



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	有限要素法によるデンタルインプラントの咬合調整方法の検討
Author(s)	高山, 芳幸; 笠井, 郁世; 横山, 敦郎
Citation	北海道歯学雑誌, 32(1), 62-64
Issue Date	2011-09-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/47237
Type	journal article
File Information	07_takayama_saishin2.pdf



最新の歯学

有限要素法によるデンタルインプラントの咬合調整方法の検討 An investigation of the occlusal adjustment of the superstructures of dental implants using finite element analysis

北海道大学大学院歯学研究科口腔機能学講座口腔機能補綴学教室
高山 芳幸, 笠井 郁世, 横山 敦郎

はじめに

デンタルインプラントによる欠損補綴は、今やブリッジや有床義歯と並ぶ欠損補綴治療のオプションとして広く認識されている。しかしながら、インプラントは骨と直接結合するため、歯根膜を有する天然歯とは被圧変位量が大きく異なる。そのため、弱い咬合力で天然歯と均等な咬合接触を付与すると、沈下量の少ないインプラント体に咬合力が集中し、骨との結合が破壊されることが危惧される。また逆に、強く咬合した時に天然歯と均等な咬合接触を付与した場合には、インプラントが咬合力をあまり負担せず、欠損補綴の大きな目的のひとつである咬合支持が得られなくなる可能性がある。したがって、天然歯とインプラントが混在する場合は、咬合調整に際して特別な配慮が必要であるとされてきた。

1. Implant protected occlusion とその周辺

Misch¹⁾は、インプラントと天然歯の被圧変位量の差を補うため、implant protected occlusion という概念を提唱している。すなわち、インプラント上部構造の咬合接触を弱め、ある程度の咬合力が発揮されて天然歯がわずかに沈下した際にインプラントでも咬合力を負担するようにする、という考え方である。しかしながら、インプラントへの咬合接触を弱めすぎると、前述したように咬合の支持が果たせなくなる恐れがある。また、臨床的にどのような手法でこのような咬合接触状態が達成できるかは不明な点が多い。

一方、松下²⁾は、動物実験の結果などから、インプラント上部構造と天然歯支台の補綴物では、臨床的に特に区別することなく咬合調整を行って構わないのではないかとしており、見解の統一は得られていないのが現状である。

2. 有限要素解析による検討

そこで当教室では、インプラントを埋入した下顎骨の有限要素モデルを用いて、咬頭嵌合位におけるインプラントの咬合接触の与え方について検討を行った³⁾。解析に用いた有限要素モデルは、下顎骨、歯根膜を有する天然歯、チ

タン製インプラントおよび上部構造からなる(図1)。歯根膜は非線形材料として二相性の物性を示すように設定した。天然歯とインプラント上部構造の咬合面または切端上の点、および左右の下顎頭で変位を拘束し、咀嚼筋の付着部位に筋力と同等の荷重を作用させた状態で応力解析を行った。ただし拘束点には、対合歯や顎関節と同等の剛性を有するスプリングを介在させた。天然歯の対合歯は天然歯とし、補綴物の対合歯は天然歯またはインプラントを想定した。

対合歯に相当するスプリングの物性を変化させることで咬合調整をシミュレートした。例えば20 μ m 削合した状態は、下顎の歯の咬合面が上方に20 μ m 変位すると初めてスプリングが弾性を発揮するように設定した。解析は、まず、咀嚼筋が一定の力を発揮した時に咬合力分布が左右対称となるように、咬合調整による削合を想定した「隙間」を各々の歯とインプラント上部構造に試行錯誤的に付与した。次に、スプリングの設定が済んだモデルに、改めて種々の大きさの咀嚼筋の筋力を作用させた。

3. 咬合調整時の咬合力と歯列上の咬合力分布の関連

図2に結果を示す。40N は歯の初期変位を生ずる程度の弱い咬合力、200N は咀嚼時に近い咬合力、800N はブラキシズム等での咬合力を想定している(9.8N $\approx$ 1 kgf)。インプラントの対合が天然歯の場合と、インプラントの場合では、前者で咬合力の集中が緩和される傾向にあった。40N の効合力で咬合調整を行った場合、100N、200N、800N いずれの咬合力を負荷したときにも最後方のインプラントに咬合力が集中した。しかし、200N の咬合力で調整すると、100N および200N の咬合力ではそのような咬合力の集中はみられなかった。800N の咬合力負荷時では、咬合調整を40N、200N いずれの咬合力で咬合調整を行っても最後方のインプラントに咬合力が集中した。すなわち、咬合調整時の咬合力を上回る咬合力が加わると、最後方のインプラントに咬合力が集中していた。一方、咬合調整時の咬合力よりも小さな咬合力が加わっているときには、前方の歯またはインプラントに生じる咬合力が増大する傾向にあった。

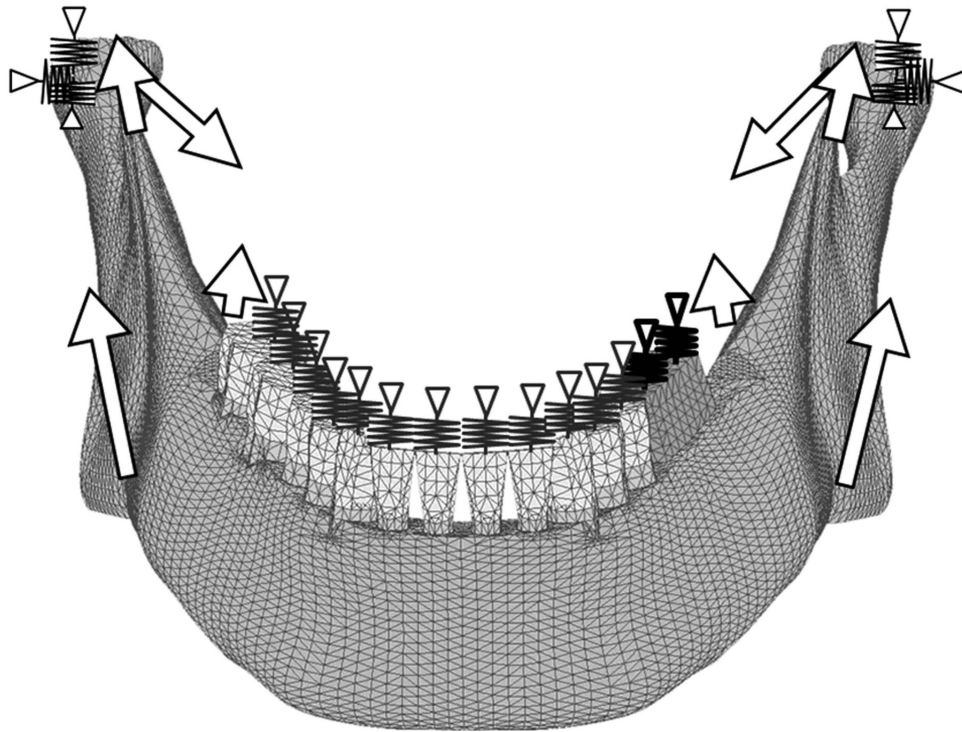


図1 有限要素モデル

左側大臼歯欠損を想定し、同部に2本のインプラントを埋入している。白抜き矢印は荷重(=筋力)、△は拘束点である。対合する天然歯、インプラント、あるいは顎関節等に相当する部位に拘束点を設定し、適切な被圧変位性を有するスプリングを介してモデルと連結した。

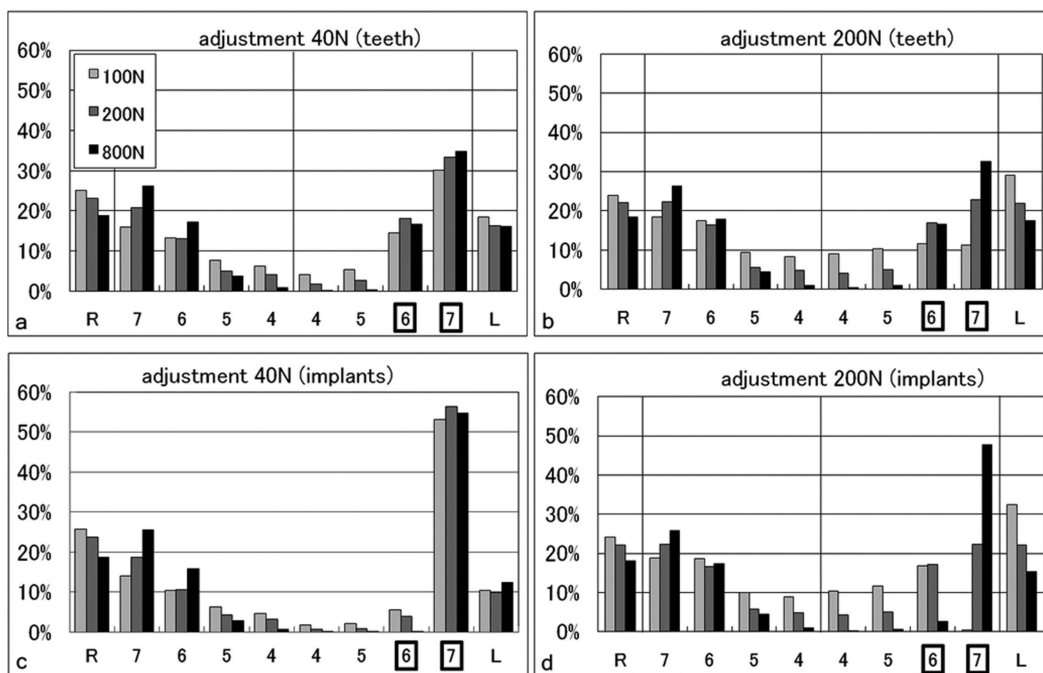


図2 顎関節および歯列上の咬合力分布

グラフ上部に、咬合調整時の咬合力とインプラントの対合の種類(天然歯/インプラント)を示す。横軸は位置(L, R:左右の顎関節, 4~7:歯種), 縦軸は総咬合力に対する負担割合(%)である。前歯部の咬合力は非常に小さいため省略した。横軸上の四角で囲んだ数字はインプラント埋入部位を示す。

4. 臨床への示唆

今回の解析条件では、咬合調整時以外の咬合力では、咬合力が左右均等に分布することはなかった。原因は、顎関節や歯とインプラントの被圧変位性の違いである。前者では主たる変位が歯根膜や関節軟骨などの軟組織で起こるため荷重と変位が比例せず、荷重量が増すにつれて変位量の増大は少なくなり一定の変位量に近づく。これに対し、後者は骨との間に軟組織が介在しないので、比較的大きな荷重を付加しても荷重と変位がほぼ比例関係にあるため、発揮される筋力の違いによって咬合力負担の分布に差異が生じたものと考えられる。咬合調整時の咬合力は、この解析条件に限れば200Nのほうが好ましいと言える。というのは、100Nの咬合力で前方の歯またはインプラントに咬合力が集中するとはいえ、その絶対量が小さいからである。一方、今回の解析条件では、ブラキシズムを想定した800Nの咬合力下では最後方のインプラントへの咬合力の集中は避けられなかった。したがって、ブラキシズムがコントロールできない患者では、他の対策、例えばナイトガード等が必要かもしれない。

また、天然歯が対合する場合よりもインプラント同士が対合関係にある場合に、咬合力の集中が顕著となった。したがって、片側のみインプラント同士が対合するようなケースでは、咬合調整に特段の注意が必要であると考えられる。

おわりに

有限要素解析で得られるのは、あくまでもそのモデルにおける結果であるから注意が必要である。骨の構造、顎関節の変位、あるいは歯の被圧変位性などの個体差が、骨の

応力や歪みにどのように影響するかを明らかにする必要がある。現在当教室では、これを補う手法のひとつとして応答曲面法などの最適化手法の導入を試みている。

一方、そもそも咬合の条件によりインプラントの失敗(オッセオインテグレーションの喪失)が引き起こされる、ということを証明する研究がほとんどないことから、その関連性に懐疑的な見方もある⁴⁾。今後、咬合接触や機能力がインプラント周囲の骨に及ぼす生体力学的影响を、臨床研究、動物実験、あるいはFEAなどの手法により明らかにし、診断、治療と予後の予測に応用できるエビデンスを構築してゆく必要がある。

引用文献

- 1) Misch CE. Occlusal Considerations for Implant-Supported Prostheses : Implant Protective Occlusion and Occlusal Materials. In : Misch CE, Bidez MW (eds). Contemporary implant dentistry, 2nd ed. St. Louis : Mosby, 1999 : 609-628.
- 2) 松下恭之, 佐々木健一, 郡英寛, 江崎大輔, 春田明日香, 古谷野潔 : インプラント咬合にエビデンスはあるか? 補綴誌52 : 1-9, 2008.
- 3) Kasai K, Takayama Y, Yokoyama A : Effect of Occlusal Force in Occlusal Adjustment of Dental Implants on Its Distribution : A Nonlinear Finite Element Analysis Considering the Displaceability of Opposing Teeth and Implants. J Oral Maxillofac Implants (submitted).
- 4) Hobkirk JA, Wiscott HW. Biomechanical aspects of Oral Implants. Consensus report of Working Group 1. Clin Oral Implants Res 17(Suppl. 2) : 52-54, 2006.