮する必要がある。

前方滑走開口運動時の咬合状態についても、咬合接触部位の面積は前歯部では緩やかに減少し、臼歯部では急速に減少した。特に下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1 mm の顎位では臼歯部にはほとんど咬合接触は認められなかった。したがって前方滑走開口運動においても咬合状態の変化が最も大きいのは、下顎切歯点の移動距離が咬頭嵌合位から約1 mm までの範囲である。

咬頭嵌合位から偏心位へ向かう側方滑走開口運動と、偏心位から咬頭嵌合位へ向かう側方滑走閉口運動では、切歯点における運動経路だけをみればほとんど同じような運動経路であっても、機能的には異なった意味をもつと考えられる。そこで側方滑走運動の開口路と閉口路について臼歯部での運動経路を詳細に検討した。その結果、作業側では両運動経路に前後的な相違が認められる場合でも上下的にはほぼ一致した経路を示したが、平衡側では相違がみられる場合が多く、閉口路が開口路よりも上方の経路をとる場合が多かった。すなわち両運動経路上においてほぼ同じ移動量をもつ2顎位を比較すると、その相違は下顎の回転要素によるところが大きいと考えられる。また咬合状態でいえば、開口路よりも閉口路の方が平衡側の上下顎歯列が近接する傾向にあり、開口路では認められなかった平衡側接触が閉口路では認められることもあり得る。したがって偏心位において下顎を保持、固定して咬合位の記録を行うような場合には、下顎は閉口する方向にあり、平衡側接触が出現しやすい傾向にあることを考慮すべきである。またこのような場合に認められた平衡側接触は顎機能にとって有害であるとは考えられないが、平衡側臼歯部における両運動経路が作業側臼歯部における両運動経路よりも一致するような場合は、平衡側臼歯部の咬合接触が側方滑走運動のガイドとなっており、有害であると判断できるのではないかと考えられる。

2) 咀嚼運動中の咬合状態について

咀嚼力が加わった状態では、生体に歪み、変形が生じる¹³⁾ので顎関節部など歯列から遠い部位ではデータの精度が悪くなるが、顎運動は歯列の部分で測定しているので、咀嚼運動においても咬合状態に関してはかなり正確に再現できると考えられる。

咀嚼運動路については、一般に切歯点部における運動経路全体を対象として解析された報告が多いが、咬合面形態と密接に関係すると考えられる咬頭嵌合位付

近の詳細な解析報告は数少ない。藍¹⁾は切歯点部における咬頭嵌合位付近の咀嚼運動路は側方滑走運動路に近似することを指摘した。しかし臼歯部における両運動経路の近似性についてはいまだ明らかではなく、顎頭部にいたってはいくつかの報告があるが^{17,18)}、その動態が十分に解明できたとはいえない。また咀嚼運動中の咬合状態についてはテレメタリングにより咬合接触の有無を調べた報告はあるが¹⁹⁻²²⁾、歯列全体を対象として咬合状態を観察した報告はない。

そこで本研究では咬頭嵌合位付近における咀嚼運動中の咬合状態を側方滑走開口ならびに閉口運動時の咬合状態と比較することにより、両者の近似性あるいは相違点について検討した。

本研究の結果では、咀嚼運動中に非咀嚼側にも咬合接触が認められ、非咀嚼側の咬合接触が咀嚼側に先行する場合、あるいは咀嚼側よりも広い面積で咬合接触する場合が認められた。これを運動経路でみると咀嚼の第4相において、切歯点部ではほぼ側方滑走開口運動と一致している場合でも、非咀嚼側臼歯部では側方滑走開口運動路よりも上方の経路を描いていた。これは側方滑走開口運動路と側方滑走閉口運動路で、閉口路の方が上方の経路をとることとほぼ同じような傾向にあるといえる。また全部床義歯では咀嚼運動中に非咀嚼側に咬合接触が認められることが指摘されており²³⁻²⁵⁾、これは咀嚼時の義歯の変位、浮き上がりだけではなく、咀嚼中心を支点とした回転によるものであるとの考察がなされている²⁶⁾が、生体でも同様な現象が起こっている可能性があるといえる。すなわち咀嚼側では食品が介在し歯の接触が認められない状態でも、食品を介在した状態で咬合力は発揮されていると考えられるが、このとき非咀嚼側に咬合接触が認められない状態では下顎は力学的に不安定な状態であり、より安定した状態をとろうとして咀嚼側を支点とした下顎の回転が起こるのではないかと推察される。またこのとき非咀嚼側に認められる咬合接触の部位は、側方滑走閉口運動時に咬合接触が認められる部位、あるいは上下顎咬合小面間のクリアランスが少ない部位と一致していた。したがって側方滑走閉口運動時に認められる平衡側接触の部位は、咀嚼運動中には下顎を支持し、安定を図る役割を果たしている可能性もある。さらに咀嚼の閉口時に非咀嚼側の咬合接触が先行し、咀嚼側に咬合接触が認められず非咀嚼側のみ咬合接触が認められるような場合には、非咀嚼側での咬合接触が下顎を誘導している可能性もある。平衡側接触に

ついては歯周病的立場から咬頭干渉として考える説²⁷⁾や、作業側と同時に接触する場合は容認し得るとする説²⁸⁾、筋電図学的に平衡側の接触を好ましくないとする説²⁹⁾、あるいは顎関節にとって防護的に働いているとする説³⁰⁾などがあり、いまだ統一した見解は得られていない。本研究では生理的な状態においても咀嚼時に平衡側接触が認められた。したがってすべての平衡側接触が生体にとって有害というわけではなく、今後、生体にとって望ましい平衡側接触のあり方を定量的に明らかにする必要があると考えている。また臨床的にはそのような状態を確認する方法を確立する必要がある。

咀嚼運動中の咬合状態と側方滑走開口ならびに閉口運動時の咬合状態を比較した結果では、咀嚼の閉口時と側方滑走閉口運動時を比較したときより、咀嚼の閉口時と側方滑走開口運動時を比較したときの方が咬合状態の一致していることが多かった。すなわち側方滑走閉口運動時の平衡側となった場合にわずかにクリアランスをもつ部位であっても、咀嚼の閉口時には非咀嚼側に咬合接触が認められるという点で側方滑走閉口運動時とは異なった咬合状態を示していた。これは咀嚼側に食品が介在していることと強い咬合力が発揮されていることの影響であると考えられる。したがって両者の相違は、咀嚼の閉口時に非咀嚼側臼歯部において顕著であるといえる。またこのとき非咀嚼側臼歯部に認められた1 mm以下のクリアランスを示す部位全体の面積は、側方滑走閉口運動時よりも咀嚼の閉口時の方が小さいにもかかわらず、咬合接触を示す部位の面積が大きいという結果から、咀嚼運動中と側方滑走運動時では厳密には全く同じ顎位をとっておらず、下顎の動態は異なっていると考えられる。

なお本研究では術者の指定した片側咀嚼運動についてのみ検討を行ったが、今後はより機能的な状態での習慣的咀嚼運動の特徴についても検討する必要がある。

V. 結 論

1. 歯列の3次元形態データと6自由度顎運動データを用いてグラフィックターミナル上で顎運動を再現し、機能運動中の咬合接触およびクリアランスについて3次元的に解析することが可能となった。
2. 咀嚼運動中には咀嚼側よりも非咀嚼側に強い咬合接触を認めることがあり、その部位は側方滑走閉口

運動時の平衡側となった場合に咬合接触が認められる部位,あるいは上下顎のクリアランスが小さい部位であることが確認された。

3. 咬頭嵌合位付近における咀嚼運動中の咬合状態と側方滑走開口ならびに閉口運動時の咬合状態を比較検討した結果,側方滑走開口運動時と近似した咬合状態は,咀嚼の閉口時に多く認められた。

以上の結果より,側方滑走閉口運動時の平衡側となった場合にわずかにクリアランスをもつ部位であっても,咀嚼運動中に非咀嚼側となった場合には咬合接触が認められることがある。この状態では,この部位が下顎を支持し,誘導している可能性があり,平衡側接触の意義についてあらためて考え直す必要があることが示唆された。

なお本研究の要旨の一部は,第84回日本補綴歯科学会学術大会(1990年10月26日,大阪)において発表した。

文 献

- 1) 藍 稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 164~200, 1962.
- 2) 中尾勝彦: 正常天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する研究(咬頭嵌合位), 補綴誌, 14: 1~21, 1970.
- 3) 中尾勝彦: 正常天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する研究(後方歯牙接触位, 前方滑走運動, 側方滑走運動), 補綴誌, 16: 45~75, 1970.
- 4) 篠塚裕康: 歯牙滑走運動における接触状態の観察, 歯科学報, 72: 605~646, 1972.
- 5) 内田智幸: 歯牙滑走運動時における上下顎臼歯部の接触に関する研究, 歯科学報, 73: 233~263, 1973.
- 6) 田中義博: 成人正常者における咬頭嵌合位および側方運動時の咬合状態に関する研究 第2編 側方運動時作業側の咬合状態, 補綴誌, 35: 863~877, 1991.
- 7) 大久保由紀子: 咬合接触の3次元解析システムの開発, 補綴誌, 36: 53~63, 1992.
- 8) 藤村哲也, 坂東永一: デジタル方式顎運動測定器の開発, 補綴誌, 35: 830~842, 1991.
- 9) 中沢 勇: 下顎運動の補綴学的研究, 有歯顎の運動, 口病誌, 13: 81~98, 1940.
- 10) 水野 享: 咀嚼時の歯牙滑走運動に関する研究 第二報 咀嚼様開口運動時の歯牙滑走運動と臼歯部咬合面形態の比較, 補綴誌, 33: 303~312, 1989.
- 11) 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, 26: 133~147, 1982.
- 12) 三浦宏之: 機能下にある歯牙の水平面内における変位に関する研究, 補綴誌, 29: 348~367, 1985.
- 13) 竹内久裕, 藤村哲也, 坂東永一: 咬合力による顎口腔系の変形が顎運動解析に及ぼす影響, 補綴誌, 34: 1150~1161, 1990.
- 14) Weinberg L.A.: A cinematic study of centric and eccentric occlusions, J Prosthet Dent, 14: 290~293, 1964.
- 15) 藍 稔, 中野雅徳: 顎口腔系の形態, 機能に関する臨床的調査 第2報 咬合について, 補綴誌, 19: 385~390, 1975.
- 16) Ingervall B.: Tooth contacts on the functional and non-functional side in children and young adults, Arch Oral Biol, 17: 191~200, 1972.
- 17) Gibbs C.H. and Lundeen H.C.: Jaw movements and forces during chewing and swallowing and their clinical significance, Advances in occlusion, 2~32, John Wright • PSG Inc., Boston Bristol London, 1982.
- 18) 鈴木 温, 美馬さとみ, 西川啓ほか: 咀嚼運動の6自由度解析, 顎機能, 6: 15~24, 1988.
- 19) Anderson, D.J. and Picton, D.C.A.: Tooth contact during chewing, J Dent Res, 36: 21~26, 1957.
- 20) Graf H. and Zander H.A.: Tooth contact patterns in mastication, J Prosthet Dent, 13: 1055~1066, 1963.
- 21) Adams S.H. II and Zander H.A.: Functional tooth contacts lateral and in centric occlusion, J Am Dent Assoc, 69: 465~473, 1964.
- 22) Schaefer P., Stallard R.E. and Zander H.A.: Occlusal interferences and mastication, An electromyographic study, J Prosthet Dent, 17: 438~449, 1967.
- 23) Yurkstas, A.A. and Emerson, W.H.: A Study of tooth contact during mastication with artificial dentures, J Prosthet Dent, 4: 168~174, 1954.
- 24) Kaires, A.K.: A Study of occlusal surface contacts in artificial dentures, J Prosthet Dent, 7: 553~564, 1957.
- 25) 小林賢一: 全部床義歯の咀嚼時における咬合接触の動態一特に, 非咀嚼側について一, 補綴誌, 27: 150~167, 1983.
- 26) 小林賢一, 守澤正幸, 渡邊竜登美ほか: テレメータリングによる全部床義歯の咬合接触, 補綴誌, 33: 94~105, 1989.
- 27) Schuyler, C.H.: Factors contributing to traumatic occlusion, J Prosthet Dent, 11: 708~715, 1961.
- 28) 長谷川成男: 咬合学序説, 1~265, 医歯薬出版, 東京, 1988.
- 29) 西川啓介: 顎運動と咀嚼筋活動に及ぼす咬合接触の影響, 補綴誌, 33: 822~835, 1989.
- 30) 皆木省吾, 石井彰夫, 曾根田兼司ほか: 顎関節内障の発症調節メカニズムに関する研究一平衡側防護接触が平衡側顎関節の動態に及ぼす影響一, 補綴誌, 34・84回特別号: 56, 1990.

図 1 咬頭嵌合位における咬合状態 (被験者 1)

図 2 咬頭嵌合位における咬合状態 (被験者 2)

図 3-a 右側方滑走開口運動時の咬合状態 (被験者 2)
(下顎切歯点の移動距離: 約 2 mm) 図 3-b 左側方滑走開口運動時の咬合状態 (被験者 2)
(下顎切歯点の移動距離: 約 2 mm)

図 6-a 左側方滑走開口運動時の咬合状態 (被験者 1)
(下顎切歯点の移動距離: 約 1.5 mm)

図 6-b 左側方滑走閉口運動時の咬合状態 (被験者 1)
(下顎切歯点の移動距離: 約 1.5 mm)

図 7 前方滑走開口運動時の咬合状態 (被験者 2)
(下顎切歯点の移動距離: 約 1mm)

図 9-a 咬頭嵌合位付近における右側ガム咀嚼運動路および
左右側方滑走開口運動路 (被験者 4: 切歯点部)

図 9-b 咬頭嵌合位付近における右側ガム咀嚼運動路および
左右側方滑走開口運動路 (被験者 4: 右側第 1 大臼
歯部)

図 9-c 咬頭嵌合位付近における右側ガム咀嚼運動路および
左右側方滑走開口運動路 (被験者 4: 左側第 1 大臼
歯部)

図 10-a

図 10-b

図 10-c

- 図 10-a 右側ガム咀嚼運動中（閉口時）の咬合状態（被験者 4）
（下顎切歯点の移動距離：約 1.5 mm）
- 図 10-b 右側ガム咀嚼運動中の咬合状態（被験者 4）
（下顎切歯点の移動距離：約 0 mm）
- 図 10-c 右側ガム咀嚼運動中（開口時）の咬合状態（被験者 4）
（下顎切歯点の移動距離：約 1.4 mm）

図 12-a

図 12-b

図 12-c

- 図 12-a 右側ピーナッツ咀嚼運動中（閉口時）の咬合状態（被験者 4）
（下顎切歯点の移動距離：約 1.4 mm）
- 図 12-b 右側ピーナッツ咀嚼運動中の咬合状態（被験者 4）
（下顎切歯点の移動距離：約 0.5 mm）
- 図 12-c 右側ピーナッツ咀嚼運動中（開口時）の咬合状態（被験者 4）
（下顎切歯点の移動距離：約 1.4 mm）