

インプラントオーバーデンチャーの補強構造製作における CAD/CAM システムの活用

和田誠大

Utilization of CAD/CAM system on fabrication of reinforcement for implant overdenture

Masahiro Wada, DDS, PhD

抄 録

超高齢社会を迎えた現在、インプラント治療はさまざまな患者のライフステージを考慮した治療形態が求められるようになってきた。その一つにインプラントオーバーデンチャー（以下 IOD）が挙げられる。IOD はこれらの問題を解決するひとつの治療手段ではあるものの、その一方で安易に IOD を適応することによって義歯そのもの、あるいはコンポーネントの破折などの補綴学的な問題事象を固定性インプラント補綴装置以上に引き起こす。本稿では、より長期的な安定が得られる IOD の製作において、診断ならびに義歯製作法、特にインプラントアタッチメント周囲を含めた補強構造の設計にフォーカスし、より確実な装置とするための CAD/CAM システム利用法について考察したい。

キーワード

インプラントオーバーデンチャー、補強構造、CAD/CAM

I. 緒 言

インプラントオーバーデンチャー（以下 IOD）は、1980 年代より即時荷重を用いた臨床例が報告¹⁾されており、その歴史は決して新しいものではない。その後、IOD が大きく注目されるようになったターニングポイントとしては、2002 年にカナダの McGill 大学にて開催された McGill コンセンサスカンファレンス²⁾であると言える。この中で多くの科学的根拠に基づいて、下顎無歯顎に対しては 2 本のインプラントを支台としたオーバーデンチャーが第一選択であるとした声明のインパクトは非常に大きかった。加えて 2009 年に発表されたヨークコンセンサス³⁾においても、IOD は下顎無歯顎患者の機能回復、満足度、治療コストそして治療に要する時間の観点から、最小限度の治療としてのゴールドスタンダードとしており、その他のさまざまな論文報告^{4,5)}からも、IOD は、重

要な治療オプションの一つとして認識されている。とりわけわが国では、世界でも類を見ない超高齢社会に突入しており、これによってインプラント治療を希望する患者の年齢層も非常に幅広く、患者のライフステージを考慮した上で、治療開始時点より IOD を適応する症例も少なくない。またインプラント治療を受けた患者の高齢化も進んでおり、このような患者の全身変化、特に脳血管障害や認知症などの口腔内の管理困難な症例に対する介入として IOD への設計変更も増加している。IOD の利点として、義歯の支持ならびに維持安定や咬合力の増加⁶⁾、周囲骨の吸収抑制⁷⁾が挙げられる一方で、インプラント体やアタッチメントを義歯床が覆う必要があることから、義歯そのものの強度を低下させること、また機能時には逆に自浄性が低下することにより、周囲組織の炎症を惹起しやすい欠点⁸⁾がある。実際に、2003 年に Goodacre ら⁹⁾は、インプラントの上部構造に関する問題点を報告しているが、維持力の低下やクリップの破折、オーバーデ

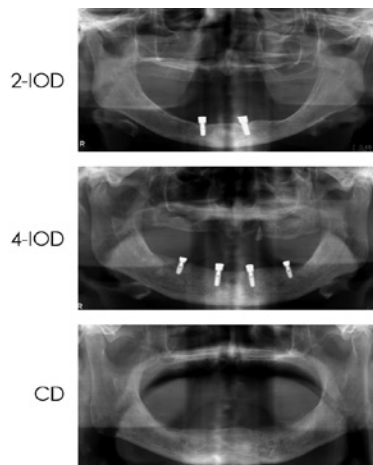


図1 2-IOD: 側切歯・犬歯間あるいは犬歯相当部の2本のインプラントを支台としたIOD
4-IOD: 前歯ならびに大白歯相当部の4本のインプラントを支台としたインプラントIOD
CD: 全部床義歯

ンチャー自体の破折などIODに関する問題事象が高い割合で発生することを報告している。また Ahmadら¹⁰⁾は、2本支台のIODの場合、インプラント周囲の骨吸収は抑制できるものの、臼歯部には大きな咬合力が加わる結果、この部分の顎堤吸収は防ぐことができない可能性を示している。同様の傾向は、本学附属病院を受診された患者においても確認している。具体的には、下顎前歯部2本のインプラントを支台とした2-IOD群、下顎前歯部および臼歯部に埋入された4本のインプラントを支台とする4-IOD群ならびに従来型の全部床義歯群において、Wrightら¹¹⁾の方法に準じて、大白歯相当部の骨吸収程度(PAI: posterior area index)を術前ならびに補綴終了3年後のパノラマエックス線写真より算出した結果、図に示すように2-IOD群は全部床義歯群と同程度の骨吸収を示していることが明らかとなった(図1, 2)。これからもわかるように、単純に可撤性義歯の支台としてインプラントを用いてもそのポジションや本数によっては、骨吸収を抑制できない可能性が推察される。しかしながら、こと補綴的問題事象については、強固な補強構造によってそれらの発生を防ぐことができるものが多いことも事実であり、同時に義歯床下粘膜への咬合力の分散化が図れることから、歯槽骨の吸収を少なからず抑制できる可能性が考えられる。

II. IOD 製作時における効果的な補強構造について

可撤性義歯は顎堤形態に沿った義歯床、人工歯、維

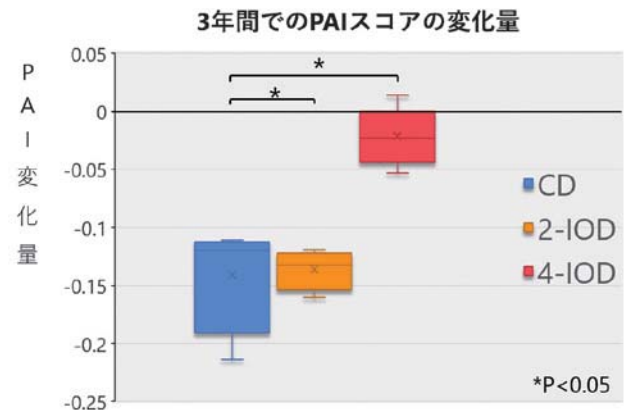


図2 各群における臼歯部の骨吸収変化量

2-IOD群と4-IOD群、CD群と4-IOD群との間で骨吸収量に有意な差が認められる一方で、2-IOD群では、CD群と同程度の骨吸収を示すことがわかる。

持装置などさまざまなコンポーネントが一体となった複雑な補綴装置である。そのため、これらコンポーネントの破折の頻度は少なくない。大谷¹²⁾が報告したレジン床義歯症例における破折部位の調査によると、部分床義歯であれば、残存歯部、あるいはそれらを結んだ線上での破折、そしてオーバーデンチャーにおいてはその支台歯部での破折が多かったとしている。また権田ら¹³⁾は、下顎正中部に埋入された1本あるいは犬歯相当部に埋入された2本のインプラントを支台としたIODにおける義歯床の破折頻度ならびにその部位を調査した結果、インプラントの本数にかかわらず、インプラント支台部での破折が多く認められたとしている。このような事象は、多くの臨床医が経験しているもので、そのためこれら破折を防ぐ目的で義歯床内に補強構造を設定している。IODにおいても当然ながらアタッチメント周囲での破折が多いこと⁹⁾が報告されていることから、補強構造の設置は必須であると考えられ、実際、Salviら¹⁴⁾もIODの補綴的問題が生じる最大の原因として、補強構造の欠落を指摘している。ただし単に義歯床内に補強構造を埋入するのみでは、理想的な補強効果は得られない。重要なポイントは、補強構造を3次元的な立体形状にし、曲げに対する抵抗性だけでなく、ねじれに対しても抵抗性を付与させることと、先に述べた破折好発部位であるアタッチメントの周囲の補強を十分に行うことである。さらに後者のアタッチメント周囲の補強においては、取り囲むのではなく、その上部を覆う構造とすることでインプラントあるいはアタッチメントに加わ

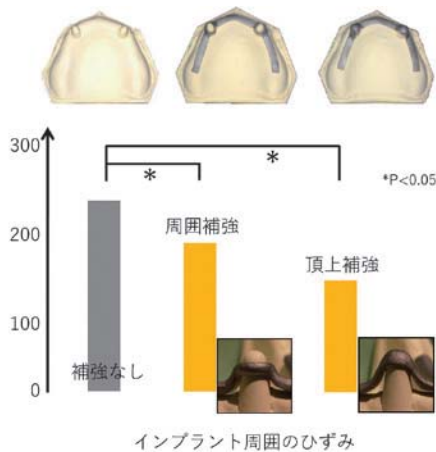


図3 補強構造の形態による効果の違い(文献12より引用改変)
インプラントあるいはアタッチメント上部を補強構造が覆うことで、その周囲のひずみを効果的に抑制することがわかる。

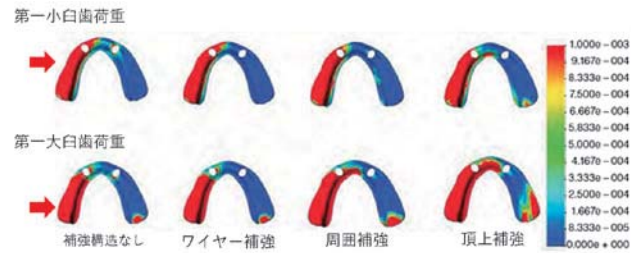


図4 補強構造の形態の違いによる咬合圧の分散様相(文献13より引用改変)

3次元有限要素法にて右側第一小白歯あるいは第一大臼歯部に荷重を加えた結果、インプラントあるいはアタッチメント上部を覆う補強構造では、反対側まで荷重が分散していることがわかる。



図5 上顎IOD(4本支台のバーアタッチメント)における補強構造の一例。アタッチメント上部を十分に覆うとともに、3次元的な構造としている。

る歪みを最小限にできる¹⁵⁾ことが明らかとされている(図3)。加えて、アタッチメント上部を覆う3次元的な補強構造とすることにより、加わった咬合圧が義歯床下粘膜に広く分散し、最大相当応力を減少させることが、3次元有限要素法解析によって明らか¹⁶⁾になっている(図4)。効果的な補強構造は、破折をはじめとする補綴的問題事象を予防するのみならず、咬合力の分散化を図ることにより局所的な顎堤吸収を軽減する可能性が示唆されている(図5)。

III. CAD/CAM を利用した補強構造の製作

IOD 製作に際しての現状考えられる最適な補強構造は先に述べた通りであるが、このような補強構造の製作には、非常に煩雑な工程が必要となる。Misch¹⁷⁾は、IOD 製作の際に必要な最低限のクリアランスを12mmとしている。この根拠にバーアタッチメントを例として、清掃性の確保として1mmのバー

アタッチメント下部の空隙、バーアタッチメント自体の厚みとして3mm、人工歯ならびに義歯床で8mmとしており、ここには補強構造が加味されておらず、実際の臨床においては、これ以上のクリアランスを必要とすることが多い。このような制限されたスペースに、本稿で述べるような効果的な補強構造を設計するためには、現状、蝋義歯から石膏あるいはシリコーンコアを採得した後にワックスアップを行い、铸造操作を行っている。このような一連の作業工程は、非常に煩雑かつアナログ作業と言える。そのため、歯科医師ならびに歯科技工士がともに簡便かつストレスのない効果的な補強構造の製作を実現するために、近年、CAD/CAM 技術が利用されている。代表的なものとしては、CAD ソフトにて補強構造を設計した後に、レジンあるいはワックスディスクを切削する方法が挙げられる¹⁸⁾。これにより従来のワックスアップ操作を正確かつ精密に行えるという観点から非常に有効な手段である一方、その後、埋没ならびに铸造操作を必要

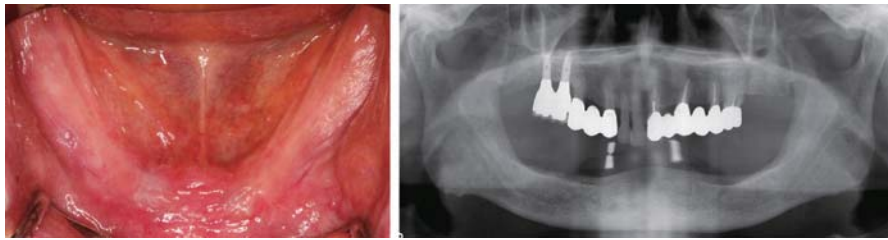


図6 左：下顎咬合面観
右：診断用ステント装着時のパノラマエックス線写真



図7 ロケーターアタッチメント装着時の下顎咬合面観

とする煩雑さが存在する。またディスクを切削する手法がゆえに、アンダーカットの存在する症例に対しては制限があり、中空を有する立体構造を製作することが不可能である。もう一つの手法として焼結積層造形法がある¹⁹⁻²¹⁾。本法は、CADソフトにて設計されたデータをもとに、さまざまな金属粉末にレーザー光を照射し、積層造形を行う手法である。本手法では、鑄造操作を不要とするため、製作エラーが非常に少ないという利点が挙げられる。現在、数社から同技術が紹介されているが、義歯材料に使用される頻度の高いコバルトクロム合金では、高い生体親和性を有し、強度においても従来の鑄造コバルトクロム合金と同等であるとされている²²⁾。そして何より金属粉末を積層造形することから中空を有する立体構造を鑄造操作を必要とせず容易に製作することができる。

IV. IOD 製作の一例

患者は75歳の男性で、下顎全部床義歯の浮き上がりならびに咀嚼時の疼痛を主訴に来院された。義歯外形ならびに適合状態に問題は認めず、咬合状態においても大きな問題は認められなかった。加えて顎堤は中等度の骨吸収は認めるものの、日本補綴歯科学会の症型分類²³⁾においてもLevel 1に分類され、全部床義歯による対応も可能であると考えられた(図6)。しかし、上顎対合部はインプラントを含む固定性補綴装

置が装着されていたため、1) 下顎に対する上顎の加圧要素が強いことから咀嚼時の疼痛が生じていること、2) 患者の主訴である下顎義歯の浮き上がり、などを改善する目的で、下顎IODを適応することとし、同意を得た。まず旧義歯の調整を行った後、暫間義歯を製作し、適切な義歯外形ならびに人工歯排列について慎重な検討を行った。その後、暫間義歯のコピーデンチャーを診断用ステントとして利用し、医科用CT撮影を行い、インプラント埋入の診断を行った。結果として全顎的に垂直的・水平的骨量に問題ないことが確認されたが、本症例では治療費用の制限から2-IODを適応することとした。なお2本のインプラントポジションに関しては、シミュレーションソフト(LANDmarker®, iCAT; 大阪, 日本)を用いて、インプラント、アタッチメントおよび補強構造が無理なく義歯床に収まることを確認した上で、両側側切歯・犬歯間とした。またインプラント埋入手術に関して、計画したポジションへ正確に埋入するためにサージカルステント(Landmark Guide™, iCAT, 大阪, 日本)を使用し、ジーシー社製インプラント(Genesio Plus φ3.8×8 mm)を埋入した。3カ月の免荷の後、二次手術を行い、インプラント周囲粘膜の安定が得られた時点で最終義歯製作に先立って、ロケーターアタッチメントを装着した(図7)。最終義歯の製作は通法に従い、概形印象採得、個人トレーによる精密印象採得、咬合採得を行った後、蠟義歯製作を行った。そ

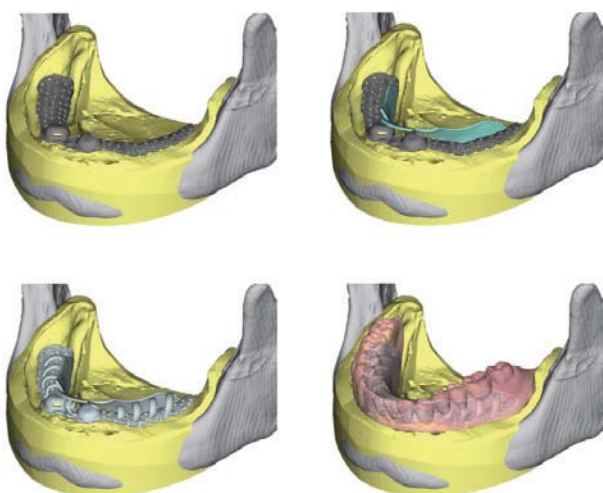


図8 CADソフトにおける補強構造の設計
アタッチメントおよび義歯外形を確認しながら、効果的な補強構造を設計することが可能となる。



図9 上段：コバルトクロム粉末を粉末焼結積層造形法にて製作した直後の補強構造体
下段：研磨後の補強構造体



図10 製作された下顎IODと装着時の咬合面観

の後、作業模型ならびに蠟義歯外形をそれぞれスキャンし、CADソフト(DIGISTELL, Montpellier, France)を使用し、義歯床外形を確認しながら良好な補強効果が期待されるようアタッチメント上部を覆い、かつ欠損部顎堤上の補強構造においても、義歯全体の高い剛性を得るために立体構造を有する補強構造を設計した(図8)。なお設計した補強構造は、光学造形装置(EOSINT M270D, Krailling, Germany)を用いて、コバルトクロム粉末の焼結積層造形法にて製作した(図9)。

完成義歯を図10に示す。現在まで1年6か月と経過は短いものの、義歯床破折等の問題は生じておらず、また義歯粘膜面の適合状態も良好に維持されている。

V. まとめ

IODの適応は、安定した咬合支持の獲得、義歯の維持安定の向上やインプラント周囲の顎骨の吸収抑制などさまざまな利点を有している。また今日の患者の高齢化に伴い、治療開始時からIODを適応する症例

や、固定性インプラント補綴からIODへの設計変更を必要とする症例についても増加すると予測される。しかし、安易なIODの適応は、義歯床破折等の問題を生じさせる。また不適切な管理による、周囲骨の吸収など生物学的な問題にも注意すべきである。IODの利点を最大限に活かし、そして可能な限りトラブルを抑えるためには、術前の診断から治療計画、補綴装置の設計ならびに定期的なメンテナンスのすべてが重要となる。これらのうち、補綴装置の設計において適切な補強構造を製作することにより補綴の問題事象を最小限に抑えることが可能であると考えられる。適切な補強構造とは、インプラントあるいはアタッチメント上部を覆い、かつ義歯全体の剛性を確保するために、欠損部顎堤上に立体構造を有する設計が望ましいと考えられる。これらの達成には、精密な補強構造体の製作のみならず、義歯床外形や人工歯排列位置との関係を十分に確認する必要がある。現在、これら一連の診査ならびに製作にはCAD/CAM技術が有用な手段の一つと言える。

文 献

- 1) Schroeder A, Sutter F, Ledermann PD, Stich H. Current experience with the ITI double hollow cylinder implant type K. *Internationales Team für orale Implantologi. Schweiz Monatsschr Zahnmed* (1984). 1984; 94: 503-510.
- 2) Feine JS, Carlsson GE, Awad MA, Chehade A, Duncan WJ, Gizani S et al. The McGill consensus statement on overdentures. Mandibular two-implant overdentures as first choice standard of care for edentulous patients. Montreal, Quebec, May 24-25, 2002. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002; 17: 601-602.
- 3) British Society for the Study of Prosthetic Dentistry. The York consensus statement on implant-supported overdentures. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2009; 17: 164-165.
- 4) Awad MA, Rashid F, Feine JS; Overdenture Effectiveness Study Team Consortium. The effect of mandibular 2-implant overdentures on oral health-related quality of life: an international multicentre study. *Clin Oral Implants Res* 2014; 25: 46-51.
- 5) Karbach J, Hartmann S, Jahn-Eimermacher A, Wagner W. Oral Health-Related Quality of Life in Edentulous Patients with Two- vs Four-Locator-Retained Mandibular Overdentures: A Prospective, Randomized, Crossover Study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015; 30: 1143-1148.
- 6) Boven GC, Raghoobar GM, Vissink A, Meijer HJ. Improving masticatory performance, bite force, nutritional state and patient's satisfaction with implant overdentures: a systematic review of the literature. *J Oral Rehabil* 2015; 42: 220-233.
- 7) Kordatzis K, Wright PS, Meijer HJ. Posterior mandibular residual ridge resorption in patients with conventional dentures and implant overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003; 18:447-452.
- 8) Marrone A, Lasserre J, Bercy P, Brex MC. Prevalence and risk factors for peri-implant disease in Belgian adults. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24: 934-940.
- 9) Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications with implants and implant prostheses. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 121-132.
- 10) Ahmad R, Chen J, Abu-Hassan MI, Li Q, Swain MV. Investigation of mucosa-induced residual ridge resorption under implant-retained overdentures and complete dentures in the mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015; 30: 657-666.
- 11) Wright PS, Watson RM. Effect of prefabricated bar design with implant-stabilized prostheses on ridge resorption: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13: 77-81.
- 12) 大谷隆之, 前田芳信, 榎本佳代子, 十河基文, 岡田政俊, 野首孝祠, 奥野善彦. 義歯修理症例に関する検討 第1報 レジン床破折症例の調査. *補綴誌* 1991 ; 35, 977-982.
- 13) Gonda T, Maeda Y, Walton JN, MacEntee MI. Fracture incidence in mandibular overdentures retained by one or two implants. *J Prosthet Dent* 2010; 103: 178-181.
- 14) Salvi GE, Brägger U. Mechanical and technical risks in implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24 Suppl: 69-85.
- 15) Takahashi T, Gonda T, Maeda Y. Influence of reinforcement on strains within maxillary implant overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015; 30: 1327-1332.
- 16) Gonda T, Dong J, Maeda Y. Stress analysis of an overdenture using the finite element method. *Int J Prosthodont* 2013; 26: 340-342.
- 17) Misch CE. *Contemporary Implant Dentistry 3rd Edition* 2008. Mosby.
- 18) Williams RJ, Bibb R, Rafik T. A technique for fabricating patterns for removable partial denture frameworks using digitized casts and electronic surveying. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 85-88.
- 19) Williams RJ, Bibb R, Eggbeer D, Collis J. Use of CAD/CAM technology to fabricate a removable partial denture framework. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 96-99.
- 20) Eggbeer D, Bibb R, Williams R. The computer-aided design and rapid prototyping fabrication of partial removable dental prosthesis frameworks. *Proc Inst Mech Eng H* 2005; 219: 195-202.
- 21) Sun J, Zhang FQ. The application of rapid prototyping in prosthodontics. *J Prosthodont* 2012; 21:641-644.
- 22) EOS CobaltChrome SP2 for EOSINT M 270 Material Data Sheet
- 23) (社)日本補綴歯科学会. 歯の欠損の補綴歯科診療ガイドライン2008.

著者連絡先：和田 誠大

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘1-8
 大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建
 学講座有床義歯補綴学・高齢者歯科学分野
 Tel: 06-6879-2956
 Fax: 06-6879-2957
 E-mail: masahiro@dent.osaka-u.ac.jp