

補綴装置や歯の延命に向けて、顎口腔の力はコントロールできるだろうか？

服部佳功, 田中恭恵

Can we control the functional loading of the jaw to lengthen the lives of natural and artificial teeth?

Yoshinori Hattori, DDS, PhD and Yasue Tanaka, DDS, PhD

I. はじめに

およそ生体の構造は、それに見合った力の作用の下に維持される。歯科矯正治療では歯に非生理的で持続的な力を人為的に働かせ、歯周組織の改造、ひいては歯の移動を促している。歯や咬合支持が失われて日常的な咬合力が低下すると、咀嚼筋や顎骨には萎縮が進行する。咬合干渉やブラキシズムなどがもたらす過剰な量、もしくは異常な向きの咬合力は、歯周組織に咬合性外傷と呼ばれる病態を生じかねない。適応としてであれ、病的変化としてであれ、生体の構造に見合わない不適切な力の作用が構造の改変を促す例は、このように枚挙に暇がない。

力の重要性が広く理解されるゆえであろう、歯科医療では力のコントロールが重要だという主張を耳にする機会がとみに増えた。誰も首肯するほかない主張である。しかし主張自体がほとんど自明なほどに正しいとしても、臨床における提言である以上、実現可能性を伴わなければ価値をもたない。力のコントロールは実際、どの程度まで可能なのだろうか。またどのような工夫が有効なのだろう。顎口腔の力に関する知見に即してこの問題に考察を巡らしてみたい。

II. 顎口腔の構造と力

顎口腔は、頭蓋の下部と下顎が構成する生体の一領域である。下顎に働く力には、重力のほかに、頭蓋骨と下顎骨を結ぶ咀嚼筋や、下顎骨と舌骨を結ぶ舌骨上筋など、下顎骨に直に作用する筋力があり、体幹と舌骨を結ぶ舌骨下筋から舌骨を介して間接的に下顎骨に働く力や、舌筋や表情筋などのもたらす力がある。これらは筋収縮による能動的な力だが、それによって下顎に運動が生じると、運動に伴う組織の変形に反発する力が生まれる。つ

まり顎口腔には、重力や筋収縮による能動的な力に加えて、組織変形に抵抗する受動的な力が働くことになる。

これら顎口腔に働く力によって下顎が頭蓋に向けて挙上されるとき、歯の咬合接触面には咬合力が生じ、顎関節には顎関節負荷が生じる。このときの咬合接触面を咬合点と呼ぼう。両側顎関節と咬合点の3点を頂点とする3角形をtriangle of supportと呼んだGreavesは、合力が3角形の内側を通る限りいずれの点にも圧縮力が働くが、合力が3角形の外側で3角形を含む平面を横切る場合、辺を介して合力の対側にある頂点に牽引力が働くと述べた¹⁾。たとえば咬合点が歯列の最後方に位置する場合であり、もし筋力等の合力が3角形の外側を通るようであれば、咬合点と同側の顎関節には下顎頭を下顎窩から引き離すような牽引力が生じるというのである。顎関節は負荷に耐える関節だが²⁻⁴⁾、伸展に抵抗する構造は関節包の靭帯のみだから、牽引力の作用は望ましからざる状況に違いない。マカクの顎関節負荷を下顎頸部の骨歪の実測に基づいて調査した研究によれば、咬合点が第3大臼歯に位置する場合、同側顎関節には牽引力が生じたり、力が作用しなかったり、わずかな圧縮力が生じるなど、負荷の状況は様々である⁵⁾。

ヒトではどうだろう。歯列最後方だけに接触点を与えたピボット・スプリントという装置がある。これを装着して閉口すると咬合接触点を支点として歯列前方部が上方に挙上され、ピボット付与側の下顎頭は下方に牽引されて、関節負荷が免じられるというのが、想定された作用機序であったが、この作用機序は既に否定されている⁶⁾。咀嚼筋の下顎骨への停止位置は、近遠心的には顎関節下顎頭と下顎枝前縁のほぼ第2大臼歯の位置の間に集中するから、筋力の合力が最後方歯より前方を通過することは稀であるに違いない、そうなるとピボット・ス

リントによる顎関節負荷の減免効果は期待できない。噛みしめ時やその他の咬合を伴う機能時に、両側の顎関節と咬合点は常に圧縮力を受けると考えてよいだろう。

下顎は3級の梃子であるといわれる。支点、力点、作用点がこの順に配置される梃子をそう呼ぶ。支点である顎関節と力点である筋力作用点の距離は一定で、変化するのは顎関節と咬合点の距離である。距離が増せば咬合力は減少し、その分、顎関節負荷が増える。実はこれにも異論があり、歯列最前方点から歯列内のある位置までは咬合点が後方に移動するほど咬合力が増大するが、それよりさらに後方に移動し、歯列最遠心に達するまでの範囲では、咬合力は一定かむしろ減少することが示されている⁷⁾。しかし、筋力の合力が常に一定の位置を占めることを前提とするシミュレーションが現実を正しく反映するとも思われ難い。咬合点の位置に応じて筋活動パターンが変化し、したがって筋力の合力の作用線も位置を変えると考えられるからである。ここでは咬合点が前方に位置するほど筋力の配分が顎関節側に偏り、歯が咬合力として受け取る分量は小さくなるという原則を確認するとどめる。

III. 歯列の短縮と咬合力、顎関節負荷

歯の欠損は一般に後方歯から始まり、前方の歯に向けて進行する。これを歯列の短縮と呼ぶ。歯列の短縮は、咀嚼能率の低下を招き、残存歯や顎関節にも害をなすことから、欠損補綴が適切と考えられてきた。これに対し、1980年代、顎口腔系が食性に合わせた機能をもつべきであるとするならば、加工調理をされた柔らかな食品しか口にしないいわれわれ現代人に、古代人と同じ28歯以上の歯列が必要なのかという疑問を投げかけたのがKäyserであった⁸⁾。ある段階までの短縮歯列には欠損補綴を施さず放置することが臨床的に容認できるという短縮歯列の臨床理念を提案したのである。その後、この理念の妥当性が、多くの臨床疫学研究を通じて検証されることになる。オランダ^{8,9)}、スウェーデン¹⁰⁾、イギリス^{11,12)}、カナダ¹³⁾、ブラジル¹⁴⁾で行われた研究では、両側小白歯間の咬合が維持された短縮歯列者が自身の咀嚼能力の自己評価結果を十分と評価していることが示された。ただしタンザニアでは加えて片側1箇所以上の大白歯咬合がなければ十分という評価には達しなかったようだ¹⁵⁾。大白歯の欠損の直後に小白歯の咬合は変化した。しかしその後には漸進的な変化が続くことはなく、新たな咬合の安定が得られており、つまり咬合への影響は自己限定性である¹⁶⁾。顎関節症の罹患率を高めることはない⁹⁾。総じて両側小白歯間の咬合が維持された段階の短縮歯列に欠損補綴を行わないという治療方針は、是認されうるといえる結論である。

歯列の短縮は必然的に咬合点の前方移動をもたらす。先に述べた機序で筋力の顎関節への負担配分を高める。

それにも拘らず、過剰な顎関節負荷が関与するとされる顎関節症の発症はなぜ促されることがなかったのだろうか。

筆者はかつて、実験的に短縮歯列の咬合状態を再現し、随意的最大噛みしめ時の咬合力と咀嚼筋活動量を実測するとともに、顎関節を含む下顎の有限要素モデルに筋活動量から推定した筋力を入力し、咬合力と顎関節負荷を推定した研究を行った¹⁷⁾。咬合力の実測値と推定値を比較してモデルの妥当性を確認しつつ、歯列の短縮が顎関節負荷に及ぼす影響を検討したのだが、歯列短縮に伴って顎関節負荷は横ばいしないしやや減少し、少なくとも上昇はしなかった。残存歯の咬合力はあまねく増大し、とりわけ歯列最後方に位置する歯で著しく、一方、咀嚼筋活動量は概ね減少するという結果であった。

筋活動量が減少する機序について、筆者は歯周組織の咬合力負担が噛み締め強さの上限を規定するのだろうと考察した。完全歯列であれどの段階の短縮歯列であれ、歯列中でもっとも強大な咬合力を負担するのは最後方臼歯である。この歯が負担した咬合力を、その歯種について報じられている歯根膜面積で除した単位歯根膜表面積あたりの咬合力は、歯列短縮の段階にかかわらず、ほぼ 0.8 N/mm^2 の一定の値であった。この知見から、もっとも咬合力負担の集中する歯の咬合力をその歯の歯周組織が負担できる大きさに収めるよう、閉口筋力が調節されたと推察したのであった。一方、顎関節負荷の増大が回避されたのは咬合力の過剰を防ぐ筋力調整の結果であって、関節負荷の過剰を回避する筋力調整の結果ではない。関節包を中心に分布する顎関節の機械受容器は下顎頭の位置やその変化を捉えるのに好適な配置であるとしても、顎関節への圧縮力を感知するのに適切な配置とは思われがたいからである。関節負荷をモニタする仕組みがなければ、それを制御の目標とすることは困難であるに違いない。

この考察が妥当であるとするならば、われわれは咬合力と顎関節負荷の過剰に関して、以下のように考えることが可能であろう。第1に、歯に働く咬合力はその歯周組織の負担能力に応じて調節されるにも拘らず、咬合性外傷など咬合力の過剰との関与が疑われる病態が存在することから、咬合力を介した筋活動量の調節系が正常に機能しない場面の存在を推察させる。しかし、こうした調節系が睡眠中にその機能を低める例は少なくない。睡眠中に気道の閉塞を防ぐ調節系の機能が低下し、閉塞性の無呼吸が生じる¹⁸⁾などは、その代表的な1例である。睡眠時ブラキシズム患者では、睡眠中、覚醒時の最大咬合力を上回る咬合力が発揮されると報じられる¹⁹⁾のは、咬合力を介した筋活動量の調節系の機能が睡眠中に低下したことと関連するかもしれない。ブラキシズムによる過大な咬合力それ自身は咬合性外傷をもたらさない²⁰⁾としても、歯周病の増悪に寄与する。したがって咬合力の

過剰による悪影響を防ぐには、睡眠時ブラキシズムへの対応が重要であるとの推察が導かれる。

第2に、顎関節は関節への圧縮力を検知するに適した機構を欠き、したがって神経系を介した顎関節負荷の調節機構の作用は期待できない。種々の短縮歯列における最大噛み締め時の顎関節負荷が過剰を示さなかったのは、小臼歯の咬合力負担能力が小さかったからにはかならない。インプラントの咬合力負担能は大きく、また咬合力の大きさの感知に係る機能に劣るため、食品の保持にせよ咬断咀嚼にせよ、過大な咬合力を発揮しがちであることが知られている^{21, 22)}。後方臼歯欠損に対するインプラント補綴治療の結果、歯列の咬合力負担能力が増すならば、最大咬合力や顎関節負荷も増大するであろう。咬合点の位置が筋力の咬合力と顎関節負荷への配分に及ぼす影響は、天然歯とインプラントとを選ばず、同一であると考えられる。歯の咬合力負担能力がインプラントへの置換によって高まるのがこの系の生体力学に及ぼす影響については、今後の研究が待たれるところである。

IV. 咬合力の諸要素

咬合力について考慮すべきは、大きさのみではない。歯根が細く長い前歯、とりわけ犬歯は歯軸方向に対して側方からの力の負担に適し、太く短い歯根をもつ臼歯はもっぱら歯軸方向の咬合力の負担に耐えるという考えは、犬歯誘導咬合の妥当性の根拠として広く知られている。咬合力の作用線が歯軸と平行するものであるとしても、咬合力の作用点、つまり作用線が咬合面を横切る位置が異なれば、歯が歯周組織に向けて沈下する量や方向は異なる。咬合点位置の沈下方向への影響は、下顎大白歯に比べて上顎大白歯で著しい。このことを反映してであろう、下顎大白歯では、咬合面の近心、遠心のいずれに咬合力を負荷しても、歯根膜が伝える情報に大きな差異のないことが、タングステン電極で下歯槽神経の求心性情報を導出した研究において報じられている²³⁾。また、上下顎大白歯の咬合面の種々の位置に咬合平面に垂直方向の咬合力が作用する工夫を行い、被験者12名に各部位での噛み締め時の感覚を咬頭嵌合位での噛み締めと同等からもっとも不快の間で評価させ、その結果に基づいて各部位を噛みにくくはない、噛みやすくはない、いずれでもないの3段階に分類した研究によれば、上顎大白歯の近、遠心頬側咬頭部と遠心口蓋側咬頭部に関して噛みにくくはないとの肯定的評価を下した被験者はなく、とりわけ遠心頬側咬頭部では12名中5名が否定的評価を下したが、下顎大白歯ではだれも肯定的評価をしなかったのは遠心舌側咬頭部のみであった²⁴⁾。個々の歯は、咬合力を受けた際に沈下すべき方向が定まっており、それ以外の方向への沈下を促す咬合力が作用する場合に違和感を生じるのであろう。上顎大白歯の方が咬合力の適切な作用部位が限定的であることが推察される。裏を返せば、

咬合力の作用によって不適切な方向への沈下が生じ、歯周組織に損傷を生じかねない咬合面上の領域が、上顎大白歯では下顎大白歯に比べてより広範囲に広がっていることになる。咬合面の複数の部位に咬合接触を付与するなどして、適切な沈下方向が得られるよう、十分な咬合調整が必要ということであろう。

V. 顎骨変形の影響

噛みしめや咀嚼の際、歯の沈下に加えて、下顎骨自体が複雑な変形を示すことが知られている。たとえば咬頭嵌合位での噛みしめの場合、前頭面内では下顎角部が外側に翻り、水平面内では下顎角間の距離が増し、矢状面内では下顎角が開大するような変形が同時に生じるといわれる²⁵⁾。天然歯でもインプラントでも、複数の歯根を連結固定する補綴装置は少なくないが、とりわけインプラント治療では、インプラント同士を上部構造で連結固定する設計の補綴装置が頻用される。正中を挟んで両側臼歯部のインプラント体を連結することさえ稀ではない。この場合、咬合力によりインプラント体とその周囲骨の間に応力や歪が生じるばかりでなく、変形しようとする下顎骨と相互の位置関係を保とうとするインプラント体の間にも力が生じる。実測とモデルシミュレーションを含めて膨大な研究がなされてきたインプラントの生体力学解析の領域において、下顎骨変形の影響はなぜか等閑視されてきた。Hobkirkらの研究^{26, 27)}はそのなかの白眉、異とするに足る着目といえようし、後継研究もあるようだが、補綴臨床への指針が得られるには、なお広範かつ詳細な検討が必要であろう。

VI. 下顎運動と咬合力、顎関節負荷

咬合力や顎関節負荷に関連して、おそらくこれまでもっとも深い関心が払われたのが、下顎運動との関連、あるいは偏心位での咬合接触である。これには少なくとも2つの着眼が含まれる。第1は、既に述べた咬合力の作用点、作用方向に関する着眼である。咬頭嵌合位における噛みしめでは、上下顎歯の咬合面はもっとも深く嵌合し、最大の面積で接触する。咬合力はそれぞれ向きの異なる咬合接触面に対して垂直に作用するから、歯軸に対する側方成分は相殺され、咬合力の合力は歯軸方向に近い向きをもつようになる。しかし咬頭嵌合位を離れると臼歯部の咬合接触面積は著しく減少し、やがて消失するのが一般的である。しかし、いわゆる臼歯部のガイドが強い状況では、偏心位において臼歯部咬合面の一部に咬合接触が残ることで、先に見たような非生理的な歯の変位が生じ、歯周組織に損傷を生じかねない。とはいえ、咬頭嵌合位ではすべての臼歯が咬合接触し、偏心位では離開するという程度の概念的な指針が不十分であることはいうまでもない。また非機能咬頭内斜面の偏心位での咬合接触面をむやみに削合すれば、咀嚼能力にも影響が生じ

るであろう。ここはいわゆる被蓋を構成する部分であり、咀嚼粉碎された食品粒子の流れのコントロールに寄与することが知られている²⁸⁾。咀嚼能力とは、上下顎歯の咬合面間に捉えた食品粒子をどの程度に細分できるかという関数と、ひとたび細分した食品粒子をどの程度まで再び咬合面上に載せることができるかという関数の積として表現されるような機能である。被蓋の不適切な削合は、後者への影響を介して、咀嚼能力の低下をもたらしかねない。

第2は、咬合接触が偏心運動時の筋活動に及ぼす影響である。咬合接触点数や分布が運動時の筋活動に影響することは夙に知られており、偏心位での臼歯部咬合接触が少ないほど、筋活動量も小さい。その理由は、おそらく運動に伴う力を適切に配分することがどれほど容易かに係っているのだろう。下顎の基本運動としての側方運動を単純化すれば、作業側下顎頭を中心とする回転運動に喩えられよう。コンパスで円を描くとき、小さな半径の円ほど難しい思いをする。針を紙に押し付けて中心を安定させつつ、鉛筆の芯には円周を描く回転方向の力を与えねばならないのだが、ちょっとした力の加減で鉛筆の芯が回転中心に代わり、針で円周を描いてしまいそうになるのである。同様の困難は、作業側の後方臼歯が咬合接触した状態で側方運動を営む際にも生じるのではないだろうか。その困難を克服するため、下顎の前方部を作業側に振り向ける分に加えて、作業側下顎頭の位置を安定させる分の協調活動を行うことで、後方臼歯が接触しない場合と比べて大きな筋活動量が求められると推察される。咬合力と顎関節負荷は筋力が配分されたものだから、偏心位における咬合接触状態の調節という補綴歯科診療ではごく日常的な手技によって咬合力と顎関節負荷双方の減少が図れるのであれば、きわめて好都合である。

しかし従来の研究は、意外にもというべきであろうか、側方偏心位の咬合接触様式の長期的影響を明瞭に捉えていない。たとえば咬合面の磨耗の量は咬合力を変数に含む関数であるため、咬合様式と咬合力の関係を客観的に把握する際の指標のひとつとなると思われるが、咬合様式と磨耗量の関連を検討した Klinberg らの総説の結論は、磨耗の予防においていずれかの咬合様式が他に比べて優れるとの結論を導けないというものであった²⁹⁾。いかなる咬合の変化にも下顎の運動系は神経の可塑性を伴う適応を示すのであって、咬合様式の影響は適応の影に隠れて見えなくなってしまうようだ。磨耗を含めてさまざまな観点から咬合様式間の優劣が検討されたが、いまだにいずれかが優れるという科学的根拠は確立されていない³⁰⁾。われわれはそもそも、偏心位の咬合接触をどのように記録し、何を基準に適否を評価するかを明確に示していない。静的な咬合に加えて動的咬合を評価すべきであろうけれど、その方法も確立されていない。そのよ

うな手続きが整えられた時点で、咬合様式の相違が歯や補綴装置の延命にどのように影響するかという古い課題が科学的検討の俎上に乗せられることになるだろう。

VII. 生活習慣としての筋活動様式

咬合様式の改変など補綴歯科医療の方法が力の影響への有効な対応でないとしたら、われわれにできることは多くは残されていない。そのひとつが患者の筋活動様式を咬合の改変など歯科的方法以外の何らかの方法で改変し、咬合力や顎関節負荷の源となる筋力の減少を図ることである。

そのひとつである咀嚼筋 EMG バイオフィードバック訓練は、主としてブラキシズム治療において、咀嚼筋活動の抑制を目的に用いられてきた。ブラキシズムは、睡眠時ブラキシズムと覚醒時ブラキシズムに大別され、これらは発症機序を異にすると考えられているが、いずれの病態も今日なお有効な治療法を欠く。EMG バイオフィードバックは行動変容を介して長期的に症状の改善効果を期待できる方法であり、本症への有効性が期待されているが、十分な科学的根拠を欠くままである^{31,32)}。

いまひとつ、閉口筋活動の抑制を目的とする治療に歯の接触癖 (Teeth contacting habit: TCH) に対する生活指導がある。TCH とは覚醒時に上下顎歯を咬合接触させる習癖であり、慢性痛を伴う顎関節症患者の 52.4% に認めるといふ³³⁾。実のところ TCH は低レベルながらも持続的な閉口筋活動にほかならず、こうした筋活動が遅発性筋痛を誘発することは実験的に示されている³⁴⁾。したがってこの習癖をもつ患者に対し、上下顎歯の不要な咬合接触を減じる指導を行うことは、筋痛に対する治療法として有効に働くのである。TCH の語を普及させた木野らの推奨する方法は、「歯を離す」と書いたメモを患者の生活環境で目を遣りやすい場所に貼り、メモを見るたびに息を吐かせるというものである。これを紹介したテレビ番組では、解消すべき悪癖と両立しない習癖を獲得することが効果機序と説明されていた。

上下顎歯の接触への注目の歴史は古い。たとえば 1954 年の TIME 誌のコラム欄には、コロンビア大学の Fox 博士の談話として、歯や歯肉に深刻な損傷を与える歯ぎしりを防ぐには“lips together, teeth apart.”を覚えるべきと記されている³⁵⁾。TMD マントラ (真言) として知られるこの文言は、上下の唇は触れていても上下の歯は離れた状態を保たせようとする患者向けアドバイスであり、これを繰り返し唱えさせることで閉口筋活動を減じさせようというのである。いうまでもないことだが、咬合なしに咬筋の活動を高めることは難しく、この指示には閉口筋の安静を直接指示するのと同等の意義がある。覚醒時の筋活動の抑制が睡眠時ブラキシズムにどのような影響があるかは不明である。しかし、そもそもブラキシズムの自覚は起床時の筋の疲労感や疼痛などによるもので

あり、自覚の有無や自覚される程度と筋活動の関連は弱い。覚醒時の筋の安静を図ることで睡眠時ブラキシズムによる筋痛が減じるとすれば、それはブラキシズムへの治療効果として認識されることであろう。ただし、TCHにせよTMDマントラにせよ、それらへの生活指導が筋力、ひいては咬合力や顎関節負荷の低減にどれほどの効果があるかは不明である。

VIII. ボツリヌス毒素を用いた閉口筋の筋力低下

ボツリヌス毒素はグラム陽性偏性嫌気性桿菌であるボツリヌス菌 *Clostridium botulinum* が産生する毒素で、食中毒の原因毒素として知られる。抗原性によりA～G型の7種に分類され、うち臨床応用されるのはA型である。米国のScottが1977年に初めて斜視に臨床応用して以来、眼瞼痙攣、片側顔面痙攣、痙性斜頸、上・下肢痙攣、筋筋膜痛などに応用されてきた。A型ボツリヌス毒素は神経筋接合部で神経終末に作用してアセチルコリンの放出を抑制し、筋収縮を阻害する。毒素による筋の選択的麻痺は、やがて筋萎縮をもたらすことから、顎顔面部では表情筋群に用いて前額部、外眼角部、眉間の皺を目立たなくする美容術に応用され、高い安全性や予知性、患者満足度が報じられている³⁶⁾。咀嚼筋への応用に関しては、ボツリヌス毒素が昼夜のブラキシズム頻度の低下やブラキシズムに伴う疼痛の軽減に奏功し、患者の自覚に基づく治療の効果はスプリントと同等であると結論する総説³⁷⁾がある。咬筋もしくは咬筋と側頭筋前部に応用した4編を採用しての総説であるが、英国ヨーク大学CRD (NHS Center for Reviews and Dissemination) によるDARE (Database of Abstracts of Reviews of Effects) は総説の潜在的バイアスや採用した文献やその結果の質などから、上述の結論の信頼性に疑問を呈している³⁸⁾。ボツリヌス毒素の咀嚼筋への応用としては、肥大した咬筋の萎縮を促す美容目的での有効性も報じられているが^{39,40)}、CDSR (Cochrane Database of Systematic Reviews) はこうした用途での効能に関し、根拠とすべき文献を不在と断じた⁴¹⁾。すなわち、ボツリヌス毒素の咬筋筋量への影響は疑わしく、筋力が筋の生理的断面積に比例するとする一般的な仮定に従うならば、筋力低下に関する効果も、また疑問とせざるを得ない。

IX. 最後に

補綴装置や歯の延命を目的に力のコントロールは可能であるかという問いに対して、本稿では力の源である筋活動と、それが歯の咬合力と顎関節の負荷に配分される様式のそれぞれに焦点を当てて考えてきた。咬合接触の改変などの補綴学的手段はそのいずれにも影響を及ぼすことが知られていながら、歯の磨耗など力の作用と関連のある口腔の病態の予防に関して、いずれの咬合様式が他に比べて優れるかを示す明確な科学的根拠は存在しな

かった。つまり現時点では、EBMに則り、咬合治療によって顎口腔の力をコントロールすることは不可能と結論せざるを得なかった。

一方、補綴歯科臨床の方法以外で力をコントロールする方法には、咀嚼筋EMGバイオフィードバック訓練により閉口筋活動を抑制する方法と、覚醒時の持続的で弱い閉口筋活動について、歯の接触を検知するという方法で患者自身の自覚を促し、中断させようとする生活指導の方法とが含まれた。いずれも侵襲を伴わない保存的で有望な方法であるが、科学的根拠はやはり薄弱と断ぜざるを得なかった。

顎口腔の力をコントロールすることは歯科医療の重要な目標であり、今日応用可能な諸方法についての科学的根拠の検索は、予知性の高い治療方法を確立するうえで欠くべからざる段階である。今後の検討を通じて有効性の高い方法の確立が望まれるところである。

文 献

- 1) Greaves WS. The jaw lever system in ungulates: a new model. *J Zool (Lond)* 1978; 184: 271-285.
- 2) Hylander WL. In vivo bone strain in the mandible of *Galago crassicaudatus*. *Am J Phys Anthropol* 1977; 46: 309-326.
- 3) Brehnan K, Boyd RL, Laskin J, Gibbs CH, Mahan P. Direct measurement of loads at the temporomandibular joint in *Macaca arctoides*. *J Dent Res* 1981; 60: 1820-1824.
- 4) Marks L, Teng S, Årtun J, Herring S. Reaction strains on the condylar neck during mastication and maximum muscle stimulation in different condylar positions: an experimental study in the miniature pig. *J Dent Res* 1997; 76: 1412-1420.
- 5) Hylander WL. Experimental analysis of temporomandibular joint reaction force in macaques. *Am J Phys Anthropol* 1979; 51: 433-456.
- 6) Okeson J. Management of temporomandibular disorders and occlusion, 6th ed. St. Louis: Mosby; 2008; 488-491.
- 7) Kieser J. Biomechanics of masticatory force production. *J Human Evol* 1999; 36: 575-579.
- 8) Käyser AF. Shortened dental arches and oral function. *J Oral Rehabil* 1981; 8: 457-462.
- 9) Witter DJ, De Haan AF, Käyser AF, Van Rossum GM. A 6-year follow-up study of oral function in shortened dental arches. Part II: craniomandibular dysfunction and oral comfort. *J Oral Rehabil* 1994; 21: 353-366.
- 10) Agerberg G, Carlsson GE. Chewing ability in relation to dental and general health: analyses of data obtained from a questionnaire. *Acta Odontol Scand* 1981; 39: 147-153.
- 11) Rosenoer LM, Sheiham A. Dental impacts on daily life and satisfaction with teeth in relation to dental status in adults. *J Oral Rehabil* 1995; 22: 469-480.
- 12) Sheiham A, Steele JG, Marcenes W, Finch S, Walls AW. The impact of oral health on stated ability to eat certain foods; findings from the national diet and nutrition

- survey of older people in Great Britain. *Gerodontology* 1999; 16: 11-20.
- 13) Leake JL. An index of chewing ability. *J Public Health Dent* 1990; 50: 262-267.
 - 14) Elias AC, Sheiham A. The relationship between satisfaction with mouth and number, position and condition of teeth: studies in Brazilian adults. *J Oral Rehabil* 1999; 26: 53-71.
 - 15) Sarita PTN, Witter DJ, Kreulen CM, Creugers NHJ. The shortened dental arch concept - attitudes of dentists in Tanzania. *Comm Dent Oral Epidemiol* 2003; 31: 111-115.
 - 16) Witter DJ, De Haan AFJ, Käyser AF, Van Rossum GMJM. A 6-year follow-up study of oral function in shortened dental arches. Part I: occlusal stability. *J Oral Rehabil* 1994; 21: 113-125.
 - 17) Hattori Y, Satoh C, Seki S, Watanabe Y, Ogino Y, Watanabe M. Occlusal and TMJ loads in subjects with experimentally shortened dental arches. *J Dent Res* 2003; 82: 532-536.
 - 18) Issa FG, Sullivan CE. Upper airway closing pressure in obstructive sleep apnea. *J Appl Physiol* 1984; 57: 520-527.
 - 19) Nishigawa K, Bando E, Nakano M. Quantitative study of bite force during sleep associated bruxism. *J Oral Rehabil* 2001; 28: 485-491.
 - 20) Manfredini D, Ahlberg J, Mura R, Lobbezoo F. Bruxism is unlikely to cause damage to the periodontium: findings from a systematic literature assessment. *J Periodontol* 2015; 86: 546-555.
 - 21) Trulsson M, Gunne HS. Food-holding and biting behaviour in human subjects lacking periodontal receptors. *J Dent Res* 1998; 77: 574-582.
 - 22) Svensson KG, Trulsson M. Force control during food holding and biting in subjects with tooth- or implant-supported fixed prosthesis. *J Clin Periodontol* 2011; 38: 1137-1147.
 - 23) Johnsen SE, Trulsson M. Receptive field properties of human periodontal afferents responding to loading of premolar and molar teeth. *J Neurophysiol* 2003; 89: 1478-1487.
 - 24) Ogura R, Kato H, Okada D, Foxton RM, Ikeda M, Miura H. The relationship between bite force and oral sensation during biting in molars. *Aust Dent J* 2012; 57(3): 292-299.
 - 25) Korioto TWP, Hannam AG. Deformation of the mandible during simulated tooth clenching. *J Dent Res* 1994; 73: 56-66.
 - 26) Hobkirk JA, Schwab J. Mandibular deformation in subjects with osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6: 319-328.
 - 27) Hobkirk JA, Havthoulas TK. The influence of mandibular deformation, implant numbers, and loading position on detected forces in abutments supporting fixed implant superstructures. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 169-174.
 - 28) 丸山 満, 河野正司, 澤田宏二, 本間 濟, 根岸政明. 上顎臼歯頰側の咬合面形態の変化が食物動態と食物粉碎能力に与える影響. *補綴誌* 2007; 51: 563-571.
 - 29) Klineberg I, Kingston D, Murray G. The bases for using a particular occlusal design in tooth and implant-borne reconstructions and complete dentures. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18s3: 151-167.
 - 30) Rinchusea DJ, Kandasamy S, Sciote J. A contemporary and evidence-based view of canine protected occlusion. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 2007; 132: 90-102.
 - 31) Lobbezoo F, van der Zaag J, van Selms MK, Hamburger HL, Naeije M. Principles for the management of bruxism. *J Oral Rehabil* 2008; 35: 509-523.
 - 32) Wang LF, Long H, Deng M, Xu H, Fang J, Fan Y, Bai D, Han XL. Biofeedback treatment for sleep bruxism: a systematic review. *Sleep and Breathing* 2014; 18: 235-242.
 - 33) Sato F, Kino K, Sugisaki M, Haketa T, Amemori Y, Ishikawa T, Shibuya T, Amagasa T, Shibuya T, Tanabe H, Yoda T, Sakamoto I, Omura K, Miyaoka H. Teeth contacting habit as a contributing factor to chronic pain in patients with temporomandibular disorders. *J Med Dent Sci* 2006; 53: 103-109.
 - 34) Farella M, Soneda K, Vilmann A, Thomsen CE, Bakke M. Jaw muscle soreness after tooth-clenching depends on force level. *J Dent Res* 2010; 89(7): 717-721.
 - 35) Anonymous. *Medicine: Capsules*. TIME 1954; 63, 20.
 - 36) Niamtu J 3rd. Botulinum toxin A: a review of 1,085 oral and maxillofacial patient treatments. *J Oral Maxillofac Surg* 2003; 61: 317-324.
 - 37) Long H, Liao Z, Wang Y, Liao L, Lai W. Efficacy of botulinum toxins on bruxism: an evidence-based review. *Int Dent J* 2012; 62: 1-5.
 - 38) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0046534/>
 - 39) Jaspers GW, Pijpe J, Jansma J. The use of botulinum toxin type A in cosmetic facial procedures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011; 40: 127-133.
 - 40) Chang CS, Bergeron L, Yu CC, Chen PK, Chen YR. Mandible changes evaluated by computed tomography following Botulinum Toxin A injections in square-faced patients. *Aesthetic Plast Surg* 2011; 35: 452-455.
 - 41) Fedorowicz Z, van Zuuren EJ, Schoones J. Botulinum toxin for masseter hypertrophy. *Cochrane Database Syst Rev* 2013; 9: CD007510.

著者連絡先：服部 佳功

〒980-8575 宮城県仙台市青葉区星陵町
4-1 東北大学大学院歯学研究科口腔機能形態学講座加齢歯科学分野
Tel&Fax: 022-717-8396
E-mail: yoshinori.hattori.b4@tohoku.ac.jp