

【第82回生涯教育講座】

インプラント治療最前線

せき ね じょう じ
関 根 浄 治キーワード：インプラント，歯牙欠損，即時荷重，
ガイドサージャリー，先進医療

要 旨

著者は1990年にインプラント治療を開始し，歯牙欠損症例のみならず口腔腫瘍切除後の患者さんのオーラルリハビリテーションにインプラントを積極的に用いてきた。インプラント手術はこの20年で大きな変化を遂げ，〈早期荷重〉と〈低侵襲手術〉が実現し，〈より安全〉に行われるようになった。

島根大学医学部附属病院では，2007年11月にインプラント義歯の先進医療の承認を得，現在インプラント手術件数は確実に増加している。

本稿では，これまでのインプラント治療を振り返るとともに，いま最も新しいインプラント治療について概説する。

1. はじめに

歯牙ならびに顎骨の欠損を再建することを目的に，インプラント (implant) を生体組織に代わる素材として用いる試みは決して新しいものではない。古くはAD 600～800年頃に，生体外の材料を顎骨内に埋入し機能させていたと思われる下顎骨が発見されている。その後も貝殻や鉱石，金属などが代用材料として用いられたが，長期間安定して機能するものはなかったようである¹⁾。

現在主流となっているものの原型は20世紀初頭のプラチナ合金製インプラントである。その後，

材料の改良が進められ1939年には，Venable と Stuck²⁾によりバイタリウム (コバルトクロム合金) インプラントが報告された。

我が国においては，1950年代の骨膜下インプラント，ブレードタイプインプラントの時代があったが，いずれも予後は芳しくなかった³⁾。その後，セラミックやハイドロキシアパタイトインプラントが開発され一般臨床家に広まったが，インプラントと骨の間に軟組織の介在を疑う症例が極めて多く見られた。

一方，スウェーデンのPer-Ingvar Brånemarkは，動物に埋入した純チタンと骨が結合することを偶然発見し，1965年に osseointegration の概念と口腔領域への応用を提唱した。これが近代インプラントの幕開けである。Brånemark はこの

Joji SEKINE

島根大学医学部歯科口腔外科学講座

連絡先：〒693-8501 出雲市塩冶町89-1

osseointegration を「生体に埋入された純チタンが周囲の骨組織と光学顕微鏡レベルで直接密着し、インプラントに加わった力が直接骨に伝導される状態」と定義し、このような状態を達成できるインプラントを骨結合型インプラントと名付けた⁴⁾。

Brånemark が開発したこのシステムは、現在40年以上の臨床実績を誇り、世界のスタンダードとなっている。著者自身も18年に渡って愛用している優れたシステムである⁵⁻⁹⁾。

2. インプラント基本術式

インプラントは支持連結装置（フィクスチャとアバットメント）と上部構造（補綴物）とからなる。まず、フィクスチャと呼ばれるインプラント体を顎骨内に埋入後、数ヶ月の治癒（非荷重安静）期間を設けて骨とインプラントの結合（osseointegration）を待つ。その後、アバットメントと

よばれる連結装置をねじ止めし、最終補綴物（義歯）を装着する（図1）。Brånemark システムでは、埋入したフィクスチャを一旦粘膜で覆い、osseointegration を確実に得る術式が特徴である。本術式は2回法インプラントと呼ばれ、荷重後も長期的に安定し極めて成功率が高い¹⁰⁾。なお、手術は通常局所麻酔下に行われ、抜歯程度の侵襲である。

3. これまでのインプラント治療の問題点

これまでのインプラント治療における問題点として、適応症の制限、長い治療期間（2回の手術侵襲）、高額な治療費等が挙げられる。具体的には、以下の通りである。

・適応症の制限

フィクスチャ埋入部位の骨量（顎骨の幅や高さ）が不足している場合には、骨移植をはじめとする骨造成手術が必要となる。著者はこれまでに骨移

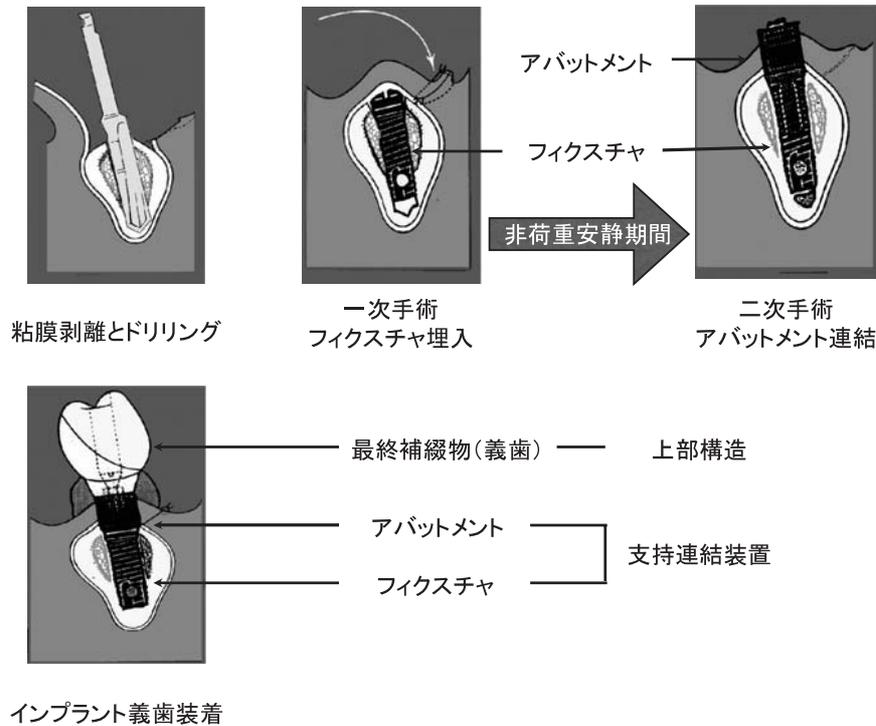


図1 2回法インプラントの術式

植術, 仮骨延長術, 下歯槽神経・血管束移動術, 上顎洞底挙上術等を積極的に併用し, 通法では埋入できない部位へのフィクスチャ埋入を可能にしてきたが, 患者さんへの手術侵襲は避けられないものがあつた¹¹⁾。

・治療期間

無歯顎患者さんの口腔機能回復にはインプラントが高次元の機能回復を約束するが, その基盤には Brånemark らが策定した厳密なプロトコルがある^{4,10)}。すなわち, フィクスチャを正しい術式で埋入し, 非荷重安静期間を設けることであつた。

インプラントの治癒期間中にオーバーロードが加わると, インプラント周囲の骨のリモデリングが行われず線維性結合組織が形成され, osseointegration が達成できないという科学的根拠がある¹²⁾。そこで, 下顎で3ヶ月, 上顎で6ヶ月の非荷重安静期間を設け, さらに患者さんは2回の手術を許容しなくてはならなかつた。

一方で, 純チタン製のオリジナル Brånemark フィクスチャは, その表面が機械研磨されていたため, 顎骨埋入後フィクスチャが骨と完全に integration するまでに数ヶ月を要した。従つて, 初回手術から義歯装着 (荷重開始) までに最低3ヶ月以上の期間が必要となり, この非荷重安静期間が患者さんにもっとも苦痛を強いる項目のひとつであつた。

・経済的負担

インプラント治療はすべて自費診療である。従つて, 骨造成併用症例や多数歯欠損症例では多額の費用が必要となる。また, 口腔腫瘍切除後のインプラント治療では, 患者さんへの経済的負担は計り知れないものがあつた。

4. 適応症の拡大・即時荷重の歴史的変遷とわれわれの戦略

長い治療期間, 2回の手術侵襲, 高額な治療費は歯を失った患者さんにとって有益ではない。これらの諸問題を解決するためには, 治療プロトコルの改変, すなわち1回法術式を確立し, 早期荷重・即時荷重を目指す必要があつた。

多くの研究者たちによって1回法と2回法の術式が検討されたが, 1回法によって埋入されたインプラントは, 周囲の骨密度, 辺縁骨の吸収に関して, Brånemark のオリジナルプロトコルに従つた2回法の術式と差がないことが証明された¹³⁾。また, 組織学的にもインプラント周囲の歯肉バリアである上皮および結合組織には, 1回法と2回法で変化がないことも示された¹⁴⁾。

これらの研究結果を踏まえて, 現在著者は既述のインプラント治療の3つの問題点を解決すべく, 以下の戦略でインプラント治療を行っている。

1) TiUnite™フィクスチャの使用

2000年に機械研磨仕上げの純チタン製フィクスチャに代わつて, 陽極酸化処理を施した TiUnite™フィクスチャが Brånemark インプラントのラインナップに加わつた。Brechtler ら¹⁵⁾は, 機械研磨仕上げのフィクスチャと比較して, 表面が粗造な TiUnite™フィクスチャはより強固な初期固定が得られ, さらに早期に骨結合することを報告した。また, フィクスチャのネジ山の形態にも工夫がなされ, 極めて高いトルクで初期固定が得られるようになった。

2) フィクスチャ埋入術式の改良

即時荷重には, 埋入したインプラントの確実な

初期固定が必要である。そこで、著者は特殊ドリルを超低速で用いて、やや細めに形成した部分にフィクスチャを埋入するアダプテーションテクニックを用いている。これによって、比較的軟らかい上顎骨においても、埋入当初からフィクスチャが安定し、即時荷重に耐えうることがわかった⁷⁾。

以上のようなフィクスチャの形態と術式の改良によって、非荷重期間を短縮あるいは設けずにインプラントの埋入当日に補綴物を装着できるようになった。現在、著者は TiUnite™ フィクスチャが 35 Ncm 以上のトルクで埋入されれば、即日アバットメントを連結し、仮歯まで装着するようにしている。

3) All-on-4 システムの導入

インプラントは1歯欠損から無歯顎症例まで幅広く適応される。かつては、歯牙の欠損本数と同数のフィクスチャが必要とされていたため、無歯顎患者さんへの経済的ならびに手術の負担は多大であった。近年、無歯顎の全顎補綴物を支持するのに最適なインプラント数は3~4本で十分であるという理論が提唱され、All-on-4のコンセプトへと変遷を遂げた。

All-on-4は、完全に歯を失った患者さんの上顎あるいは下顎に4本のフィクスチャを埋入して、片顎すべての歯を連結するシステムでポルトガルの Paulo Malo¹⁶⁾によって提唱されたものである(図2)。本術式によるメリットは、低侵襲手術と経済性である。さらに、次に述べるガイドサージャリーシステムの併用により、手術開始から1時間で義歯を装着できるいわゆる teeth in an hour が可能である。

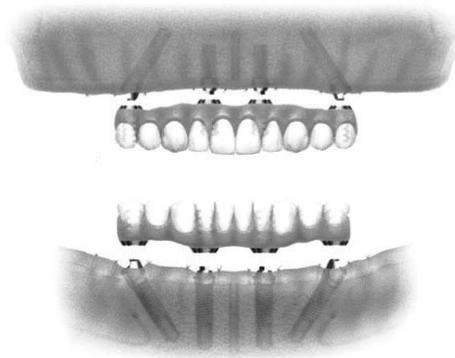


図2 All-on-4 の構造

上下顎とも4本のフィクスチャですべての歯を支持

(Nobel Biocare™ EDENTULOUS JAWS Dentists' Guideより引用)

4) NobelGuide™(ガイドサージャリーシステム)の導入

インプラント治療の診断技術は、CTの導入によってその正確性を増し、術前診査の段階でインプラントのサイズを的確に決定することで、安全な埋入手術を可能にしてきた。しかし、欠損歯牙が複数になると、事前に作製しておいた義歯を手術直後に口腔内で調整する必要がある。仮歯を準備する歯科技工士の負担は大きく、3本以上の歯牙欠損症例における即時荷重では義歯調整に時間を要していた。

そこで、これらの諸問題を解決する方法として術前に最終補綴物を作製・シミュレーションし、サージャカルガイドを用いて正確にインプラントを埋入する方法が開発された。CAD/CAMの活用によって2006年に我が国でも認可された NobelGuide™は、インプラント治療の診断から埋入手術、最終補綴物の作製までを総合的かつ確実にサポートするガイドサージャリーシステムである¹⁷⁾。NobelGuide™による治療のながれを図3に示す。

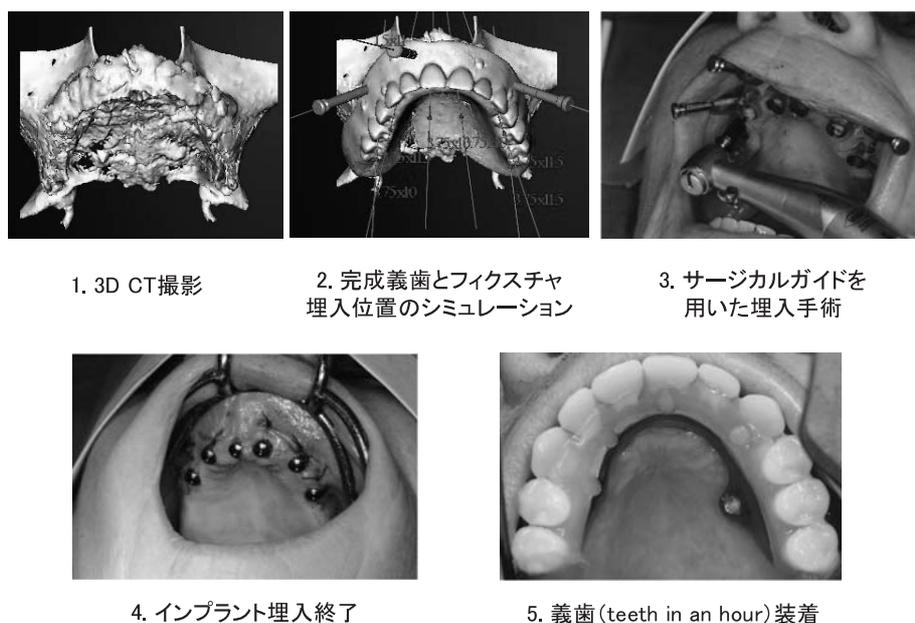


図3 NobelGuide™による術式
手術開始から1時間で義歯 (teeth in an hour) を装着

5) 低侵襲骨造成手術の開発と応用

All-on-4の導入により、骨移植を行うことなくインプラント義歯を装着できるようになった。しかし、骨吸収が進んだ上顎臼歯部へのインプラント治療は、解剖学的制約からインプラント手術が最も困難な部位である。そこで、上顎洞底を挙上してフィクスチャを埋入していたが、骨移植は避けられないのが現状であった¹⁸⁾。

著者は2006年9月より2007年5月までスウェーデンウメオ大学顎顔面口腔外科にて、Stefan Lundgren 教授と骨移植なしの極めて外科的侵襲の低い上顎洞底挙上術に関する臨床研究を行った。

通常の上顎洞底挙上術では、挙上した上顎洞粘膜と骨の間に骨移植を行うが、本法は挙上された空隙に血液のみを満たし、骨造成を図るものである。この機序として、空隙を満たした血餅はGTR (Guided Tissue Regeneration) 理論に基づく骨形成に必要なマトリックスとしての役割を果たすと考えられている¹⁹⁾。

現在ウメオ大学、島根大学医学部附属病院ならびに一部の医療機関では一定の基準を満たす症例に対して、移植材なしの上顎洞底挙上術が行われている^{11, 19, 20)}。

6) 先進医療の導入

インプラント治療はすべて自費診療である。多数歯欠損症例や骨移植症例では既述の通り必然的に高額となる。また、口腔腫瘍切除後のインプラント治療では、患者さんへの経済的負担は計り知れないものがあつた。

島根大学医学部附属病院では、2006年11月インプラント義歯の先進医療の承認を得たことにより、患者さんの経済的負担軽減に寄与している。

5. 口腔腫瘍切除後のインプラントによる口腔機能再建

口腔腫瘍切除後は、各種皮弁や骨移植により口腔の形態再建がなされる。著者がこれまで好んで

用いてきた軟組織再建材料は、大胸筋、前胸三角筋などの有茎皮弁、前腕皮弁などの遊離皮弁である。骨に関しては基本的には腸骨移植を行ってきたが、最近では腓骨も用いている。一方で、歯槽骨のみの水平欠損や比較的短い範囲の区域欠損症例では、仮骨延長術を行ってきた。また、極めて長いスパンの下顎骨欠損症例では、切除下顎骨を熱処理後に再植する方法も行っている²¹⁾。

かつて、一連の形態再建後に口腔本来の機能である<咬む>機能を取り戻すには難渋することが多かった。著者は1990年より口腔腫瘍切除後の患者さんにインプラントを用いたオーラルリハビリテーションを積極的に行ってきたが、インプラント治療は再建顎骨においてもさほど大きな問題は生じず、患者さんのQOLは格段に向上した^{5,9)}。

6. おわりに

これからのインプラント治療は<早期荷重>と<低侵襲手術>を目指し、<より安全・確実>に行われなくてはならない。著者は現在島根県医師会ならびに歯科医師会との連携のもと、島根県の皆さんによりよいインプラント治療を提供したいと考えている。

また、不幸にして口腔腫瘍や顎顔面外傷等で歯牙や顎骨を失った患者さんたちに対しインプラントを用いたオーラルリハビリテーションを積極的に行い、患者さんのQOLの向上に寄与したい所存である。

参 考 文 献

- 1) Andrews RR: Prehistoric crania from central America, *Int Dent J*, 14: 914-917, 1893
- 2) Venable CS, Stuck WG: Electrolysis controlling factor in use of metals in treating fractures, *JAMA*, 30: 726-727, 1939
- 3) Linkow LI: 口腔インプラント学, 医歯薬出版, 東京, 1979, 349-424
- 4) Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson T: Tissue integrated prosthesis: Osseointegration in clinical dentistry, Chicago, Quintessence Publ Co, 1985
- 5) 関根浄治, 井口次夫, 吉田眞一, 池田久住, 二宮秀則, 道津浩代, 成松雄治, 釜崎勢大, 佐野和生: 下顎歯槽堤の前胸三角筋皮弁 (DP フラップ) 被覆部を粘膜置換後インプラントを埋入した1例, *日本口腔インプラント学会誌*, 10: 328-331, 1997
- 6) Sekine J, Yoshida S, Ninomiya H, Ikeda H, Narimatsu Y, Kamasaki N, Dotsu H, Sano K, Inokuchi T: Application of dental implant as a part of reconstructive jaw surgery, *Proceeding of The 43rd Annual Meeting of The Japan Section*, 48, 1997
- 7) Sekine J, Sano K, Ikeda H, Inokuchi T: Rehabilitation by means of osseointegrated implants in oral cancer patients with about four to six years follow-up, *J Oral Rehabil*, 33: 170-174, 2006
- 8) Taira Y, Sekine J, Sawase T, Atsuta M: Implant-retained overdenture following hemiglossectomy: A 10-year clinical case report, *J Oral Rehabil*, 33: 313-315, 2006
- 9) Sekine J: Oral rehabilitation by means of osseointegrated implants in oral cancer patients, *Proceeding of The International College of Surgeons The 52nd Annual Meeting of The Japan Section*, 70, 2006
- 10) Brånemark PI: *The Osseointegration Book From Calvarium to Calcaneus*, Berlin, Quintessence Publ Co, 2005
- 11) 関根浄治: 移植材なしのサイナスリフトは可能か スウェーデンの最新情報, *口腔外科ハンドマニュアル'08*, クインテッセンス出版株式会社, 東京, 2008, 89-93

- 12) Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Ericsson AR: The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success, *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1: 11-25, 1986
- 13) Tarnow DP, Emtiaz S, Classi A: Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches; ten consecutive case reports with 1- to 5-year data, *Int J Oral Maxillofac Implants*, 12 : 319-324, 1997
- 14) Gotfredsen K, Rostrup E, Hjorting-Hansen E, Stoltze K, Budtz-Jorgensen E: Histological and histomorphometrical evaluation of tissue reactions adjacent to endosteal implants in monkeys, *Clin Oral Implants Res*, 2 : 30-37, 1991
- 15) Brechter M, Nilson H, Lundgren S: Oxidized titanium implants in reconstructive jaw surgery, *Clin Oral Implants Res*, 7 Suppl 2: S83-87, 2005
- 16) Malo P, Randgert B, Nobre M. All-on-4 immediate-function concept with Brånemark system implants for completely edentulous maxillae: a 1-year retrospective clinical study, *Clin Oral Implants Res*, 7 Suppl 1: S88-94, 2005
- 17) Marchack CB: An immediately loaded CAD/CAM-guided definitive prosthesis: a clinical report, *J Prosthet Dent*, 93 : 8-12, 2005
- 18) Tatum OH: Maxillary and sinus implant reconstructions, *Dent Clin North Am*, 30: 207-229, 1986
- 19) Lundgren S, Andersson S, Gualini F, Sennerby L: Bone reformation with sinus membrane elevation: A new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation, *Clin Oral Implants Res*, 6 : 165-173, 2004
- 20) Hatano N, Sennerby L, Lundgren S: Maxillary sinus augmentation using sinus membrane elevation and peripheral venous blood for implant-supported rehabilitation of the atrophic posterior maxilla: Case series, *Clin Oral Implants Res*, 9 : 150-155, 2007
- 21) Dotsu T, Inokuchi T, Hironaka R, Ikeda H, Ninomiya H, Sekine J: Experimental study on healing of bone implants treated by heating or freezing. *J Oral Med Pathol* 6: 43-50, 2001