依頼論文

加齢という観点からみた顎口腔機能の評価

—咬合評価のための顎運動測定—

中野 雅徳

Evaluation of Stomatognathic Function from the Viewpoint of Aging

—Measurement of Jaw Movement to Evaluate Occlusion—

Nakano Masanori

歯科補綴学的意義

咬合診断や咬合治療に根拠を与えたり、補綴治療がヒトの QOL 向上に貢献していることを証明するためには、咬合の客観的評価法の確立は不可欠である。本稿では、咬合の客観的評価法確立への道筋を呈示した。

抄 録

補綴治療に Evidence を与えることは非常に難しいが、その第 1 段階として、咬合の客観的評価法の確立が必要である。本稿では徳島大学歯学部歯科補綴学第二講座の研究を紹介しながら、咬合を顎運動と関連づけて動的に捉え、客観的に評価する方法を確立するための道筋を示した。6 自由度顎運動データと歯列の三次元形態データの座標系を重ね合わせることで、顎運動中の咬合接触状態を解析することができるようになった。面の向く方向から 6 種類に分類した咬合小面について、咀嚼中の咬合接触状態を解析して咬合小面の機能的役割を検討した。一方、顎関節断層 X 線写真から三次元再構築した顎関節の形態データと顎運動データをリンクさせて、顎関節の立体的運動をグラフィック上で観察する方法を開発した。側方滑走運動の M 型と D 型のガイドを実験的に与えた研究で、D 型ガイドでは作業側顎頭を後方寄りに誘導し、後方の関節空隙が狭くなり、顎関節への負荷要因となりうることが示された。また、顎運動に調和した咬合面形態を決定する基準である咬合参照面は、咬合小面を定量的に評価するときの基準にもなる。生体にとって何が望ましい咬合であるかを明らかにして、咬合評価の基準値を求めなければならない。そのためには、咬合を定量的に表示したうえで、咬合と顎機能やヒトの QOL の関係に関する疫学的研究、あるいは咬合を変化させる介入研究や咬合治療の追跡研究を行う必要がある。また、補綴治療の臨床成績は術者のスキルに依存するので、どのような咬合が与えられたかを定量的に評価することも重要である。

和文キーワード

咬合診断, 咬合治療, 咬合の定量的評価, 咬合接触状態, 顎運動

I. 緒 言

世界最高の長寿と少子化によってもたらされた超高齢化社会において、高齢者の疾病予防と健康増進は活力ある社会を維持していくうえで重要である。咀嚼、発音機能や審美性の回復および維持管理を目的とする補綴治療は、ヒトの QOL 向上に大きく貢献しており、特に健康弱者といえる障害者や高齢者などにおいて、その影響は顕著である。しかし、補綴治療がヒトの QOL 向上にどのように、また、どの程度貢献しているかを客観的に示す明確な証拠が示されていない。

近年、Evidence に基づいた医療、すなわち EBM (evidence based medicine) が求められており、歯科治療を担うものとしてこれらの要請を看過することはできない。しかし、補綴治療に内科的治療と同じ基準で Evidence を求めることが著しく困難であることを認識したうえで、この問題に対処する必要がある。すなわち、補綴治療に関する臨床研究で、二重盲検法を適用することは不可能に近いし、さらに、追跡研究などを行う場合、治療介入の内容および治療効果のいずれにおいても、評価すべき項目が内科治療に比べて非常に多く、そのうえ、客観的評価そのものが難しい項目ばかりである。具体的には、内科的治療では、どの薬を、どれだけの量、どの期間投与するかが主な介入内容であり、さらにアウトカムについても治療効果や副作用の有無あるいは生存率などのように、いずれも数値化が容易である。したがって、内科治療に Evidence を得ることは、補綴治療に比べてそれほど困難なことではない。それにもかかわらず、EBM になかった補綴関連の研究論文が医科に比べて格段に少なく、さらに、歯科のほかの分野に比べても少ないということを、非常に重大にまた悲観的に受け止める論調が一部にある。補綴治療の本質は医科でいえばむしろ外科に近く、同じ治療術式であっても臨床成績が術者のスキルの影響を大きく受けるので、どのレベルのスキルでその術式を行ったかという、いわゆるテクノロジーアセスメントが特に重要となる。これらのことを考慮に入れずに、時代の要請だからといって短絡的に EBM に傾注して、論文のスタイルだけを重視する風潮が蔓延したとしたら、これこそ補綴や歯科の危機となる。補綴治療術式に根拠をもたせることは重要で

あり、以上のことをふまえたうえで、補綴治療独自の基準によって、より客観的で根拠のある診断および治療術式を求めていかなければならない。

咬合の回復が大きなウェイトを占める補綴診療において、術前の咬合の診査、診断法や補綴治療によって咬合状態がどのように変わったかなどについて、これを客観的に捉え、表現、評価する手段や基準が現状では確立しているとはいえない¹⁾。EBD (evidence based dentistry) の要件を満たす補綴診療を実現するためには、顎口腔機能や咬合の客観的評価法を確立して、評価の基準となるデータベースを構築する必要がある。顎口腔機能のうち補綴治療に密接に関係する咀嚼機能の評価については、咀嚼効率に関する種々の検査法²⁾があるが、日常臨床に普及するには、より簡便で確実な検査法の開発が待たれる。また、咬合や顎運動に関する生体情報を捉える手段は、検査機器や測定機器の進歩で、特にわが国においては高い水準にある。しかし、捉えた情報 (信号) を有効な評価法に結びつけるには、何をどうみるかという評価パラメータが適切でなければならない。本稿では、以上の視点に立って、咬合を単に形態的 (静的) に捉えるのではなく、顎運動と関連づけて機能的 (動的) に捉え表現することに重点を置き、これまで教室で行ってきた研究を紹介しながら、咬合の客観的評価法を確立するための道筋を示す。

II. 高齢患者にみられた咬合状態と顎運動の特徴ならびに本テーマに関連する問題の抽出

症例は 70 歳の男性で、自覚的にも他覚的にも TMD (temporomandibular disorders) 症状は認められなかった。臨床的な咬合所見としては、第三大臼歯を除いて歯の欠損はなく、機能咬頭の咬耗が進行して咬合高径がやや低くなっており、特に左側においてアンチモンソンを呈していた (図 1)。歯列全体にほぼ均等な咬合接触があり、側方運動のガイドを担う上下顎犬歯部の接触関係は良好であった。また、歯周組織の状態はほぼ良好であり、骨植は堅固で、補綴治療終了後には、硬い食品の咀嚼も何ら不自由はないとのことで、咀嚼能力は非常に高かった。補綴治療が終了した時点で、6 自由度顎運動測定器 (MM-JI, 松風) を用いて、咀嚼運動や限界運動の測定を行った。主咀

図 1 Complexion and intraoral condition of a 70-year-old patient without conscious and objective abnormality in jaw function (after prosthodontic treatment)

顎口腔機能に自覚的、他覚的異常を認めなかった 70 歳の患者（補綴治療終了時の顔貌および口腔内状態）

嚼側である左側で被検食品のモチを食べたときの顎運動について観察すると、切歯点での咀嚼運動路は安定しており、咬頭嵌合位への収束状態も良好であった（図 2）。また、咀嚼側の顎運動も、再現性および咬頭嵌合位への収束状態はともに良好であった。この患者の顎運動パラメータを、若年成人被験者から得られた基準値³⁾と比較すると、限界運動範囲が狭い、前方および側方の切歯路傾斜角が急である、顎路傾斜が緩いおよび側方滑走運動における作業側顎頭の運動量が小さいなどの特徴がみられた。加齢によって咬耗が進行すると、一般には、咬頭傾斜が緩くなり切歯路傾斜も緩くなると考えられるが、前歯部の被蓋が深かったので、機能咬頭の咬耗による咬合高径の低下は、切歯路傾斜を急にさせる結果となった。顎路傾斜が緩いことや運動範囲が狭いことなどは、報告されている加齢現象^{4,5)}と一致するが、これらがはたして純粹に加齢によるものか、あるいは咬合状態や機能状態またはブラキシズムなどのパラファクションの影響によるものかについては明らかではない。

なお、顎運動測定データから咬合状態を直接評価することはできないが、滑走運動路はガイド面の傾斜などを反映しており、咀嚼運動やタッピング運動の収束状態は、明確な咬頭嵌合位の存在を間接的に表している。また、咀嚼に何ら不自由を感じていないという患

図 2 Border movement and chewing cycle at the incisal point of the patient during eating a rice cake The chewing strokes were stable and converged on intercuspal position

患者が被検食品のモチを食べたときの切歯点における咀嚼運動路と下顎限界運動路
咀嚼運動路は安定しており咬頭嵌合位への収束状態は良好であった

者の主観的評価は、咀嚼運動路のスムーズさや再現性などに反映していると思われる。

しかし、顎運動機能や咬合状態について、高齢者のもとよりあらゆる年齢層を通じて、基準となるデータベースが整っていないのが現状である。各年齢層の、男女別、身長別、または装着している補綴物の状態などによって分けられる階層ごとに、質のよいデータベースを構築する必要がある。また、顎運動測定を補綴診療に役立てるには、切歯点や顎頭点などの運動路を観察して行う顎運動機能の評価にとどまらず、機能時あるいはブラキシズムなどのパラファクションにおける動的な咬合接触状態を評価ができることが重要となる。このようなデータベースができれば、咬合や顎運動の診断のほかに、補綴物の咬合面形態決定に際して確かな基準になるとともに、各術式に対して Evidence を与えることになるはずである。

III. 顎運動測定による動的咬合接触状態の評価

1. 顎機能診断システムによる動的咬合接触状態の測定

6 自由度顎運動測定は、任意の点の顎運動を計測できるだけでなく、上下顎間の立体的な位置関係を時

図3 Craniomandibular function diagnostic system which is capable of analyzing occlusal tooth contact condition and TM joint space during jaw movement
顎運動中の咬合接触状態や顎関節空隙を測定、解析することができる顎機能診断システム^{6,7)}

系列で測定解析することが可能である。

大久保、坂東は、6自由度顎運動データと、三次元座標測定器 (FN 503, ミットヨ) を用いて計測した歯列の三次元形態データの座標系を重ね合わせることで、顎運動中の咬合接触状態を解析する方法を開発した (図3)^{6,7)}。この方法は、従来測定が困難であった咀嚼中の咬合接触や、クリアランスの状態を歯列全体で詳細に観察することを可能とする画期的なものであった。さらに大久保らは、切歯点でほぼ同じ顎位であっても、滑走運動と咀嚼運動では咬合接触状態は異なり、特に咀嚼の咬合相において、非咀嚼側臼歯の咬合接触が咀嚼側の接触より早期に出現することを示した (図4)⁷⁾。

このシステムによって、機能時の動的咬合接触状態を定量的に捉えることが可能となったが、咬合接触状態をさらに具体的に表すためには、どここの位置にあって、どの方向を向いている咬合小面での接触であるかなどの詳細な情報が必要である。

2. 咬合小面の分類と咬合面形態の定量的表現

咬合接触状態を定量的に表すには、咬合面形態を定量的に表現する必要がある。Gysi⁸⁾は、咬合小面学説に基づいて、顎運動に調和しかつ両側性平衡を得るために、人工歯には前方、後方および平衡の3つの咬合小面が必要であるとした (後に前方咬合小面は前方滑走運動と側方滑走運動の矢状面投影角度を分離することにより2面に分けられ、天然歯に近い4面ピラミッ

図4 Occlusal tooth contact during chewing
咀嚼運動中の咬合接触⁷⁾

ドが提唱された⁹⁾。一方、天然歯について、尾花¹⁰⁾は咬合小面を片側で上顎52面、下顎56面に分類するとともに、咬合小面を傾斜角と方位角で表す方法を示した。中尾^{11,12)}は、尾花の分類にさらに咬合小面を追加し、咬頭嵌合位および各滑走運動における咬合接触状態を詳細に検討した。

著者ら¹³⁾は、咬合小面に立てた法線ベクトルのX成分を面の向く前後的方向の度合いとしてAP値で表し、Y成分を内外的方向の度合いとしてML値で表わすことを提案した。さらに、面の向く前後方向に着目して、被験者の滑走運動路から得られる4種類の咬合参照面¹³⁾ (後述) について、傾斜角とAP値を計測し検討を行った。咬合小面を、面を代表する点の座標と面の向く方向で表すことにより、定量的に表現することが可能となる。

臼歯部の咬合小面の表し方として、尾花や中尾らのように存在しうるものをすべて列挙する方法もあるが、面の向く方向や咬合小面の存在する位置などから、グループとして分類する方法がある。安陪¹⁴⁾は、臼歯部咬合小面を面の向く内外方向と咬合小面の存在する部位からA, B, Cの3種類に分類し、大久保⁶⁾の方法によって、ガム咀嚼中の動的咬合接触状態を測定し解析を行った。さらに、三好¹⁵⁾は面の向く内外的方向に前後方向の要素を加えて、臼歯部咬合小面をAM, AD, BM, BD, CM, CDの6種類に分類して (図5)、安陪と同様の測定および解析を行った。咬合小面の表し方については、さまざまな方法があるが、この6種類の分類は臼歯部の解剖学的形態に合致するとともに、滑走運動から得られる4種類の咬合参照面 (作業側M型、作業側D型、非作業側M型、非作

図 5 Classification of occlusal facet
咬合小面の分類¹⁵⁾

図 6 Distance between each type of occlusal facet and opposing occlusal surface during the end phase of closing stroke
咀嚼閉口相後半における各咬合小面と対顎咬合面との距離¹⁴⁾

業側D型)¹¹⁾と対応させることができ、咬合小面の機能的役割を検討するうえで合理的な分類であるといえる。なお、AとC咬合小面は作業側に対応し、B咬合小面は非作業側に対応する。

3. 咀嚼時の動的咬合接触状態の解析と各咬合小面の役割

安陪¹⁴⁾および三好¹⁵⁾は咬頭嵌合位で対顎咬合面と200 μm 以下に近接する臼歯部の咬合小面を選択し、前述のように咬合小面の存在する部位と、咬合小面に立てた法線ベクトルからそれぞれ3および6種類に分類した。また、咬合小面を代表する点と対顎咬合面のなす距離、咀嚼運動路の運動ベクトルと咬合小面の法

線ベクトルとのなす角度(入射角)をパラメータとして解析を行い、咀嚼閉口相後半における各咬合小面の機能的役割を検討した。その結果、咀嚼閉口相後半にあって、切歯点の運動距離が咬頭嵌合位から3 mm離れた顎位では、B咬合小面に比べてAとC咬合小面が対顎の咬合面とより近接しており、咀嚼終末位に近づくにつれて、遅れてB咬合小面が近接して、咬頭嵌合位付近に噛み込んでいく様相が示された(図6)。また、第4相に相当する咀嚼終末位にいたる咀嚼運動路は、A咬合小面に対して約80°の入射角、すなわち約10°の角度差しかなく、B咬合小面に対しては約30°のほぼ一定の入射角であった。咀嚼閉口相後半でA、C咬合小面がまず近接して、渡部¹⁶⁾の報告した圧

搾空間を形成して食品を捉え、ここからA咬合小面が運動のガイドと臼磨の役割を担い、さらにB咬合小面同士が近接することで压榨空間を縮小して食品を压榨粉碎する(図7)。三好の研究によれば、6種類の咬合小面のうち第4相の誘導は主としてAM咬合小面が担い、また、食品を压榨粉碎する咬合小面としてはBD咬合小面が重要であることが示された。引き続き行った三好らの研究¹⁷⁾では、咀嚼の第5相において

BD咬合小面が最も近接する傾向にあり、第4相における食品の压榨粉碎と、第5相における運動の誘導と臼磨はともにBD咬合小面が重要な役割を果たしていることが推察された。図8は、以上をシェーマで表したものである^{15,17)}。

IV. 6自由度顎運動測定による顎関節の運動評価

1. 顎頭運動の評価

6自由度の顎運動測定は顎頭運動の評価が可能であり、顎関節に関する運動機能の診断における有用性は高い。上田ら³⁾の報告した顎運動パラメータのなかの、左右の顎頭運動の協調性や顎頭運動量、速度、加速度などのパラメータはクリッキングや、ロッキングなど顎機能障害の病態診断を念頭に置いたものである。

また、補綴治療において顎頭運動を正確に測定し、調節性の高い咬合器に再現することができれば、患者の顎運動に調和した咬合面形態を精度よく作ることができる。このように顎頭点の運動評価は、診断的意義のほかに、補綴物製作上の意義を併せもっている。

図7 Guiding facet of the fourth phase of chewing cycle and squeezing room
咀嚼第4相を誘導する咬合小面と压榨空間^{14,16)}

図8 Functional role of each occlusal facet during fourth and fifth phase of chewing stroke

咀嚼第4相と第5相における臼歯部咬合小面の役割^{15,17)}

図9 Guiding facet of lateral sliding movement on maxillary canine and premolar are divided into 2 types according to the direction of guiding facets, the Medial facing facets guiding type (the M type) and the Distal facing facets guiding type (the D type). The D type guiding led the working side condyle backward and posterior articular cavity of the TMJ became narrower

側方滑走運動のガイド¹⁸⁾

上顎の近心方向を向いた斜面で誘導するM型と、遠心方向を向いた斜面で誘導するD型に分類される。D型は作業側顆頭を後方寄りに誘導し、後方の関節空隙を狭くする¹⁹⁾

2. 咬合状態が顆頭運動に及ぼす影響

補綴物を咬合器上で製作する場合、一般には患者の顆頭運動をできる限り再現するように努める。しかし、顎関節の状態によっては必ずしも患者の顆頭運動をそのまま再現して、補綴物を作らないほうがよい場合もあると思われる。顎関節に症状がある場合はもとより、顎関節に症状がなくても顆頭運動に関するパラメータが健常者から大きくはずれている場合には、顆頭運動や顎関節の状態をまず改善することを検討すべきであろう。

顆頭運動は側方運動のガイドなどの咬合状態によっても影響を受ける可能性がある。著者らは側方滑走運動のガイドには、上顎の近心方向を向いた斜面で誘導するM型と、これとは逆に遠心方向を向いた斜面で誘導するD型があって、臨床経験からD型は作業側顆頭を後方寄りに誘導する可能性があり望ましくないと主張してきた(図9)¹⁸⁾。佐藤¹⁹⁾は、犬歯部に可撤性機構をもつ上顎スプリントと下顎犬歯部に装着した金属ガイドで、15°、30°、40°の傾斜をもつM型とD型のガイドを被験者に対して実験的に与え、6自由度顆頭運動測定を行って作業側顆頭の運動を調べた。その結果、いずれの傾斜角度においてもM型に比べてD型が

イドのほうが、側方切歯路角(ゴシックアーチの半角に相当)が大きく、同時に顆頭運動の後方移動量が大きいたことが示された。顆頭の後方や外方への可動範囲は小さいので²⁰⁾、後方への移動量が大きいたことは顎関節負荷を増大させ、顎関節症III型にみられる関節円板の前方転位などを引き起こす要因となる可能性がある。Coffeyら²¹⁾も予備的な研究で同様の報告を行っているが、ガイド面を定量的に厳密に規定し、実際の咬合接触部位を確認した研究ではなかった。また、実験的に側方滑走運動の誘導部位を変えて、顆頭運動を比較した荒井らの報告²²⁾によると、側方滑走運動を犬歯部で誘導させた場合に比べて、作業側の後方臼歯で誘導させた場合には、作業側顆頭は下方への運動量が大きくなり、顎関節に牽引負荷がかかることを示した。これは、側方運動を後方臼歯で干渉気味に誘導していた習慣性顎関節脱臼症例に対して、犬歯部にガイドを付与することで治癒させた著者ら²³⁾の治療術式を支持するものであった。

以上のように、歯のガイドなどの咬合要素は顆頭運動を変化させる可能性があり、補綴物の製作にあたっては、あらかじめ顆頭運動の評価を行い、咬合器に再現すべき顆路であるか否かの判断を下す必要がある。

3. 顎機能診断システムによる運動中の関節空隙の観察

6自由度顆頭運動測定データと歯列形態データを結びつけることで、咀嚼中の咬合接触状態を観察できると同様に、顆頭運動データと顎関節の形態データとを結びつけることで、関節窩や関節隆起に対する下顎頭の位置関係を時系列で測定解析することが可能となる(図3)。田中²⁴⁾は、顎関節断層X線写真から三次元再構築した顎関節の形態データと顆頭運動データを結びつけて、顎関節の立体的運動をグラフィック上で観察する方法を開発した。図10は、矢状面限界運動を行ったときの顆頭運動であり、この方法を用いると、顆頭点の動きだけではわからなかった関節空隙の変化などの顎関節における立体的な位置関係を評価することができ²⁴⁾。佐藤は、前述の側方滑走運動のガイドを変えた研究において、M型に比較してD型のガイドを与えたときのほうが、後方や外方の関節空隙が狭くなったことを示した。顎関節における負荷の状態を直接測定することはできないが、顆頭運動や関節隙の変化を調

図 10 Graphic animation linking three-dimensional morphological data from X-ray tomography of TMJ with six degree-of-freedom jaw movement data Condylar movement during sagittal border movement

顎関節断層 X 線写真から再構築した形態データと顎運動データをリンクさせて得られた三次元グラフィック
矢状面限界運動時の顎頭運動²⁴⁾

べることで、ある程度推定することができる。Gallo ら²⁵⁾は同様の手法を用いて、顎運動データと MRI による顎関節の形態データを結びつけ、開口運動時の関節隙の変化を観察している。

V. 顎運動に調和した咬合面形態

1. 咬合面形態決定の参照基準面である咬合参照面

美馬¹³⁾は顎運動がある条件を満たすとき、顎運動軌跡に沿った面が咬合面決定の基準となることを理論的に示した。すなわち、咬頭嵌合位において咬合参照面に一致させて上下顎の咬合接触を与えれば、偏心位においても干渉のない緊密な咬合接触が得られ、咬合参照面より緩い咬合面同士で接触を与えれば偏心位で離開し、また、逆に急であれば偏心位で干渉を起こしたり、偏心位での干渉を避けると咬頭嵌合位でほとんど接触しなくなるというものである (図 11)。また、山内²⁶⁾は半調節性咬合器を用いた顎運動モデルを用いて、側方滑走運動路、前方滑走運動路および複数の中間滑走運動路によって設定される各咬合参照面は、一運動方向だけでなく種々の運動方向に対しても美馬の理論がほぼ成立することを示した。さらに山内ら²⁷⁾は中間滑走運動路を省いて前方、側方および後方の各滑走運動路の 2 経路から咬合参照面を設定する方法を示

し、その有効性を検討した。すなわち、実際の顎運動データをもとに、作業側側方滑走運動路と後方滑走運動路から設定される作業側 M 型咬合参照面、および前方滑走運動路と非作業側側方滑走運動路から設定される非作業側 D 型咬合参照面を求め、それぞれに一致させて咬頭嵌合位で上下顎が接触する「顎運動に調和した」咬合小面と、これとは傾斜角などが異なる「顎運動に調和しない」咬合小面を設定して、滑走運動および咀嚼運動時の咬合接触状態をコンピュータシミュレーションの手法を用いて検討した。その結果、咬合参照面に一致させた「顎運動に調和した」咬合小面は、滑走運動時だけでなく咀嚼の第 4 相または第 5 相において干渉がなく、かつ緊密に接触することが示された。以上のように、2 方向の滑走運動路から設定される咬合参照面は、咬合面形態決定のための運動論的な基準として有用性が高いと思われる。

なお、著者らは上述したように、前方滑走運動路と作業側側方滑走運動路から作業側 D 型咬合参照面を、また、後方滑走運動路と非作業側側方滑走運動路から非作業側 M 型咬合参照面を設定し、これに追加した (図 12)¹⁾。

2. 咬合参照面を基準とした定量的咬合面決定法

前項で示したように、上下顎の咬合接触を与える際、咬合参照面を基準にすると定量的に咬合面形態を決定することができる。CAD/CAM の手法などを用いれば咬合器を使用しなくても、意図する咬合接触状態を製作することができる。具体的な例として、上顎第一大臼歯の遠心頬側咬頭の近心内斜面と、下顎第一大臼歯頬側中心咬頭の遠心外斜面で咬合接触を与えたい場合をあげて、定量的咬合面決定法を説明する。この面は AM 咬合小面であり、作業側 M 型咬合参照面が対応する (図 8, 12 参照)。まず、咬合接触を与えたい部位の下顎上の点における下顎運動測定データから、作業側側方滑走運動路と後方滑走運動路を選択し、咬頭嵌合位と、たとえば各運動路上で 0.5 mm 偏心位にある顎位の点の合計 3 点からなる面を求め、これを咬合参照面とする。この部位に咬頭嵌合位でも偏心位でも接触を与えたい場合には、咬合参照面と同じ傾斜角と AP 値をもつ上顎の咬合小面を作製し、これと咬頭嵌合位で密接に接触する下顎の咬合小面を作製すればよい。作業側側方滑走運動や後方滑走運動と

図 11 The relationship of occlusal facet and occlusal reference surface

PU : The point on the occlusal facet (upper jaw)

PL : The point on the occlusal facet (lower jaw)

— : Occlusal reference surface

a : Equal occlusal facets as occlusal reference surface

Tooth contact maintains during excursion

b : Steeper occlusal facet of opposing (lower) jaw than occlusal reference surface

Poor tooth contact should be given at intercuspal position to avoid interference in excursion

c : Flatter occlusal facet of opposing jaw than occlusal reference surface

Disclusion occurs in excursion

咬合小面と咬合参照面の関係¹³⁾

PU : 上顎咬合小面上の点

PL : 下顎咬合小面上の点

— : 咬合参照面

a : 咬合参照面と一致した咬合小面同士の接触

偏心位でも咬合接触が得られる

b : 咬合参照面より対合歯の咬合小面が急傾斜の場合

偏心位の干渉を避けるために咬頭嵌合位では緊密な接触が得られない

c : 咬合参照面より対合歯の咬合小面が緩傾斜の場合

偏心位では離開する

図 12 Four types of occlusal reference surfaces composed of two sliding paths

2種類の滑走運動路から設定される4種類の咬合参照面¹⁾

の間の中間的な運動において咬合接触を与えたいければ、必要と思われるクリアランス量に応じて傾斜角やAP値を小さくすればよい。なお、対合歯がすでにある場合、ときには対合歯の咬合面形態に規制されて、新たに作製する補綴物に意図する咬合接触を与え

ることができない場合もあり、あらかじめ対合歯の咬合面形態を変える必要がある(図11)。このように、咬合参照面は顎運動との調和という視点で、咬合面形態を定量的に評価する際の基準にもなる。

VI. 今後の研究課題と展望

6自由度顎運動測定データと、歯列の三次元計測によって得られた歯列形態や顎関節断層写真から、再構築された顎関節形態の三次元形態データをリンクすることで、機能中の咬合接触状態や顎関節空隙の変化をコンピュータグラフィックス上で観察できるようになった。さらに、咬合面形態の定量的表現法に基づいて、咬頭嵌合位だけではなく咀嚼などの機能時の動的咬合接触状態を解析する手法も確立した。しかし、これらは顎運動測定に基づいた定量的な咬合評価法や咬合面形態決定法を開発するためのいわば手段であり、

表 1 Five requirements for the optimal occlusion
望ましい咬合の 5 要件²⁸⁾

Criterion of optimal occlusion
1. The mandibular position of ICP (Intercuspal position) must be correct
2. The occlusion in the position of ICP must be stable
3. Direction of any excursion with tooth contacts from ICP or to ICP must be correct
4. Occlusal contacts that guide mandibular movements must be correct
5. Occlusal plane and dental arch must be correct in position, curvature and smoothness

臨床術式として確立するためには、生体にとって「どのような咬合接触状態が望ましいか」という根拠のある具体的な基準が必要である。これまで行われた咬合に関する研究や、蓄積された臨床経験などによって、望ましい咬合に関するコンセンサスがある程度は存在する²⁾。

著者は、望ましい咬合の 5 要件をあげて、咬合評価に用いることを提案してきた (表 1)²⁸⁾。現時点でコンセンサスの得られている内容²⁾をこの 5 要件に整理して、できるだけ具体的、定量的に表現する作業をまず行うべきであろう。そのうえで、咬合診断や咬合治療の術式において、どの部分で基準や根拠が不足しているかを再検討すればよい。いずれにしても、咬合診断の基準となるデータベース構築のために、系統的な研究を精力的に行う必要がある。たとえば、健常者や咬合にさまざまな異常のある被験者について、実際の咬合小面と各被験者の顎運動で得られる咬合参照面がどのような関係になっているか、また、この関係と咬合様式といわれる偏心位での接触状態との関連などについて調べる必要がある。さらには、咬合状態のレベルと顎口腔機能や QOL の関係などについての横断的な疫学研究が必要である。一方で、実験的介入研究として咬合状態を変化させたときの歯周組織や筋、顎関節などの生体組織への影響を調べ、現在不明な点を解明しなければならない。また、縦断的な臨床研究として、補綴治療が咀嚼や発音機能などの機能状態のみならず、噛み心地や味わい、食事の満足度などのような患者の主観的評価に対して、どのような影響を与えるかについても明らかにする必要がある。いずれの研究においても、「咬合」はそれぞれの研究目的に対応し

たレベルで、定量的、客観的に規定されたものであることが前提である。

なお、本稿では第一番目の咬合の要件である咬頭嵌合位の位置についてはほとんど触れていないが、この要件は最も重要な補綴臨床術式である咬合採得に根拠を与えるものである。顎運動測定、顎関節の画像情報、筋電図、臨床所見などのデータを統合することにより、経験に頼らずに咬合採得が行える術式を開発することができるはずである。

これらの研究が進めば、「望ましい咬合」が定量的、客観的に示され、咬合診断や咬合治療に根拠が与えられるようになる。しかし、補綴治療が患者の QOL を向上させるものとなるためには、どのような治療が行われたか、咬合についていえば、適切な顎位で咬合接触がきちんと与えられているか否かが問題となる。術者が行った治療内容を定量的に評価することは、今求められている患者への説明責任に叶うものであり、何よりも補綴治療の質を高めるうえで重要である。最後に、補綴治療においては、サイエンスだけではなく、アートの要素が特に重要であることを改めて強調したい。

本論文の一部は第 104 回日本補綴歯科学会学術大会シンポジウム 2「加齢を考慮に入れた補綴治療のための検査・診断」(2000 年 11 月 11 日、大阪)で発表した。

また、徳島大学歯学部第 2 歯科補綴学教室で行われた研究の成果に基づいて書かれたものであり、ご助言を賜った坂東永一教授およびご支援をいただいた教室員各位に感謝いたします。また、文部省科学研究費基盤研究 (B) (2) 課題番号 07457472 および日本学術振興会科学研究費基盤研究 (C) (2) 課題番号 12671888 の助成をいただいた。ここに記して関係各位に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 中野雅徳, 安倍 晋, 坂東永一ほか. 方向余弦の x 成分と傾斜角をパラメータとした咬合小面の定量的評価法の提案. 顎機能誌 5: 57-69, 1998.
- 2) 日本補綴歯科学会. 咀嚼障害評価法のガイドライン—主として咀嚼能力検査法—. 補綴誌 46: 617-625, 2002.
- 3) 上田竜太郎, 坂東永一, 中野雅徳ほか. 顎口腔機能診断のための 6 自由度顎運動パラメータの検討. 補綴誌 37: 761-768, 1993.
- 4) 西片信吾, 西 克師, 河野正司ほか. 高齢者の下顎頭運動に関する研究. 老年歯学 9: 89-96, 1994.
- 5) Andras S. Clinical utility of mandibular movement

- ranges. J Orofac Pain 7:163-168, 1993.
- 6) 大久保由紀子. 咬合接触の三次元解析システムの開発. 補綴誌 36:53-63, 1992.
- 7) 大久保由紀子, 坂東永一. 機能運動時の咬合接触およびクリアランス. 補綴誌 36:746-760, 1992.
- 8) Gysi A. Hundbuch der Zahnheilkunde IV 1-171, Berlin: Urban und Schwazenberg, 1929.
- 9) 長谷川成男. ギージ軸学説. 長谷川成男, 坂東永一監修. 臨床咬合学事典 254-256, 東京: 医歯薬出版, 1997.
- 10) 尾花甚一. 歯牙咬合小面の傾斜角度について. 口病誌 24:40-59, 1957.
- 11) 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.
- 12) 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 16:289-319, 1972.
- 13) 美馬さとみ. 顎運動に調和した咬合小面の形態. 補綴誌 32:624-638, 1988.
- 14) 安陪 晋. ガム咀嚼における咬合接触状態の運動学的解析. 補綴誌 44:274-283, 2000.
- 15) 三好礼子. 内外および近遠心方向から6分類した臼歯部咬合小面の咀嚼運動時の咬合接触. 補綴誌 46:203-212, 2002.
- 16) 渡部厚史. 側方滑走運動による上下顎大白歯間の接触間隙の変化. 補綴誌 39:517-529, 1995.
- 17) 三好礼子, 中野雅徳, 坂東永一ほか. チュウインガム咀嚼時の咀嚼第5相における臼歯部咬合接触状態の解析. 補綴誌 46・107 回特別号:101, 2002
- 18) 中野雅徳, 坂東永一. 側方運動のガイドをどのように与えるか. 日本歯科評論別冊/犬歯 125-134, 東京: 日本歯科評論社, 1989.
- 19) 佐藤 裕. 側方滑走運動のガイド面の方向が顎運動に及ぼす影響. 補綴誌 42:298-306, 1998.
- 20) 大石忠雄. 下顎運動の立場からみた顎関節構造の研究. 補綴誌 11:197-220, 1967.
- 21) Coffey JP, Mahan PE, Gibbs CH et al. A preliminary study of effects of tooth guidance on working-side condylar movement. J Prosthet Dent 62:157-162, 1989.
- 22) 荒井良明, 河野正司. ガイドの歯種の変化が側方位クレンジング時の顎頭に及ぼす影響. 補綴誌 41:468-480, 1997.
- 23) 中野雅徳, 坂東永一. 顎関節習慣性脱臼に対する咬合治療. 歯科評論 517:45-56, 1985.
- 24) 田中英央. 顎関節の再構築と運動解析. 補綴誌 36:264-278, 1992.
- 25) Gallo LM, Nickel JC, Iwasaki LR et al. Stress-field translation in the healthy human temporomandibular joint. J Dent Res 79:1740-1746, 2000.
- 26) 山内英嗣. コンピュータシミュレーションによる顎運動と咬合面形態に関する研究. 補綴誌 40:390-399, 1996.
- 27) 山内英嗣, 中野雅徳, 坂東永一ほか. 顎運動の調和という観点からみた大白歯咬合面形態の検討. 顎機能誌 4:77-84, 1997.
- 28) 中野雅徳. 咬合接触関係. 下里常弘, 藍 稔, 長坂信夫ほか編, 口腔診断学 354-364, 東京: デンタルガイヤモンド社, 1992.

著者連絡先: 中野 雅徳

〒770-5504 徳島県徳島市蔵本町 3-18-15

TEL : 088-633-7350

FAX : 088-633-7391

E-mail : nakano@dent.tokushima-u.ac.jp

Evaluation of Stomatognathic Function from the Viewpoint of Aging

—Measurement of Jaw Movement to Evaluate Occlusion—

Nakano Masanori

Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry, The University of Tokushima

J Jpn Prosthodont Soc 46 : 451-462, 2002

ABSTRACT

In general, it might be quite difficult to find scientific evidence for prosthetic procedures. To change prosthetic remedies from experience-based to evidence-based, it is essential to establish an objective evaluation method for occlusion, since the goal of prosthodontics is to restore good occlusal function. In this article, I present research that was carried out at our department, and show a way to develop analyzing methods that can evaluate occlusion objectively and dynamically, with jaw movement. We made it possible to analyze dynamic status of occlusal contact during mastication, by combining three-dimensional digitized data of dentition with six degree-of-freedom jaw movement data. Then we analyzed functions of occlusal facets during mastication in detail. In that research, occlusal facets were classified into 6 types, according to the normal vector direction of each facet. We also developed a new method to analyze condylar movement as 3 D graphic animation combining three-dimensional morphological data from X-ray tomography of the temporomandibular joint with six degree-of-freedom jaw movement data. We revealed 2 types of lateral guidance : the Medial facing facets guiding type (the M type), and the Distal facing facets guiding type (the D type). Results of our research indicated that D type guiding led the working side condyle backward, and the posterior joint space became narrower. Further, the concept of the occlusal reference surface, which we reported previously, can be used as a criterion to evaluate occlusal facets quantitatively. To clarify the ideal occlusion, it is essential to develop a standard quantitative analyzing method of occlusion for a start, and then to establish evaluation criteria based on epidemiological research and intervention studies. On the other hand, it is also clear that all clinical intervention or treatment in research must be evaluated quantitatively, since treatment results of prosthetic procedures highly depend on the technique of each operator.

Key words

occlusal analysis, occlusal treatment, quantitative evaluation of occlusal contacts, occlusal contacts, mandibular movement