

咬合と顎運動

坂東永一

Occlusion and jaw movement

Eiichi Bando, DDS, PhD

抄 録

歯科では長年にわたり咬合面に下顎運動を妨害しない形態を求めていたが、顎機能制御系や主機能部位などについての研究が進み、咬合面形態が変化すればそれに応じて顎運動も変化することが明らかとなった。これには咬合負荷に対する反射が関係していると考えられるが、このような考えを持つに至った経緯を簡潔に紹介するとともに、顎口腔系が円滑に機能できるように必要な咬合をどのように与えるべきかについて、アンテリアガイダンスが失われている場合の咬合参照面の求め方と非咀嚼側大臼歯に付与すべき咬合について考えてみた。

キーワード

咬合, 顎運動, 顎機能制御系, 主機能部位, 咬合参照面

I. はじめに

歯科補綴学では長年にわたり下顎運動を妨害しない咬合, すなわち下顎運動に調和した咬合面形態を求めてきたが, 臨床的観察から提起された顎機能制御系¹⁻³⁾や主機能部位⁴⁻⁶⁾の概念などにより, 咬合面形態が変化すればそれに応じて顎運動も変化することが分かってきた。

顎運動を測定中に, 被験者に咬合面被覆型のスプリントを装着させるとその直後から限界運動が変化することや, 咬合が変化して別の部位で噛んでいた患者を元の主機能部位で噛めるように治療するとただちに元の主機能部位で噛むようになることが知られている。また, ある特定の咬合接触がないとある顎運動ができないことがある。これらは意識してそのように運動しているわけではなく, 無意識すなわち反射的にそうなっていると考えられる。このようなことから顎運動の多くは咬合負荷に対する反射の影響を受けているのではないかという仮説を先に提案した⁷⁾。

この仮説についてまず簡潔に説明する。そしてこの仮説を容認する立場に立てば, 円滑な顎運動, 顎口腔機能を営むためには, 必要なのに欠如している咬合接触を見つけて付与することが重要ということになる。本稿では新たに咬合を作る場合に望ましい咬合接触を付与するにはどのようにすればよいのかということについて少し考えてみたい。

II. 先に提案した仮説の要約

咬耗が進み右側犬歯のガイドが緩くなった被験者に, 金属ガイドを付与したときの切歯点における限界開口路の変化を西川の報告¹⁾から引用して図1に示す。金属ガイド付与前は, 咬頭嵌合位から右へ滑走運動をして, できるだけ外側を通りながら開口する右側方限界開口路は開口量が大きいところでは内側よりの運動となっていた。金属ガイドを付与すると, ガイドが健全な左側方限界開口路とほぼ対称な運動ができるようになったが, 複数回運動すると運動路は同一とはならず, ばらついていった。3日後にはこのばらつきは

徳島大学名誉教授
Professor emeritus, Tokushima University
中国・四国支部
Chugoku Shikoku Branch

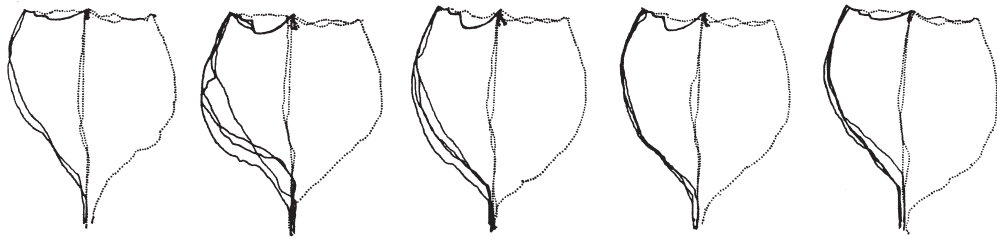


図1 上顎右側犬歯に金属ガイド付与前後の切歯点の下顎限界運動路前頭面投影図. 左から金属ガイド付与前, 付与直後, 付与3日後, 金属ガイドを咬合調整後, 金属ガイド除去5日後. (文献1から引用改変)

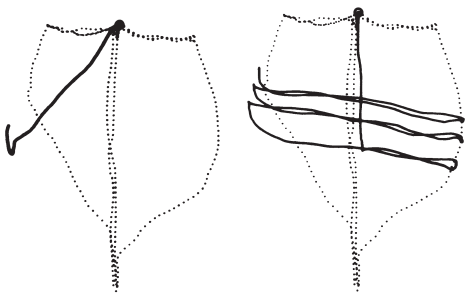


図2 実線は上顎右側第二大臼歯頬側面をなめる運動(左)と中程度に開口して下顎を左右に動かす運動(右). (文献9から引用改変)

小さくなり, 金属ガイドを咬合調整するとばらつきはほとんどなくなった. 金属ガイドを除去すると右側方限界開口路は再び内側よりの運動路をとるようになった.

この結果を知った被験者は, 咀嚼筋は横紋筋であり随意筋であるのだから自分の意志で下顎を動かしたいと種々努力をしたところ, 上顎右側第二大臼歯頬側面をなめる運動や中程度に開口して下顎を左右に動かす運動をすれば金属ガイドがあるときと同程度に側方へ運動できたが, 咬頭嵌合位から側方滑走をして開口する運動では内側よりの運動となり, ガイドがあるときのように外方へ運動することはできなかった⁸⁻⁹⁾(図2).

側方ガイドの変化による側方限界開口路の変化は, 同一被験者では可逆的に起こり別の被験者でも同様の変化が観察されるので, この被験者特有のことではなく一般的な現象である可能性が高い⁷⁾. 筋に負荷がかかると伸張反射が起こることは多くの筋で知られており, 閉口筋についても下顎反射や歯根膜咬筋反射として知られている. 上記の現象は, 側方滑走運動時に生じた嚙もうとする反射がその直後の運動にも影響を及ぼしていると考えれば説明できるが, 本当のところはどうなっているのだろうか.

いずれにしても適切な側方ガイドがないと, 側方限界開口運動は側方限界でない開口運動となり内側より

の運動となるが, 別の運動であれば外方まで運動できる. 一方, 側方ガイドが適切なヒトは咬合接触後か否かにかかわらず外方まで運動できる. このような状態を定量的に評価する方法として Index B という指標を提案した⁷⁾. 図1, 2で説明すると, 上顎右側第二大臼歯頬側面をなめる運動路で最も右に到達した点Pの側方運動量をTとし, 右側方限界開口路上で点Pと同じ開口量の点Qの側方運動量をOとして, $Index\ B = O/T$ と定義した. すなわち任意の運動で可能な最大運動量に対する咬合接触後の運動量の比である. 側方ガイドを切歯点の運動で評価する場合には, Index B は1に近い方が0に近いより望ましいと言えそうである. また, 何回か運動して複数個のデータがある場合には, $Index\ Ba = \text{最小の Index B} / \text{最大の Index B}$ を求めることができるが Index Ba も1に近い方が0に近いより望ましいと考えられる⁷⁾.

口が開かないよりは開くほうが良い. 側方運動ができないよりはできるほうが良い. これらを敷衍して切歯点における運動可能空間は大きいほど良いとする考え方を提案した⁷⁾.

III. 望ましい咬合についての小考

CAD/CAM 技術の進歩により付与したい咬合面形態が明確であれば, それを実現することは容易になってきた. しかし, どのような咬合が望ましいのかについては必ずしも明らかになっていない. 特に全顎の咬合治療をする場合にはアンテリアガイダンスを術者が決めなければならない場合があるが, どのように決定すればよいのであろうか. 上下の歯が萌出して最初に咬合接触するときはおそらく点接触であろうが, 硬いエナメル質も頻回に接触を繰り返すと磨耗して面接触となる^{10,11)}. 顎運動をガイドする部位では点接触より面接触の方が安定にガイドできそうである. また, 面接触が付与できるのであれば, 接触させたくない部分を削除することで点接触は実現できる.

上顎も下顎も変形しない, すなわち剛体条件が満たされている場合についてまず考える.

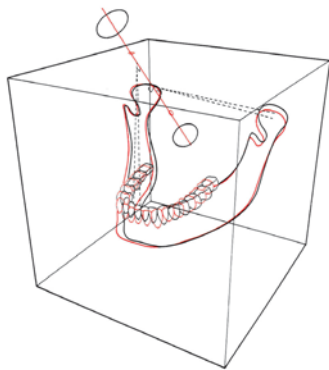


図3 右側方滑走運動時の回転軸。(文献12から引用)

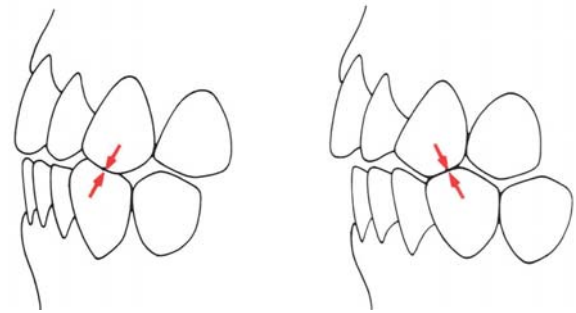


図4 側方運動を誘導する咬合小面から見たガイドの分類。左がM型、右がD型。(文献14から引用)

1. 剛体条件下で面接触が可能な運動

剛体条件が満たされている状態で面接触を可能とする運動には、①回転運動、②並進運動、③一定の軸に対する回転運動と並進運動、の3種がある。以下具体例について述べる。

1) 回転運動

健常者の側方滑走運動は、作業側顆頭 (Cw) がほとんど動かないので作業側顆頭を回転中心とする回転運動である。すなわち平衡側顆頭 (Cb) は、Cw を中心とする半径 Cw-Cb の球面上を運動する。同じように下顎の歯 (Lt) も Cw を中心とする半径 Cw-Lt の球面上を運動する。この様相を、回転軸を用いて示すと図3のようになり¹²⁾、下顎は水平面内で回転するとともに、前頭面内でも矢状面内⁷⁾でも回転している。

側方運動のガイドは作業側の犬歯部にM型で付与することが望ましいとされている^{13,14)}(図4)。なお図3の作業側は右であり、図4の作業側は左である。側方運動に際して、下顎を側方へ直接牽引する筋はないので平衡側を前方へ牽引し、作業側を後方へ牽引することで側方運動は実現されていると考えられる。このときM型のガイドがあれば後方へ牽引される下顎を咬合接触の部分で阻止できるが、D型であると上下の歯は離開して下顎は自由に後方へ運動できる。

犬歯部に限らず一般にM型の咬合小面は下顎の後方への運動で、D型の咬合小面は前方への運動で機能すると考えられる。

咬合接触の多くは咬頭嵌合位で接触面積が大きく偏心位になるほど面積が小さくなり線状や点状になるが、作業側犬歯の咬合接触は咬頭嵌合位より少し偏心した位置で面積が大きくなり、さらに大きく偏心すると小さくなる^{11,15)}。すなわち側方運動をガイドする上下顎犬歯の咬合小面の形態は、作業側顆頭を中心とする球面の一部あるいは回転軸の円弧にピッタリ一致してはいないようである。ガイドの方向に対してガイド

面の形態がどうなっているのかの詳細について知っておきたいし、上下顎の犬歯が初めて接触したときから年を重ねるにつれどのように変化していくのについても知っておきたい。長期にわたる経過観察は個人の研究テーマとして達成することは難しいので、研究環境が整ったら学会などの組織が取り上げてくれることを期待したい。

2) 並進運動

前方滑走運動時に下顎は矢状面内でどの程度回転するのであろうか。河野ら¹⁶⁾は男女9人についてI型の5人は -0.1 度、II型の4人は 1.4 度、平均 0.6 度、中野¹⁷⁾は31人(内女性2人)について 0.25 ± 0.53 度、上田ら¹⁸⁾は男性15人について 0.00 ± 0.51 度、郡ら¹⁹⁾は女性15人について 0.18 ± 0.59 度、石川²⁰⁾は男性23人について -0.13 ± 0.57 度、女性22人について -0.03 ± 0.52 度と報告している。

いずれの報告にも回転量がほぼ0度の被験者が含まれていそうである。回転量0度の場合には並進運動となり顆路と切歯路は平行となる。

3) 一定の軸に対する回転運動と並進運動

円筒形の茶筒と茶筒の蓋をイメージしてほしい。茶筒の蓋は茶筒の中心軸の周りで自由に回転できるし、茶筒の中心軸に沿って自由に並進運動することもできる。かつ両運動は、互いに干渉することはない。ボルトとナットの組み合わせも回転運動と並進運動ができるが、両運動は一定の関係を維持してこの関係を自由に変更することはできない。顎運動で一定の軸に対する回転運動と並進運動が連続して同時に起こっている例をこれまで確認したことはない。

2. 咬合参照面

剛体条件下で面接触が可能なのは特定の運動に限られるが、その他の運動に対して干渉がなく最も緊密な咬合とはどのようなものであろうか。美馬²¹⁾は運動



図5 ポッセルトの図形の立体模型を左前上方から見る。

に一定の条件はあるものの、ある顎位で咬合接触させたい点の下顎運動路に沿った面を上顎の咬合小面に与え、その咬合小面に一致させて下顎の咬合小面を作るか、逆に相補下顎運動路に沿った面を下顎の咬合小面に与え、その咬合小面に一致させて上顎の咬合小面を作ればよいことを論理的に示した。また、その点の異なる方向への運動路があればそれらを含む面を作ることができるが、その面を咬合参照面と呼ぶことを提唱している。

歯列上で咬合接触させるべき1点が決まれば、その点の顎運動路から求まる咬合参照面は最も緊密に咬合させうる限界の基準面である。つまりこれより高い咬合を、干渉を起こすことなく与えることはできない。従って臨床では咬合参照面の一部を咬合小面に付与し、その咬合小面の一部で咬合接触が起こる。剛体条件下では以上のような論議になるが、生体は剛体ではない。特に歯は力を受けると運動する。

3. 歯の運動

咬頭嵌合位での噛みしめ時に上顎の臼歯頬側面に設けた標点は上顎骨に対して遠心口蓋側歯根方向へ約 $100\mu\text{m}$ 、下顎の臼歯頬側面上の標点は下顎骨に対して遠心舌側方向へ $50\mu\text{m}$ 程度動き²²⁾、咀嚼時にはさらに大きく運動する⁶⁾。このため剛体条件下では咬合接触のない咬合小面も機能時には歯の姿勢が変化して咬合接触が生じる可能性がある。すなわちこのとき咬合接触の変化に影響を及ぼすのは、歯の並進運動よりは歯の回転運動²³⁾であり、軽く噛んだときに比較して強く噛んだときの咬合接触はより緊密になる²⁴⁻²⁶⁾。

4. アンテリアガイダンス

図5は切歯点におけるポッセルトの図形の立体模型を左前上方から見たところである。このような模型

は限界路など限られたデータから作られることが多いが、この模型は10393下顎位のデータ²⁷⁾から作られており、模型の表面だけでなく内部もデータで満たされている。模型の上面は歯列のどこかで咬合接触があり、この面より上方へは運動できない限界を示している。なかでも咬頭嵌合位付近は咀嚼で使われるなど機能的に重要である。

この被験者のアンテリアガイダンスが失われた場合に咬頭嵌合位付近の咬合参照面をどのように求めればよいのかについて考える。もちろん図5のようなデータが残っていればそれを参考にすればよいので、健康なときのデータを残しておくことは大切なことである。

咬頭嵌合位における切歯点の位置Iはすでに決定されているものとする。この位置からの左側方運動は左顎頭を中心とした回転運動が望ましく、平均の方向⁷⁾を採用すれば運動路は一義的に決まる。咬合参照面を求める運動量を仮に切歯点の移動量で 3mm とすれば左側方咬合位Lが求まる。IからLまでの運動路は回転運動であるので円弧である。この円弧を弦(線分)で近似した場合、両運動路の差異の最大値は $10\mu\text{m}$ 弱である。切歯点の側方運動路はこのようになるが、犬歯、小臼歯、大臼歯と歯列の後方の歯になるほど回転中心に近づくため運動路の長さは短くなり、それに応じて円弧と弦(線分)の差異も小さくなる。

前方滑走運動は並進運動とすることにすれば運動路は定まる。前方の運動量も 3mm とすれば、前方咬合位Aが求まる。IとLを結ぶ運動路とIとAを結ぶ運動路については比較的多くの研究データがあるのに対し、両運動路に挟まれた中間部分についての研究データは少ないが、図5を見れば平面で近似できそうである。3点I, L, Aを含む平面あるいはIを要とする半径 3mm の扇型の面は、この被験者に新たに咬合を付与する場合の咬合参照面として受け入れられるのではなかろうか。

右側方運動路についても同様に求めることができ、咬合参照面も決まる。求まった2個の咬合参照面は、いわば咬合器の切歯指導板に相当する。厳密には、切歯指導板は切歯点の前下方に位置していることと、多くの咬合器で相補下顎運動を再現している点は異なっている。

ここで求めた咬合参照面に対応する歯列上の任意の点における咬合参照面は、容易に求めることができるし、相補下顎運動に対する咬合参照面も求められる。このように決定する咬合参照面はこの被験者以外のヒトにも受け入れられそうで現時点における一次近似と

しても良いのではないかと考える。アンテリアガイダンスが失われていてもポステリアガイダンスがあれば、つまり両側の顎関節に問題がなければ顎運動データから咬合参照面を決定できる。

咬合参照面を求めるときの運動方向は報告されているデータの平均的な方向としたが、側方運動をするときに作業側顎頭がわずかに動くヒトもいるし、顎頭間軸の回転量も一定ではなく幅がある。また、前方運動時にわずかに開口方向へ回転するヒトも閉口方向へ回転するヒトもいる。すべての被験者は治療を必要とする状態ではなかったことを考えるとアンテリアガイダンスが変化しても適応できる可能性がある。一方、前歯部の咬合接触がないと十分に開口できないヒトや側方の咬合接触がないとその方向へほとんど側方運動できないヒトがいる⁷⁾ことを考えると、どのような状態にも適応できるということではない。

望ましい状態や問題ない状態、何とか適応できる状態、改善した方が良い状態など多様な状態があると考えられるが、その状態を客観的かつ定量的に診断、評価することは今後の課題である。

5. 非咀嚼側大臼歯の咬合

非咀嚼側大臼歯の咬合接触については有害とする考え方²⁸⁾と必要とする考え方²⁹⁾がある。咬合可視化装置³⁰⁾で観察すると上下の歯の近接は、咀嚼開始時には非咀嚼側の歯列の後方部から起こり、咀嚼が進むにつれて順次前方の歯も近接するようになり、末期には咀嚼側を含めてすべての歯が近接する。咀嚼の初期に咀嚼側の大臼歯は咬合力を受けているが、咬合面間には食物が介在していてクリアランスがある。咬合可視化装置で近接が観察されても接触しているかどうかは確実ではなく、どの程度の強さで接触しているのかも分からない。

下顎第一大臼歯部に装着した義歯で垂直咬合力を測定した結果によると、義歯が非咀嚼側となったときも咬合力が観察された³¹⁾。この義歯の咬合はやや甘い³¹⁾(低い)と評価されているので干渉の無い咬合面でも非咀嚼側で咬合接触があった。

田中³²⁾は下顎第一大臼歯部に設置した義歯状の装置で頬舌側側方咬合力を測定した。垂直咬合力と同じく装置が非咀嚼側となった場合にも側方咬合力は観察され、咀嚼の第4相と第5相で側方咬合力の向きが逆になることがあった。この研究では咬合面を順次削除したときの側方咬合力を測定している。咬合面を削除しても非咀嚼側の側方咬合力があまり変化しない範囲が見受けられることは興味深い。

咀嚼時の顎頭運動³³⁾を空口時と比較すると、咀嚼側では空口時顎路の下方を通して顎頭安定位付近へ至り、空口時顎路の上方を通して開口する。逆に非咀嚼側では空口時顎路の上方を通して顎頭安定位付近に至り、空口時顎路の下方を通して開口する。空口時に比較した咀嚼時の下顎を前頭面で観察すると、咀嚼の第4相で咀嚼側は下方へ、非咀嚼側は上方へ回転し³⁴⁾、第5相では逆方向に回転する。したがって咀嚼の第4相で顎関節に力が加わるとすれば非咀嚼側ということになる³⁵⁾が、このとき非咀嚼側大臼歯に咬合接触があれば、Minagiらが主張するように顎関節の負荷は軽減される²⁹⁾。

西川らは、フルバランスド・オクルージョンのヒトの非咀嚼側閉口筋の活動量は犬歯誘導やグループファンクションのヒトに比べると相対的に小さいが、フルバランスド・オクルージョンのヒトの咀嚼側犬歯にガイドを付与すると咀嚼運動が変化して非咀嚼側閉口筋の活動量が大きくなると報告している^{1,36)}。この変化は意識的ではないので反射が関与している可能性が大きい。非咀嚼側の咬合接触強さが反射的にコントロールされているとしても高すぎれば干渉となり、低すぎれば接触しない。

以上のことから顎関節に配慮するのであれば非咀嚼側大臼歯の咬合の高さは、高さを変更しても非咀嚼側の咬合力が変化しない範囲の高いところが良いとなるがどうであろうか。臨床術式については、例えば物性や形状を規格化した試験片を咀嚼側で噛んだとき、非咀嚼側に挿入した咬合紙に穴が開くようなら高過ぎ、咬合紙の色が抜けないようなら低過ぎなどとする適当な方法を検討する必要がある。この推論は実証データが少ないこともあり間違っているかもしれないが、この問題に興味を持ち研究を始めてくれる契機となってくれば幸いである。

IV. おわりに

顎運動測定の補綴診療への応用で保険適用となっているものに、下顎運動路描記法(MMG)やパントグラフ描記法(Ptg)などの顎運動関連検査(1装置につき)と有床義歯咀嚼機能検査1,2(1口腔につき)がある。顎運動関連検査は、どちらかと言えば下顎運動を妨害しない、すなわち下顎運動に調和した咬合を作るための術式の一部である。一方、有床義歯咀嚼機能検査で行われる下顎運動測定は、有床義歯装着後の咀嚼運動から咬合を評価しようとするものである。このような評価は有床義歯患者に限らず、天然歯のヒトであってもクラウン・ブリッジやインプラントの患者

であっても可能であるので適用の対象は拡大されることが望ましいが、その前に咬合と限界運動や咀嚼運動などの顎運動との関連に関する知見をもっと集積する必要がある。

必要な性能⁷⁾を備えた使いやすい6自由度顎運動測定器と咬合面形態測定装置、ならびにその両者のデータを統合した咬合可視化装置の普及が切望される。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 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 1989; 33: 822-835.
- 2) 坂東永一. 顎機能制御系. 長谷川成男, 坂東永一監修, 臨床咬合学事典, 東京: 医歯薬出版; 1997, 101-102.
- 3) 坂東永一. 顎機能制御系. 中野雅徳, 坂東永一編, 咬合学と歯科臨床 よく噛めて, 噛み心地の良い咬合を目指して, 東京: 医歯薬出版; 2011, 122-137.
- 4) 加藤 均, 古木 謙, 長谷川成男. 咀嚼時, 主機能部位の観察. 顎機能誌 1992; 2: 119-127.
- 5) 加藤 均. 主機能部位に基づく実践咬合論—第1 大白歯のミステリー—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.
- 6) 加藤 均. 主機能部位と臼歯部咬合面形態の機能的意義. 補綴誌 2013; 5: 8-13.
- 7) 坂東永一. 望ましい咬合を求めつづけて. 顎咬合誌 2017; 37: 178-191.
- 8) Nakano M, Bando E, Nishigawa K. Condylar movement during habitual movement of tongue and jaw. J Dent Res 1990; 69: 333.
- 9) 坂東永一. 成人前期における咬合の管理からみた顎運動要素の補綴学的意義. 関根 弘編, 咬合の育成と維持—長寿社会の人生前半における咬合学の課題—, 東京: クインテッセンス出版; 1991, 151-169.
- 10) 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 1970; 14: 1-21.
- 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 (後方歯牙接触位, 前方滑走運動, 側方滑走運動). 補綴誌 1970; 15: 45-75.
- 12) 鈴木 温. 顎間軸. 長谷川成男, 坂東永一監修, 臨床咬合学事典, 東京: 医歯薬出版; 1997, 244-249.
- 13) Coffey JP, Mahan PE, Gibbs CH, Welsch BB. A preliminary study of the effects of tooth guidance on working-side condylar movement. J Prosthet Dent 1989; 62: 157-162.
- 14) 中野雅徳. ガイドの調和. 長谷川成男, 坂東永一監修, 臨床咬合学事典, 東京: 医歯薬出版; 1997, 231-233.
- 15) 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 1992; 36: 746-760.
- 16) 河野正司, 塩沢育己, 中野雅徳. 前方滑走運動の歯牙指導要素としての切歯路の研究. 補綴誌 1975; 19: 426-433.
- 17) 中野雅徳. 側方滑走運動における顆路と歯牙路に関する研究. 補綴誌 1976; 19: 461-479.
- 18) 上田龍太郎, 坂東永一, 中野雅徳, 鈴木 温, 藤村哲也, 山内英嗣. 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 1993; 37: 761-768.
- 19) 郡 元治, 上田龍太郎, 竹内久裕, 重本修伺, 中野雅徳, 坂東永一. 磁気位相空間を応用した6自由度顎運動測定による女性被験者についての顎運動機能評価. 顎機能誌 1995; 1: 269-274.
- 20) 石川輝明. 三軸コイルを用いたチェアサイド用6自由度顎運動測定器の開発と応用. 四国歯誌 2006; 19: 55-66.
- 21) 美馬さとみ. 顎運動に調和した咬合小面の形態. 補綴誌 1988; 32: 624-638.
- 22) 長谷川成男. 咬合力による歯列の動態. 口病誌 1999; 66(3): 1-8.
- 23) Satsuma T, Bando E, Shigemoto S, Kori M, Nakano M, Nishigawa K et al. Effects of force loading on tooth movement in six degrees of freedom—Development of an analysis system—. 顎機能誌 2002; 8: 91-98.
- 24) 岡田大蔵. 噛みしめ強さの違いによる歯の変位と咬合接触—咬頭嵌合位—. 補綴誌 1998; 42: 1013-1023.
- 25) 重本修伺, 田島登誉子. 顎運動と歯列形態・顎関節形態の可視化. 中野雅徳, 坂東永一編, 咬合学と歯科臨床 よく噛めて, 噛み心地の良い咬合を目指して, 東京: 医歯薬出版; 2011, 84-93.
- 26) 田中昌博. 咬頭嵌合位での咬合接触に刮目せよ. 補綴誌 2014; 6: 351-360.
- 27) 藤村哲也. 下顎運動の運動学的特性. 補綴誌 1993; 37: 1037-1049.
- 28) Schuyler CH. Factors contributing to traumatic occlusion. J Prosthet Dent 1961; 11: 708-715.
- 29) Minagi S, Watanabe H, Sato T, Tsuru H. Relationship between balancing-side occlusal contact patterns and temporomandibular joint sounds in humans: proposition of the concept of balancing-side protection. J Craniomandib Disord 1990; 4: 251-256.
- 30) 郡 由紀子. 機能運動時の咬合接触. 顎機能誌 2005; 12: 21-24.
- 31) 坂東永一. 口顎機能のテレメータリング. 医用電子と生体工学 1969; 7: 281-288.
- 32) 田中貴信. 頬舌側側方咬合力について. 補綴誌 1973; 16: 321-349.
- 33) 鈴木 温, 美馬さとみ, 西川啓介, 清水俊也, 坂東永一. 咀嚼運動の6自由度解析. 下顎運動機能とEMG 論文集 1988; 6: 15-24.
- 34) 大久保由紀子, 鈴木 温, 中野雅徳, 坂東永一. 空口運動時と咀嚼運動時の顎間関係の相違. 下顎運動機能とEMG 論文集 1993; 11: 127-132.
- 35) 坂東永一. 咀嚼時の顎運動と力. 中野雅徳, 坂東永一編, 咬合学と歯科臨床 よく噛めて, 噛み心地の良い咬合を目指して, 東京: 医歯薬出版; 2011, 60-65.
- 36) Nishigawa K, Nakano M, Bando E. Study of jaw movement and masticatory muscle activity during unilateral chewing with and without balancing side molar contacts. J Oral Rehabil 1997; 24: 691-696.

著者連絡先: 坂東 永一

〒770-0802 徳島市吉野本町3-22

Tel & Fax: 088-654-5623

E-mail: bandou@lime.ocn.ne.jp