

- 総説 -

デンタルインプラントの臨床

魚島 勝美^{1),2)}, 藤井 規孝^{1),2)}, 吉田 恵子²⁾, 長澤 麻沙子¹⁾¹⁾新潟大学医歯学総合病院歯科総合診療部²⁾新潟大学医歯学総合病院インプラント治療部

Dental Implant Clinics

Katsumi Uoshima^{1),2)}, Noritaka Fujii^{1),2)}, Keiko Yoshida²⁾ and Masako Nagasawa¹⁾

Niigata University Medical and Dental Hospital

¹⁾General Dentistry and Clinical Education Unit²⁾Oral Implant Clinic

キーワード：デンタルインプラント，臨床成績，インプラントの種類，インプラント治療部

はじめに

近年の純チタン製デンタルインプラントの臨床応用は、1960年代のブローネマルクから端を発する¹⁾。以来、様々な形状や表面性情を持つインプラントが開発され、現在ではスクリュタイプで、サンドブラストやエッチングによる疎な表面を持つインプラントが主流となっている。インプラントはその成功率が上がるにつれて、可撤性部分床義歯やブリッジと同様に、欠損補綴の一選択肢として認知されるに至っている。しかしながら、依然として原因不明の失敗は起こり得るし、単に欠損部の骨量や形態のみを根拠とする適用によって、その後の補綴に苦慮する症例があるなど、長い歴史を持つ前2者ほど確立された診断や適用方法があるわけではない。最近、歯科の専門分野ごとに診療ガイドラインの策定が行われているが、デンタルインプラントに関しては残念ながら未だまとめられていない。今後、多くの臨床研究や調査を通してガイドラインが策定されるものと期待するが、現状では個人単位もしくは施設単位で、経験則に基づいて治療が行われていることが多いのも否めない事実である。本稿では、新潟大学医歯学総合病院インプラント治療部における臨床例を交えながら、デンタルインプラントの臨床における現状と問題点、およびその対策についてまとめ、インプラント治療に関する方針決定の一助としたい。

1. デンタルインプラントの成功率

現在信頼性が高いとされているいずれのインプラント

も、比較的長期の生存率で90～95%との報告がほとんどであり、機械研磨面を有するインプラントやチタン合金製のインプラントを単独植立し始めた頃に比べると、格段に改善されていると言って良い。

(1) 種類による成功率の違い

本院インプラント治療部では現在Brånemark, Straumann, Replace, Ankylosの4種類のインプラントを正式に採用している。これらのインプラントの形状はそれぞれ異なるが、いずれも骨内に埋入してオッセオインテグレーションの獲得を期待する部分の表面は、サンドブラストやエッチングによる微細な凹凸構造を有している。現在では、世界中に55種類以上のインプラントが存在し²⁾、日本でも30種類以上が市販されていると思われる。しかしながら、文献的に治療成績が検討され、信頼性の高いインプラントはもちろん限られている。本院で採用している上記インプラントの信頼性は文献的には高く、他の信頼できるインプラントの成功率と大差は無い。Espositoらは、6種類のインプラントの5年経過予後を比較した結果、インプラントの本数ではなく、インプラントを適用した患者数ベースでは、インプラントの種類による成功率の差は無かったと報告している³⁾。同様にEckertらも、6種類のインプラント7,398本の5年経過予後を文献的に比較した結果、それぞれの成功率に差はなく、全体として96%であったとしている⁴⁾。

本院における使用インプラントの数には未だ大きな偏りがあり、上記4種類のインプラントの成功率を統計的に比較することはできないが、今後はこれら治療成績を

比較することが可能となるであろう。同一施設における異なる種類のインプラントに関する予後の比較はほとんどなされていない。Ozkan らは、自施設において用いた3種類のインプラント (Straumann, Camlog, Frialit) の予後を、63名を対象として調査し、いずれも3年経過後には差が無かったとしている⁵⁾。また、Astrand らは、Brånemark 73本とstraumann77本の3年経過症例において、生存率と骨レベルの調査をしたところ、両者に有意差が無かったとする同様の結果を報告している。しかしながら、機能後のインプラント周囲炎に関しては、Brånemark では1例も観察されなかったのに対し、straumann では7本に観察されたとしており⁶⁾、このことは我々の臨床でも注意すべきであろう。

従来は、インプラントの種類ごとにその成功率を競うかの如き報告が多かったが、今後は本院も含め、同様な調査が必要であろう。このことが、後述するインプラントの症例に応じた選択の基準策定に繋がるものと思われる。また、インプラントの治療成績に関する多施設における Randomized Controlled Trials (RCT) の報告数には世界的に見ても依然として限りがあり、今後は日本においてもこのような調査が必須である。

表面性状による違い

Stach らの調査によれば、インプラント適用部位の骨質が良い場合には機械研磨面をもつインプラントと微細な凹凸構造を持つインプラントの予後に有意差は無いとされている。また、機械研磨面が微細凹凸構造に比較して明らかに骨レベルの喪失と言う面で劣るというエビデンスは乏しく、同時に特定のインプラントの成功率が他に比較して優れていると言う証拠は見出せないとしている⁷⁾。一方、Esposito らは、インプラントの成功率としてはインプラントの種類による差はないとしながらも、3年以上経過症例においては微細な凹凸構造を持つインプラントの方がインプラント周囲炎の影響を受け易く、そのリスクは機械研磨面を持つインプラントに比較して20%高いとしている²⁾。

チタン表面にハイドロキシアパタイトをコーティングしたインプラントも存在し、当初は埋入初期の骨形成が良いとの理由で期待された。文献的にもその成績は決して悪くはないが⁸⁾、対象となるインプラント数が少なく、文献ごとに生存率や成功率にバラツキがあること、純チタン表面の改質によって、その表面での骨形成が充分に早くなったこと、などの理由で、現在は主流とは言えなくなっている。

インプラントの表面性状の違いが、生体の反応にどのように影響を及ぼすかについては多くの報告があるが、オッセオインテグレーション獲得のメカニズムについてはその詳細は明らかになっていない。基礎研究における遺伝子発現の変化を文献的にまとめた結果、各種表面に

おいて173種の遺伝子発現が上昇、84種が減少しているとの報告があるが⁹⁾、それらとオッセオインテグレーション獲得との体系的な関連付けは今後の研究を待つ必要がある。

1回法と2回法

患者の負担軽減や、咬合の早期回復へのニーズが高まる中、2回法のインプラントより、1回法のインプラントが歓迎されることは間違いない。しかしながら、両者の選択はデータに基づいて的確になされるべきである。Boioli らは、通常の条件で適切に埋入されたインプラントでは、1回法の方が初期のオッセオインテグレーション獲得には有利であるが、長期的にはその喪失に繋がりやすいと述べている。しかしながら、これはインプラントの適用方法の差と言うよりも、表面性状を含むインプラントのデザインによるところが大きいとも述べている¹⁰⁾。一方、Astrand らは、Straumann の失敗は機能後のインプラント周囲炎を原因としているのに対し、Brånemark では機能前に脱落したとしている⁶⁾。後者は対象としている症例数が少ないため、その信頼性は高くないが、今後の同様な臨床研究が待たれるところである。

Blanes らは、1回法のインプラントである Straumann インプラントの10年後の生存率は97.9%で、骨レベルの喪失は $-0.04 \pm 0.2\text{mm}$ であるとしており¹¹⁾、信頼性の高いインプラントを選択する限り、1回法と2回法とで差は無いのかもしれない。やはり、症例に応じたインプラントの選択が必要である。

インプラントのサイズ

インプラント埋入にあたり、埋入部位の骨量や骨形態との兼ね合いでインプラントのサイズ選択に迷うことが少なくない。ところが、連結の有無やインプラントの太さ、長さに関する明確な基準は示されていないのが現状である。著者等は、前述のようにオッセオインテグレーション破壊の咬合力閾値が不明である以上、可能な限り骨との接触面積、すなわちオッセオインテグレーションの成立を期待する面積が大きくなるような選択が安全であろうと考えている。

Bornstein らは径の太い (4.8mm) インプラントの3年経過後の予後を調査している。これによれば、調査できた140本のインプラントのうち、上顎臼歯部に埋入した1本がオッセオインテグレーション獲得に失敗したほかはすべて成功したとしている。上顎に用いたインプラントは下顎の約半分であったにもかかわらず、脱落したインプラントが上顎であったことには注意したい¹²⁾。

一方、Romeo らは径の細い (3.3mm) インプラントと通常の径 (4.1mm) のインプラントの1年から7年にわたる予後を調査している。その結果、両者の予後に有意差は無かったとしている。しかしながら、調査

対象となった330本のインプラントのうち、6本が脱落し、そのうち3本は細い径で単独植立されている点には注目すべきである。他は4.1mm単独植立が2本、4.1mm連結のものが1本であった¹³⁾。また、Arlinは長さの異なるStraumannインプラント630本の2年経過予後を報告している。脱落したインプラントは17本であったが、このうち6mmが2本、8mmが1本であったことから、6mmや8mmのインプラントの予後は、長いもののそれと比較して劣らないことを示している。ここでは3.3mmのインプラントは用いられていない¹⁴⁾。少なくとも4.1以上のインプラントを用いることにより、必ずしも長いインプラントが必要ではないことを示している。しかしながら、症例を選ぶこと、すなわち骨質や骨量を十分に検討することが重要であることは当然である。

(2) 骨質や骨量による成功率の違い

インプラントに咬合を付与した場合、咬合力を負担するのは言うまでも無く骨である。下顎に適用するインプラントは、そのネック部もしくはフィクスチャーの頬舌面で緻密骨に接する可能性があり、オッセオインテグレーション獲得後の咬合負担能力は比較的得られやすい。しかしながら、下顎においても骨の頬舌幅が大きくフィクスチャーが緻密骨に接しない場合、あるいは上顎骨においてはほとんどで、インプラントは海綿骨支持となる。このことは、海綿骨の量がインプラントの咬合負担能力に直接関連することを示すものであり、CTなどでインプラント適用部位の骨量を把握した上でインプラントの可否を決定することの重要性を示唆している。骨の量が少ない場合、近年の骨形成という点で優れた表面性状故に、オッセオインテグレーションの獲得そのものには問題が無くとも、長期的には容易にインプラント周囲の骨が破壊される可能性を考えるべきである。その際、単位面積当たりの骨量(すなわち埋入当初にインプラントに接する骨の面積)は3次元的なイメージで判断するより少ないことに注意が必要である¹⁵⁾。Stachらは、骨量が不足すると思われる部位に適用した機械研磨面を持つインプラントの生存率は、骨が多い部位では4年後に93.6%であったのに対し、88.2%と低いことを示している⁷⁾。一方、Bahatは660本のBrånemarkインプラントを対象に10年までの経過を追っているが、骨量や骨質はその成功率にあまり影響しないと述べている¹⁶⁾。機能開始後のオッセオインテグレーションの喪失メカニズムは明らかになっていないが、より条件の悪い機械研磨面で上記のような結果が出ているということは、微細構造を有するインプラント表面でも同様の現象が起きる可能性を示しており、オッセオインテグレーション喪失に繋がる咬合力の閾値が分かっている以上、より慎重に症例を検討すべきである。

メカニカルストレスと骨形成の関連については、動物実験等で明確に示されてはいるものの、そのメカニズムの詳細は不明である。今後の基礎的研究を待つべきであるが、骨量が少ない場合、インプラントがオッセオインテグレーションを獲得した後の、最適な咬合力の負荷方法については今後の研究を待ちたい。

(3) 上顎と下顎

上顎骨と下顎骨の構造的な違いについては言うまでもない。比較的厚い緻密骨に囲まれた下顎骨に対するインプラントは、インプラントのサイズを適切に選択することによって、頬舌側の緻密骨に保持させることが可能である。それに対して、上顎では表面に薄い緻密骨が存在するものの、そのほとんどが海綿骨であると言って差し支えない。文献的には上顎と下顎それぞれに適用したインプラントの生存率は変わらないとするものもある。しかしながら、これらのデータには好ましくないバイアスがかけられていると考えた方が良さそうである。実際、Buserらによれば、2359本のインプラントを対象にした調査では、8年後の成績で下顎が95%であったのに対し、上顎では87%と明らかな違いがある¹⁷⁾。さらにEspositoらによる文献調査では、上顎のインプラントの失敗は下顎の3倍に達するとしている¹⁸⁾。やはり、上顎に対するインプラントの適用に対しては、連結本数、インプラントサイズ等の面でより慎重に対応すべきであろう。

(4) 即時インプラント

上顎前歯部、いわゆる審美領域における抜歯即時インプラントへの要求はとくに海外で高いと言える。Espositoらの文献的調査によれば、抜歯後早期にインプラントを埋入することにより、患者の満足度は有意に高くなったが、インプラントそのものの成功率には有意差が無かったとされている¹⁹⁾。Dhanrajaniらは、抜歯即時埋入を含めた前歯部のインプラント成功率は5年後で93.8%であったと報告しており、その成績は文献的に決して悪くない²⁰⁾。またSchroppらは、抜歯10日後と3ヵ月後に埋入したインプラントの成績を比較し、両者に有意な差が無かったと報告している²¹⁾。抜歯適応となる歯には根尖に感染があることが多い。このような場合においても、適切な抗生剤の使用、洗浄、徹底した搔爬を行うことによって、失敗は25本中2本のみであったことから、抜歯即時埋入によっても大きな問題がないとの報告もある²²⁾。しかしながら、Chenらによれば、上顎前歯部における抜歯即時インプラントは、頬側歯肉の退縮を招きやすく、とくにインプラントが頬側寄りに埋入された場合には、この傾向が強くなるとしている²³⁾。いずれにしても、これら報告での調査対象期間が非常に短く、10年以上に及ぶものがほとんど無いのが現実である。したがって、これらの結果から拙速に抜歯即時イ

ンプラントの信頼性を導くことは危険であり、可能であれば抜歯後一定期間を置いてからインプラントを適用することが望ましいと思われる。

(5) 全身状態および口腔内の合併症とインプラント 歯周病との関連

Karoussis らによれば、軽度の慢性的歯周病の患者と健常者との間で、インプラントの短期および長期生存率に統計的な差は無い。しかしながら、インプラント周囲炎、骨レベルの喪失あるいはポケットの深さに関しては、歯周疾患罹患患者で有意に悪い傾向が示されている。重度の歯周疾患罹患患者においては、短期的予後はある程度期待できるが、長期予後に関しては疑問が残るとしているが、これらに関するデータの不足が指摘されている²⁴⁾。

ビスホスホネート投与との関連

ビスホスホネートは破骨細胞の抑制により骨吸収を抑制し、結果として骨粗鬆症などの骨代謝疾患に有効だとされている。実際、動物実験レベルでは、インプラントとの併用により、インプラント周囲の骨量を増加させることが報告されている²⁵⁾。しかしながら、2003年にビスホスホネート系薬剤の作用によると思われる顎骨壊死が報告されて以来²⁶⁾、ビスホスホネート系薬剤と顎骨壊死の関連が問題となっている。これに対して、2008年1月に社団法人日本口腔外科学会監修による「ビスホスホネート系薬剤と顎骨壊死」が発表された²⁷⁾。注射用製剤と経口製剤ではデータに大きな差があり、注射用製剤の使用者にはとくに注意が必要である。現在のところデータが少ないので確実ではないが、経口製剤の服用者における顎骨壊死の発生頻度は10万人年あたり1名未満である。これに対し、口腔外科学会では経口製剤服用者に対するインプラントの適用には、良好な口腔清掃状態の確保や糖尿病、ステロイド剤の服用など、局所的・全身的な注意が必要だとしている。

2003年以降、ビスホスホネート製剤と顎骨壊死の関連に関する報告は多くなされているが、インプラントの予後に関する報告は未だに少なく、インプラントに関連して顎骨壊死が生じた症例が数件報告されているのみである²⁸⁾。これらの報告における顎骨壊死は、非常に重篤であるというわけではない。Grant らは、ビスホスホネート服用患者115名に用いられた468本のインプラントの予後に関する調査をした結果、2本以外は成功しているとし、薬剤関連と思われる顎骨壊死は無かったとしている²⁹⁾。調査は1998年から2005年にかけてインプラント治療を受けた40歳以上の1,319名に対して行なわれており、現時点では最も大規模な調査報告であろう。より多くの患者を対象とした今後の調査が必要であるが、インプラント自体の成功率が95%程度であることを考えると、ビスホスホネート服用患者に対するインプラント適用に慎重になりすぎる必要はないのかもしれない。

い。実際、過去にはビスホスホネートを服用していることを知らずにインプラントを適用した症例が非常に多いと思われるからである。しかしながら、一度顎骨壊死を生じると、その後の処置が難しい可能性があることから、患者への説明を含めて慎重な対応が必要であることは当然である。

喫煙とインプラント

Bain らによる調査では、2,614本の機械研磨面インプラントと2,274本の粗面インプラントの予後を、喫煙者と非喫煙者とで比較した結果、双方のインプラント共に、喫煙の予後に与える影響は見出せなかったとしている³⁰⁾。しかしながら、Strietzel らによる文献調査では、同様に有意差が無いとする調査が数件報告されてはいるものの、やはり喫煙はインプラント失敗の危険因子となると結論付けている³¹⁾。さらに、Hinode らのように、とくに上顎に用いられたインプラントにおいて、喫煙がインプラント失敗に大きく影響しているとの報告もある³²⁾。いずれにしても、インプラント埋入に先立って患者に禁煙を勧める必要はありそうであるが、禁煙期間とインプラントの予後との関連性等、今後のさらなる研究を待つ必要はありそうである。

放射線治療とインプラント

本院インプラント治療部でも、顎顔面口腔領域の腫瘍等による広範な組織欠損に対する補綴治療を求められる症例が増加している。ここで問題となるのは放射線治療を行った患者に対するインプラント適用の可否である。Bodard らは平均60.5Gy照射後平均54ヶ月経過した患者に適用した68本のインプラントの予後を調査し、すべてが良好に経過していると述べている³³⁾。また、Schoen らは、放射線照射の有無はインプラントの予後に影響しないとしている³⁴⁾。しかしながら、照射後にできるだけ期間を空ける必要があること、骨などの条件を厳密に見極めることなど、高い診断能力が要求されることは間違いない。Cao らのように、放射線照射後のインプラントの成功率は65%に落ちるとの報告もあり³⁵⁾、どのような条件化でも放射線照射後のインプラントに問題が無いとは言えない。

(6) 埋入角度

インプラントの埋入角度に関する報告は少ないが、Capelli らはall on four もしくはall on six の症例65名、342本の40ヶ月までの予後を報告している。この場合、両側の遠心のインプラントは25度から35度傾けて埋入することから、咬合平面に対してほぼ垂直に用いる他の部位のインプラントと比較しているのである。18ヶ月以内に5本のインプラントが脱落したが、いずれも上顎で垂直に埋入されたものであったことから、インプラントの埋入角度は予後に影響しないとしている³⁶⁾。しかしながら、通常この遠心のインプラントは非常に長いも

のを用いること、基本的に即時負荷を与えることなどから、この結果を一般的なものとして受け入れるには無理がある。Sethi らは、3,101本のインプラントの調査から、角度付きアバットメント（～45度）を用いたものの成功率は98%程度と非常に良好で、咬合面に対して垂直に埋入されたインプラントの予後と変わらないと報告している³⁷⁾。

(7) 歯冠・インプラント比

歯冠/インプラントが大きくなると、咬合面にかかる応力がインプラントに及ぼす影響は大きくなる可能性が高い。したがって、対合歯との関係で歯冠/インプラントが大きくなってしまふ場合には、対合歯の咬合面を調整するか、埋入部位に骨増成を行なうことによりこれを改善してからインプラントを埋入することが多い。しかしながら、その必要は無いとの報告もある。Blanes らは、192本のStraumannインプラントを歯冠/インプラントの大きさによって3群に分け、予後の調査を報告している。それによると、歯冠/インプラントが大きくなると、インプラントの生存率は有意に下がるとされているが、歯冠/インプラントが2以上の群でも生存率が94%以上であったことから、このような適用に大きな問題が無いという可能性が示唆されている。連結の有無や遊離端ポンティックの存在はこれらの予後に影響せず、インプラント頸部の骨レベルの喪失も最小限であるという³⁸⁾。

2. デンタルインプラントの失敗

(1) 生物学的な原因による失敗

近年の純チタン製インプラントの成功率が非常に高いとは言え、その原因が分からない失敗があることも事実である。もちろん、失敗の原因と考えられる要素として、患者の全身疾患、喫煙、骨の質、骨移植、放射線、パラファンクション、術者の経験、外科的侵襲の程度、細菌感染など多くが挙げられているが³⁹⁾、個々の症例の正確な原因が特定できるわけではない。ただし、手袋表面のでんぷんが原因であると思われるインプラントのトラブルに関する報告もあり⁴⁰⁾、明らかに防げる失敗は避けなければならない。

インプラントの失敗は早期の失敗と咬合開始後の失敗に大きく分類される。早期の失敗とは埋入後、咬合開始前のオッセオインテグレーションの獲得失敗である。インプラント失敗の基準は様々であり、今後その基準が整備される必要がある。一般的にはインプラント周囲のエックス線透過像と臨床的な動揺を以って失敗が明確となるが、インプラント周囲炎の程度およびその進行具合と失敗との関連性は明確になっていない。早期の失敗の原因は骨量、骨質と密接に関連する外科的侵襲の程度がある閾値を超えることであると考えられているが、咬合開始後の失敗原因については不明である。なお、インプ

ラントの失敗は特定の患者に偏る傾向があるとの報告があることから、遺伝的な要因の可能性が示唆されている¹⁸⁾。

Esposito らはインプラントの種類による、失敗の時期的な特徴に関する文献考察も行なっている⁴¹⁾。これによれば、BrånemarkインプラントとStraumannを比較した場合、前者では早期の失敗が多いのに対し、後者では咬合開始後の失敗が多いとされている。

(2) 技術的な原因による失敗

インプラントの失敗には補綴物の破損、アバットメント連結部コンポーネントの破損、フィクスチャーの破損も含まれ、これらに関する報告もある。Berglundh らによる分析では、5年経過症例でどのようなインプラントの適用方法でも、フィクスチャーの破損は1%に満たない。しかしながら、補綴物の破損やアバットメント連結部コンポーネントの破損はこれより頻度が高く、とくにオーバードンチャーの場合に2%近くになるとしている⁴²⁾。

(3) インプラント周囲炎への対処

インプラント周囲炎が一度惹起されると、これを食い止めることは非常に難しいが、色々な方法が提案されている。Romeo らは外科的な搔爬単独よりも、同時に露出したインプラント表面を滑沢化する(implantoplasty)方が有効であるとしているし⁴³⁾、Schwarz らはBioOssとメンブレンの併用が有効であるとしている⁴⁴⁾。その他にも超音波スケーラーやレーザーによる清掃など様々であるが、Esposito らによる文献検索の結果では、それぞれの方法に効果という面で差がないとされている⁴⁵⁾。この問題についてもデータの不足に対する我々の努力が必要なようである。

3. 骨移植とデンタルインプラント

インプラントを適用しようとする部位の骨の高さや幅、量が不足する場合には、埋入に先立って骨を作る必要がある。この方法には大別してGBR、骨移植、生体材料移植の3種類が考えられるが、本稿ではこの中でとくに自家骨移植とインプラントについてまとめてみたい。Esposito らのCochrane 共同研究によれば、骨移植とその予後に関する信頼性の高い報告が非常に少なく、いずれもその予後に関するはっきりとした結論は出されていない。ただし、高度に吸収した下顎骨の高さを得るための骨移植は推奨できないようである⁴⁶⁾。

Zijderveld らは、自家骨による上顎洞底挙上後のインプラントの予後は良好で、1年後までの脱落は無かったとしているが、治療の対象を上顎洞底の既存骨の厚み4mm以上としている⁴⁷⁾。一方、Graziani らは文献検索の結果から、上顎洞底挙上後の成績は報告ごとに大きく異なっており、既存の上顎骨に適用したインプラントほど安定した成績が得られていないとしている⁴⁸⁾。また、

Del Fabbro らの調査によれば、自家骨による上顎洞底挙上後に用いられたインプラントの生存率は 87.7%と低く、生体材料を用いることにより、成績が向上するという。上顎洞への骨移植と同時にインプラントを埋入しても予後に差はないとしているが、ここでも、調査対象とし得る信頼性の高いデータが非常に少ないことには注意すべきであろう⁴⁹⁾。いずれの報告にも共通していることは、上顎洞底挙上後に適用するインプラントの表面は粗面の方が成績が良いということである。

4. デンタルインプラントの選択

前述の通り、現在本院では 4 種類のインプラントを使用している。どのような種類のインプラントをどのような症例に用いるのが良いかについては、ガイドラインが示されているわけではなく、現状では術者が決定せざるを得ない。通常個人レベルでは特定のインプラントシステムを使用することが多く、症例に応じたインプラントの使い分けは難しい。インプラントシステムの違いによって使用するパーツ、器具、フィクスチャーの長さや太さなどが微妙に異なり、多くの種類のインプラントを使いこなすよりは、特定のインプラントシステムに習熟することの方が容易だからである。また、既に述べた通り、信頼性が高いとされるインプラントシステムを選択する限り、その治療成績に大きな差はないとされていることもひとつの理由であろう。しかしながら、それぞれのインプラントには特徴があり、長所や欠点が混在しているため、著者等は症例に応じたインプラントの使い分けができることが望ましいと考えている。

(1) Brånemark

表面は TiUnit と呼ばれる粗面である。現在信頼性が高いとされるインプラントの中で最も長い歴史を持っている。基本的には 1 次手術でインプラントの上面を顎骨頂部とほぼ同じ高さに埋入し、2 次手術で粘膜を貫通するヒーリングキャップを装着する 2 回法インプラントである。インプラント軸面の上部には幅の狭い機械研磨面が存在し、この部分のオッセオインテグレーションは期待していない。したがって、骨量が少ないなど条件が比較的良くない症例で、顎堤頂部の緻密骨が薄いために初期固定に不安がある場合などに適している。図 1 は本システムを採用した症例である。下顎骨の高さ、幅共に充分であるが、頂部の緻密骨が薄く、この部分での初期固定はあまり期待できない。また、埋入後に広範な欠損に対して義歯を使わざるを得ないことから、1 回法のインプラントは選択することができないため、本システムを使用した。同じ 1 回法のインプラントとして Ankylos を使用する可能性も考えられるが、顎骨頂部よりインプラント上面を深く埋入した場合、初期固定は全く期待できなくなるために選択することはできない。

(2) Straumann

表面は SLA と呼ばれる粗面である。基本的には埋入当初にヒーリングキャップを装着して粘膜を貫通させるタイプの 1 回法インプラントである。患者にとっては 2 回の手術が必要ないことから、治療期間の短縮という意味でメリットが大きいと言える。図 2 は本システムを採用した症例である。下顎骨の高さ、幅共に充分であり、緻密骨の厚みは薄いものの、海綿骨の骨量が多い(密度が高い)。初期固定は充分得られると考えられ、どのようなシステムを使用しても予後に問題は無い。欠損形態から、治療期間に義歯を装着する必要が無いため、患者の負担が少ない本システムを使用した。

(3) Replace

表面は Brånemark システムと同じく TiUnite である。フィクスチャーとアパットメントの接合が三角形の嵌合部によって規定されることが大きな特徴で、このため補綴物の装着が容易であるという利点がある。システムも比較的単純で術者にとっては扱いやすいシステムであるといえる。しかしながら、接合部の三角形の頂点が頰側に向いていなければならないために、微妙な埋入深度の調整に苦慮することもある。選択基準は Brånemark シ



図 1 Brånemark システムのインプラントを適用した症例。下顎骨の高さ、幅共に充分であるが、頂部の緻密骨が薄く、この部分での初期固定はあまり期待できない。

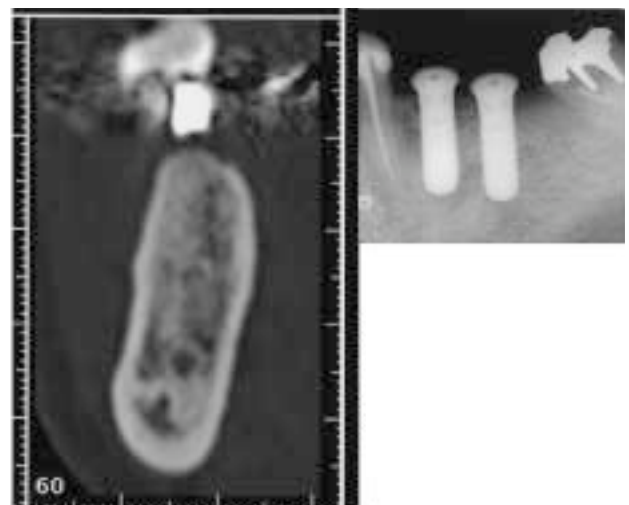


図 2 Straumann インプラントを適用した症例。下顎骨の高さ、幅共に充分であり、緻密骨の厚みは薄いものの、海綿骨の骨量が多い(密度が高い)。

ステムとほぼ同じであると考えて良いが、フィクスチャーの形態が両者では異なっており、本システムでは先端が細くなっていることから、骨の形態に制限がある場合には適用しやすい。

(4) Ankylos

表面は Gridblast と酸処理による粗面である。フィクスチャーとアバットメントは 6° のテーパ-接合によって固定され、フィクスチャーの上面の直径に対してアバットメントの頸部の直径が小さく、いわゆる platform switching のコンセプトが最大の特徴である。現在ではフィクスチャーの上面はすべて粗面となっており、顎骨頂部より約 1.5mm 深く埋入することにより、フィクスチャー上面の辺縁部に骨が形成され、周囲軟組織のマネージメントが非常にしやすいこと、隣接する天然歯との関係に余裕があることなど、利点が多い。とくに前歯部などの審美領域では、インプラント周囲の軟組織の安定が重要で、本システムの優位性が強調される。また、2 回法のインプラントの中でも、深い埋入により、治癒期間の義歯装着にとって有利である。図 3 は本システムを上顎前歯部に適用した症例である。海綿骨の量は充分にあり、骨頂部より約 1.5mm 深く埋入することによって、唇側歯肉の形態が保たれやすいことから、他のシステムに比較して長期の予後が期待できると考えられる。



図 3 Ankylos インプラントを上顎前歯部に適用した症例。骨幅が不足していたために、頬側に骨移植してある。海綿骨量は充分であり、深い埋入によって初期固定が損なわれることはないと判断した。

5. デンタルインプラントの咬合

(1) デンタルインプラントの咬合

咬頭嵌合位での咬合接触

デンタルインプラントの咬合に関するデータおよび科学的根拠の収集が今後の課題といわれるようになって数年が経過している。しかしながら、このテーマについては未だ解決をみていない。本項では僅かずつではあるが、これまでにまとめられた報告を参照しながら、若干の知見を交えつつその答えに迫ることを試みたい。

日本補綴歯科学会では 2002 年 5 月に東京で行われた第 107 回学術大会において、「インプラント補綴の咬合」というタイトルのメインシンポジウムを開催し、今後、

科学的な根拠を確立するとして当時の意見をとりまとめ、天然歯とインプラントが同一口腔内に混合して存在するケースについて以下のようなコンセンサスを得ている。

患者固有の咬合状態に従うように配慮する
インプラントに側方力をかけない

上部構造の咬合面は最大でも天然歯と同じ大きさまでとする

インプラントは咬頭嵌合位 (IP) で強く噛みしめた際に天然歯と同等の咬合接触が得られるようにする

天然歯とインプラントはブリッジ等で連結しない
歯ぎしり (bruxism), 食いしばり (clenching) 等の悪習癖が心配される場合にはナイトガードを使用する
定期的な咬合の確認を行う

インプラントの対合歯にも十分注意を払う

この時から 6 年を経た現在、～、～ については特に議論が分かれることはなさそうであるが、に関しては異なる見解も認められる。その理由については、例えば臼歯部欠損症例において咬合支持を得る目的でインプラントを適用した場合、インプラントに僅かに低位の咬合接触を与えると実質的にこの目的を果たすことができず、残存歯の負担過重を引き起こしてしまうこと、数ミクロン単位で正確に咬合調整を行うための繊細な技術や評価方法が要求されること等があげられている。Leckholm や末次, Lundgren らは、インプラントには周囲の天然歯と同等の咬合接触を与えず、やや低位にすることを提唱している⁵⁰⁻⁵²⁾。この考え方は、天然歯とインプラントの機能時動揺の違いやインプラントの骨結合に対する配慮に端を発しており、噛みしめ時に生じる数十ミクロンの差を無視できないとするものである。一方、Misch や高梨は、インプラントに天然歯と同等の咬合接触を与えることが顎口腔機能の保全につながるという見解を示しており^{53, 54)}、稲井らは実際にインプラントこのような咬合を付与して 2 年間経過を観察した結果、インプラントだけではなく対合歯にもまったく問題は認められなかったことを報告している⁵⁵⁾。稲井らはさらに、インプラントに低位咬合を与えた場合、下顎の偏位が生じ顎関節症を惹起する危険性があることやインプラント周囲骨の吸収量が大きくなることを指摘している^{56, 57)}。また、松谷らは、インプラントの咬合接触が咀嚼運動に与える影響を調査し、インプラントで咀嚼した際には上部構造の咬合接触が低位であっても天然歯と同等であっても duration の増加が認められるが、低位咬合を与えるとこれに加えて咀嚼リズムのばらつきが大きくなるという結果を示している⁵⁸⁾。著者らも臨床において、大白歯部にインプラントを適用し、天然歯と同等の咬合接触を与えた結果、小白歯の動揺が消失したケースを経験している。以上の見解を踏まえた上で総合的に判断する

と、中間欠損にインプラントを適用した場合にはインプラントの後方に位置する天然歯の感覚入力を妨げることがないようにわずかに低位にする、遊離端欠損に適用した場合には松下らも提唱しているように骨結合を良好な状態に保つために敢えてインプラントに低位咬合を付与する必要はないと考えられる⁵⁹⁾。

咬合様式

現在までのところ、インプラントの理想咬合を明確かつ詳細に記述した報告は数少ない。Kimらは、Mischらが提唱した implant protected occlusion の考え方にに基づき、インプラントの上部構造の種類によって相応しい咬合様式を解説している^{60,61)}。implant protected occlusion とは、インプラント体に加わる過剰な力を極力排除するというコンセプトのものであり、緩傾斜の咬頭や縮小された咬合面、咬頭嵌合位において wide centric を与えるなどインプラントの上部構造に特有の形態を提唱したものである。しかし、顎口腔系器官内において求められる機能に関していえば、天然歯と人工歯根であるインプラントに大きな違いはない。従って、ナソロジーによって確立された咬合理論をインプラントに応用することについては異論がないように思われる。保母らは、ナソロジーの理論をそのままインプラントに適用することはあり得ないと前置きした上で、天然歯列において確立された咬合理論をインプラントに応用の際の注意について述べている⁶²⁾。なかでも、下顎偏心運動時のガイドについて、前歯部領域にインプラント適用した場合には隣接する天然歯を含めたグループファンクション（アンテリアグループファンクション）を安全策として推奨するという見解を示していることは非常に興味深い。これは Kimらの考え方とも一致しており、歯根膜という鋭敏なセンサーを欠くインプラントからの入力がある程度神経筋機構に参与し、下顎運動の制御に貢献しているのかについてまったく解明されていない現状においては、前歯部領域に適用したインプラントに与える咬合様式として最も適当な方法であるといえる⁶⁰⁾。

さらに保母らは、犬歯の誘導様式が臼歯に与える影響についても言及している⁶²⁾。このことも側方力に対する抵抗が弱いとされるインプラントを臼歯部に適用した際に注意すべきである。犬歯誘導には下顎第一小臼歯の頬側咬頭頂が上顎犬歯の近心口蓋面と接触滑走する M 型と遠心口蓋面と接触する D 型の 2 種類があり、D 型では作業側の遠心偏位が生じるため、結果的にグライディングタイプの咀嚼サイクルに近づく。グライディングタイプの場合、咬頭は磨耗し、臼歯部での咬合は面接触となる。面接触は側方運動時に咬合干渉を起こしやすく、また干渉部位を特定しづらくさせるため、臼歯部インプラントにとっては大きな問題となる。Mischらは長さ 10mm 未満のいわゆるショートインプラント 338 本

を臼歯部に適用し、上部構造装着後 6 年間臨床的に問題がなかったことを報告し、その理由として mutually protected occlusion あるいは canine guidance occlusion を与えて生体力学的なストレスに配慮したことを強調している⁶³⁾。日本補綴歯科学会の 2002 年のシンポジウムにおいても、天然歯列に対して為害性のある咬合はインプラントに対しても同様であるとの意見が出されており、大白歯部のインプラントには原則として臼歯離開咬合 (disclusion)、それが難しい場合には機能時にインプラントの動揺を触知できるような過度な滑走や接触を避け、下顎運動に調和した咬合を与えるべきであると考えられる。

(2) 咬合力

インプラントを適用し、欠損を回復した部位において発揮される咬合力に関する報告は数少ないようである。

塩田らは、下顎片側遊離端欠損にインプラントを適用した症例についてデンタルプレスケールを用いて咬合力を測定し、インプラント部と天然歯部での咬合力はほぼ同等であること、遠心に位置するインプラントの方が大きな値を示す傾向があることを報告している⁶⁴⁾。中川らは、片側遊離端欠損症例について、部分床義歯とインプラントを用いた場合での咬合力を比較し、インプラント部での咬合力は天然歯に近く、部分床義歯の人工歯部よりも大きいこと、欠損修復前後で比べるとインプラントを適用した方が最後方に位置する天然歯の咬合負担率が軽減されることを示している⁶⁵⁾。土井らは、以上の報告を参考に遊離端欠損に適用したインプラントについて分析を行い、咬頭嵌合位における咬合接触が咬合力に与える影響を指摘している。すなわち、わずかに低位の咬合を与えたインプラントでは、最大噛みしめ時に明らかに残存歯部と比べて咬合力が低くなる反面、天然歯と同等の咬合接触を付与した場合には噛みしめ強度とインプラント部の咬合力には比例関係がみられるということである。彼らはこの結果より、インプラントに天然歯と同等の咬合接触を与えた場合、歯列上における咬合力分布は健康な有歯顎者の正常像に準ずるものになると考察している⁶⁶⁾。以上のことから、条件が揃えばインプラントの咬合力は天然歯と同等であり、場合によってはその分歯根膜感覚がないことに十分配慮しなければならないと考えることもできる。

(3) 咬合開始時期（即時荷重，早期荷重）と成功率

インプラントの適用を考えた際、インプラント埋入後の治癒期間中、しばしば欠損部に対してどのような処置を行うかが問題となる。欠損があっても咬合が安定しており、咀嚼機能にも大きな問題がみられないようなケースにおいては特別な加療はしないことが多い。しかしながら、比較的広範な部分欠損や無歯顎の場合には、インプラントを埋入した後の処置に苦慮することも少なくな

い。このため、1970年代の後半よりイミディエイトロード（即時荷重）と呼ばれる治療方法が脚光を浴びようになり、現在ではかなり豊富な臨床データを有するに至っている。次々と新しい技術や治療法が紹介され続けるインプラントに関しては珍しいことではないが、文献やインプラントシステムによってイミディエイトロードの定義が曖昧であるため、便宜上、ここではインプラント埋入から48時間以内に上部構造を装着したものを即時荷重、1週間以内に装着したものを早期荷重、数ヶ月後のものを通法として進行する。

Chiapascoらは、226名の患者に対してオトガイ孔間に4本のインプラントを埋入し、固定性の義歯を装着した後、2～13年の経過観察を行った結果を今から約10年前に報告している。そして、埋入した904本のインプラントのうち予後を追うことができたのは776本であり、そのうちの24本が失敗に終わったことから即時荷重は有用な方法であると結論付けている⁶⁷⁾。同様の報告は近年においてもみられ、5年間の予後を報告したFischerら⁶⁸⁾や2～10年の経過観察を行ったKinselら⁶⁹⁾に限らず、数多くの研究者が一様に即時荷重の安全性と確実性を示唆している。また、これらの報告で成功率が95%を下回るものはなく、resonance frequency analysisと呼ばれる高周波共鳴装置やペリオテストなどでインプラント体の動揺度を測定し、ポケットデプス(Pd)値やX線による診査を行った結果、臨床的に問題がみられないことを示しているものが多い。De Smetらは即時荷重、早期荷重、通法のそれぞれについて経過観察を行った結果、いずれの成功率にも有意差は認められないため、荷重開始の時期がインプラントの予後に与える影響はあまりないと結論付けている⁷⁰⁾。Romanosらは、下顎両側臼歯欠損に対して片側に即時荷重、反対側に通法に従ってインプラントを適用し、2年の経過観察を行った結果どちらにも特に問題は認められなかったと報告している。⁷¹⁾

即時荷重インプラントの成功には、Espositoら⁷²⁾が提唱しているようにインプラントの確実な初期固定が必須である。さらには、高剛性かつ高精度の上部構造を装着し、複数のインプラントを連結固定することがあげられる。インプラントの初期固定は埋入時の抵抗トルクによって測ることができる。Testoriらは、25本の即時荷重インプラントと27本の早期荷重インプラントを比較し、両者の成功率に大きな差はみられなかったと報告すると共に、インプラントに負荷をかける時期に関わらず埋入トルクが30Ncmを超えた場合にはインプラントを連結する必要はないことを示唆している⁷³⁾。

このように即時荷重や早期荷重に関しては数多くの予後調査が行われており、以前は命題とされていた比較的大きな部分欠損あるいは無歯顎患者に対するインプラ

ント治療の命題（インプラント治療期間の短縮）は解決されつつある。ただし、一方では即時荷重インプラントの場合、ネック部の骨吸収が若干大きくなることも上記を含む多くの研究者により指摘されている。これは臨床的に問題となるような程度はないとされているが、インプラントに即時荷重を与える際の咬合接触と同様、今後解決すべき課題の一つといえるであろう。

6. デンタルインプラントの連結と予後

(1) インプラント同士の連結

インプラントを複数本埋入する場合の連結について、その予後に関する報告は非常に少ない。オッセオインテグレーションの破壊に関する基礎研究がほとんど行われていないことも原因であろうが、臨床的にもインプラントの失敗と連結の状況が関連付けられていないことが、この問題に関する基準の提示が遅れている大きな原因であろう。

Naertらは下顎無歯顎患者36名のオトガイ孔間に埋入された2本のBrånemarkインプラントを、それぞれ単独で用いた場合と連結して用いた場合に分けて調査した。その結果両者の予後に有意差は無く、どちらも予知性の高い治療方法だとしている⁷⁴⁾。

(2) インプラントと天然歯の連結

例えば上顎の大臼歯が欠損していても小臼歯が健全な場合、第2大臼歯部に1本のインプラントを埋入し、小臼歯と連結してブリッジとすることができれば、患者にとってのメリットは大きい。しかし、咬合力に対する被圧変位量の違いから、天然歯とインプラントの連結に関しては疑問が持たれる。実際、有限要素法による分析の報告は多いが、これらによるとインプラント頸部への応力集中が示唆されている⁷⁵⁾。2001年のNaertらの報告では、123名の調査より、インプラントと天然歯の連結は明らかに各種トラブル、すなわち補綴物の破損、ねじの緩み、天然歯の沈下、インプラント頸部の骨吸収量などを増加させる傾向がある（統計的には有意差が無かったが）とされ、第1選択ではインプラントと天然歯は連結すべきではないとされている⁷⁶⁾。とくに半固定性の連結は天然歯の沈下を招くので注意が必要であるとし、このことは他の多くの報告でも指摘されている。一方、84補綴物について調査したNickenigらによれば、両者の連結によってもインプラントや天然歯の予後に変化は無く、若干のねじの緩みやセメントの流出が見られるものの、有効な治療方法であるとされている⁷⁷⁾。また、Krennmairらは22名の患者を対象に、テレスコープクラウンの支台歯として天然歯とインプラントを同時に使用した場合の予後を調査し、平均38ヶ月後においては、いずれにも大きな問題は起きていないとしている⁷⁸⁾。他にも同様の報告があるが、いずれにしても経過観察期間が短く、今後のデータの集積を待たないと天然歯 - イ

ンプラント連結の安全性については結論が出せない。

終わりに

本稿では、臨床的に問題となる項目を中心に文献を挙げて紹介した。しかしながら、一般的に欧米の文献で紹介されるデータを日本人に適用できるかどうかの検討は充分になされているとは言い難い。日々の臨床において遭遇する症例を見る限り、欧米に比べて骨の量や体積は少ないことが多く、これらデータをそのまま日本人に当てはめることには慎重になるべきである。海外とくに欧米の文献を妄信しがちであるので注意を喚起したい。また、現状では世界的に見ても臨床データが少なく、とくに日本人を対象とした大規模データの蓄積と解析が望まれる。

インプラントは補綴のオプションである。もはや特別な選択肢ではないといって差し支えない。つまり、可撤性義歯やブリッジの選択と同じように、一口腔単位の治療の中で適切に選択されるべきものである。インプラントの治療は身体的、精神的、経済的に負担の大きい治療であるが故に、「歯の欠損すなわちインプラントの可能性」といった短絡的な思考は、長期的には大きなトラブルとなりやすい。インプラントそのものの成績については本稿にまとめた通りであるが、それとは異なる次元で綿密な検討がなされるべきで治療方法である。

文 献

- 1) Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A: Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg*, 3: 81-100, 1969.
- 2) Esposito M, Murray-Curtis L, Grusovin MG, Coulthard P, Worthington HV: Interventions for replacing missing teeth: different types of dental implants. *Cochrane Database Syst Rev*, 4 : CD003815, 2007.
- 3) Esposito M, Grusovin MG, Coulthard P, Thomsen P, Worthington HV: A 5-year follow-up comparative analysis of the efficacy of various osseointegrated dental implant systems: a systematic review of randomized controlled clinical trials. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 20: 557-68, 2005.
- 4) Eckert SE, Choi YG, Sánchez AR, Koka S: Comparison of dental implant systems: quality of clinical evidence and prediction of 5 -year survival. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 20: 406-15, 2005.
- 5) Ozkan Y, Ozcan M, Akoglu B, Ucankale M, Kulak-Ozkan Y: Three-year treatment outcomes with three brands of implants placed in the posterior maxilla and mandible of partially edentulous patients. *J Prosthet Dent*, 97: 78-84, 2007.
- 6) Astrand P, Engquist B, Anzén B, Bergendal T, Hallman M, Karlsson U, Kvint S, Lysell L, Rundcranz T: A three-year follow-up report of a comparative study of ITI Dental Implants and Brånemark System implants in the treatment of the partially edentulous maxilla. *Clin Implant Dent Relat Res*, 6: 130-41, 2004.
- 7) Stach RM, Kohles SS: A meta-analysis examining the clinical survivability of machined-surfaced and osseotite implants in poor-quality bone. *Implant Dent*, 12: 87-96, 2003.
- 8) Lee JJ, Rouhfar L, Beirne OR: Survival of hydroxyapatite-coated implants: a meta-analytic review. *J Oral Maxillofac Surg*, 58: 1372-9, 2000,7.
- 9) Arcelli D, Palmieri A, Pezzetti F, Brunelli G, Zollino I, Carinci F: Genetic effects of a titanium surface on osteoblasts: a meta-analysis. *J Oral Sci*, 49: 299-309, 2007.
- 10) Boioli LT, Penaud J, Miller N: A meta-analytic, quantitative assessment of osseointegration establishment and evolution of submerged and non-submerged endosseous titanium oral implants. *Clin Oral Implants Res*, 12: 579-88, 2001.
- 11) Blanes RJ, Bernard JP, Blanes ZM, Belser UC: A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. I: Clinical and radiographic results. *Clin Oral Implants Res*, 18: 699-706, 2007.
- 12) Bornstein MM, Harnisch H, Lussi A, Buser D: Clinical performance of wide-body implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: results of a 3-year follow-up study in a referral clinic. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 22: 631-8, 2007.
- 13) Romeo E, Lops D, Amorfini L, Chiapasco M, Ghisolfi M, Vogel G: Clinical and radiographic evaluation of small-diameter (3.3-mm) implants followed for 1 - 7 years: a longitudinal study. *Clin Oral Implants Res*, 17: 139-48, 2006.

- 14) Arlin ML: Short dental implants as a treatment option: results from an observational study in a single private practice. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 21: 769-76, 2006.
- 15) 相川修二: 機能的負荷状態における apatite implant が周囲顎骨組織に及ぼす影響について. *口病誌*, 55: 381-436, 1988.
- 16) Bahat O: Brånemark system implants in the posterior maxilla: clinical study of 660 implants followed for 5 to 12 years. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 15: 646-53, 2000.
- 17) Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, Behneke A, Behneke N, Hirt HP, Belser UC, Lang NP: Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1 : 8 -year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res*, 8: 161-72, 1997.
- 18) Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P: Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *Eur J Oral Sci*, 106: 527-51, 1998.
- 19) Esposito MA, Koukoulopoulou A, Coulthard P, Worthington HV: Interventions for replacing missing teeth: dental implants in fresh extraction sockets (immediate, immediate-delayed and delayed implants). *Cochrane Database Syst Rev*, 4: CD005968. Review, 2006.
- 20) Dhanrajani PJ, Al-Rafee MA: Single-tooth implant restorations: a retrospective study. *Implant Dent*, 14: 125-30, 2005.
- 21) Schropp L, Kostopoulos L, Wenzel A, Isidor F: Clinical and radiographic performance of delayed-immediate single-tooth implant placement associated with peri-implant bone defects. A 2 -year prospective, controlled, randomized follow-up report. *J Clin Periodontol*, 32:480-7, 2005.
- 22) Lindeboom JA, Tjiook Y, Kroon FH: Immediate placement of implants in periapical infected sites: a prospective randomized study in 50 patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 101: 705-10, 2006.
- 23) Chen ST, Darby IB, Reynolds EC: A prospective clinical study of non-submerged immediate implants: clinical outcomes and esthetic results. *Clin Oral Implants Res*, 18: 552-62, 2007.
- 24) Karoussis IK, Kotsovilis S, Fourmoussis I: A comprehensive and critical review of dental implant prognosis in periodontally compromised partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res*, 18: 669-79, 2007.
- 25) Tokugawa Y, Shirota T, Ohno K, Yamaguchi A: Effects of bisphosphonate on bone reaction after placement of titanium implants in tibiae of ovariectomized rats. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 18: 66-74, 2003.
- 26) Marx RE: Pamidronate (Aredia) and zoledronate (Zometa) induced avascular necrosis of the jaws: a growing epidemic. *J Oral Maxillofac Surg*, 61: 1115-7, 2003.
- 27) 監修 社団法人日本口腔外科学会: ビスホスホネート系薬剤と顎骨壊死.
- 28) Wang HL, Weber D, McCauley LK: Effect of long-term oral bisphosphonates on implant wound healing: literature review and a case report. *J Periodontol*, 78: 584-94, 2007.
- 29) Grant BT, Amenedo C, Freeman K, Kraut RA: Outcomes of placing dental implants in patients taking oral bisphosphonates: a review of 115 cases. *J Oral Maxillofac Surg*, 66: 223-30, 2008.
- 30) Bain CA, Weng D, Meltzer A, Kohles SS, Stach RM: A meta-analysis evaluating the risk for implant failure in patients who smoke. *Compend Contin Educ Dent*, 23: 695-9, 702, 704 passim, quiz 708, 2002.
- 31) Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*, 34: 523-44, 2007.
- 32) Hinode D, Tanabe S, Yokoyama M, Fujisawa K, Yamauchi E, Miyamoto Y: Influence of smoking on osseointegrated implant failure: a meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*, 17: 473-8, 2006.
- 33) Bodard AG, Gourmet R, Lucas R, Bonnet E, Breton P: Dental implants in irradiated areas: a series of 33 patients. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*, 107: 137-42, discussion 143-4, 2006.
- 34) Schoen PJ, Raghoobar GM, Bouma J, Reintsema H, Burlage FR, Roodenburg JL, Vissink A: Prosthodontic rehabilitation of oral function in head-neck cancer patients with dental implants placed simultaneously during ablative tumour surgery: an assessment of treatment outcomes

- and quality of life. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 37: 8-16, 2008.
- 35) Cao Y, Weischer T: Comparison of maxillary implant-supported prosthesis in irradiated and non-irradiated patients. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*, 23: 209-12, 2003.
- 36) Capelli M, Zucchi F, Del Fabbro M, Testori T: Immediate rehabilitation of the completely edentulous jaw with fixed prostheses supported by either upright or tilted implants: a multicenter clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 22: 639-44, 2007.
- 37) Sethi A, Kaus T, Sochor P, Axmann-Krcmar D, Chanavaz M: Evolution of the concept of angulated abutments in implant dentistry: 14-year clinical data. *Implant Dent*, 11: 41-51, 2002.
- 38) Blanes RJ, Bernard JP, Blanes ZM, Belser UC: A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II: Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clin Oral Implants Res*, 18: 707-14, 2007.
- 39) Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P: Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (II). Etiopathogenesis. *Eur J Oral Sci*, 106: 721-64, 1998.
- 40) Nedir R, Bischof M, Pujol O, Houriet R, Samson J, Lombardi T: Starch-induced implant periapical lesion: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 22: 1001-6, 2007.
- 41) Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P: Failure patterns of four osseointegrated oral implant systems. *J Mater Sci Mater Med*, 8: 843-7, 1997.
- 42) Berglundh T, Persson L, Klinge B: A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *J Clin Periodontol*, 29 Suppl 3: 197-212, 2002.
- 43) Romeo E, Lops D, Chiapasco M, Ghisolfi M, Vogel G: Therapy of peri-implantitis with resective surgery. A 3-year clinical trial on rough screw-shaped oral implants. Part II: radiographic outcome. *Clin Oral Implants Res*, 18: 179-87, 2007.
- 44) Schwarz F, Sculean A, Bieling K, Ferrari D, Rothamel D, Becker J: Two-year clinical results following treatment of peri-implantitis lesions using a nanocrystalline hydroxyapatite or a natural bone mineral in combination with a collagen membrane. *J Clin Periodontol*, 35: 80-7, 2008.
- 45) Esposito M, Grusovin MG, Coulthard P, Worthington HV: Interventions for replacing missing teeth: treatment of perimplantitis. *Cochrane Database Syst Rev*, 3: CD004970, 2006.
- 46) Esposito M, Grusovin MG, Worthington HV, Coulthard P: Interventions for replacing missing teeth: bone augmentation techniques for dental implant treatment. *Cochrane Database Syst Rev*, 1: CD003607, 2006.
- 47) Zijdeveld SA, Zerbo IR, van den Bergh JP, Schulten EA, ten Bruggenkate CM: Maxillary sinus floor augmentation using a beta-tricalcium phosphate (Cerasorb) alone compared to autogenous bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 20: 432-40, 2005.
- 48) Graziani F, Donos N, Needleman I, Gabriele M, Tonetti M: Comparison of implant survival following sinus floor augmentation procedures with implants placed in pristine posterior maxillary bone: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*, 15: 677-82, 2004.
- 49) Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R: Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 24: 565-77, 2004.
- 50) Lekholm U: Clinical procedures for treatment with osseointegrated dental implants. *J Prosthet Dent*, 50: 116-120, 1983.
- 51) 末次恒夫: インプラントに必要な咬合の知識. 補綴臨床, 28: 335-344, 1995.
- 52) Lundgren D, Laurell L: Biomechanical aspects of fixed bridgework supported by natural teeth and endosseous implants. *Periodontology* 2000, 4: 23-30, 1994.
- 53) Misch CE: Occlusal considerations for implant-supported prostheses. *Contemporary Implants Dentistry* 1st ed Mosby-Year book Inc St. Louis: 705-733, 1993.
- 54) 高梨芳彰: 下顎臼歯部に適応された Osseointegrated Implant 症例の咀嚼能力の評価

- に関する研究. 歯科学報, 96: 783-809, 1996.
- 55) 稲井哲司, 坪井明人, 許 重人, 佐々木啓一: Osseointegrated Implant 上部構造の咬合に関する研究. 北大歯誌, 19: 78-79, 2000.
- 56) 稲井哲司, 許 重人, 坪井明人, 平松伸一, 榎戸明広, 久保田江美, 井村卓司, 鹿沼晶夫, 渡辺 誠: インプラント患者の顎関節症症例. 補綴誌, 42, 99 回特別号: 178, 1998.
- 57) 稲井哲司, 渡辺 誠, 坪井明人, 許 重人, 佐々木啓一, 幸地省子, 高橋 哲, 山口 泰: 口唇・口蓋裂患者の顎裂骨移植部へ応用した Osseointegrated Implant の臨床評価. 顎顔面補綴誌, 23: 134-135, 2000.
- 58) 松谷善雄, 田中昌博, 川添堯彬: インプラントの咬合接触高さが顎口腔機能に及ぼす影響 片側臼歯部症例について. 日口腔インプラント誌, 16: 18-31, 2003.
- 59) 松下恭之, 佐々木健一, 群 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.
- 60) Kim Y, Oh TJ, Misch CE, Wang HL: Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale. Clin Oral Implants Res, 16: 26-35, 2005.
- 61) Misch CE, Bides MW: Implant-protected occlusion. Int J Dent Symp, 2: 32-37, 1994.
- 62) 保母須弥也, 細山 愷: インプラントの咬合. クインテッセンス出版株式会社, 2006.
- 63) Misch CE, Steingra J, Barboza E, Misch-Dietsh F, Cianciola LJ, Kazor C: Short dental implants in posterior partial edentulism: a multicenter retrospective 6 -year case series study. J Periodontol, 77: 1340-1347, 2006.
- 64) 塩田 真, 大野真一: インプラント適応患者の咬合力測定. 口病誌, 64: 405-412, 1997.
- 65) 中川晃成, 木村欣史, 一瀬暢宏, 松岡建介, 西村賢二, 井原功一郎: インプラント補綴症例における咬合の評価 片側遊離端欠損症例におけるインプラント補綴物と部分床義歯の比較. 日口腔インプラント誌, 14: 287-292, 2001.
- 66) 土井直洋, 井上美香, 稲井哲司, 渡辺 誠, 佐々木啓一: 臼歯部遊離端欠損インプラント補綴症例の歯列上咬合力. 日口腔インプラント誌, 19: 466-477, 2006.
- 67) Chiapasco M, Gatti C, Rossi E, Haefliger W, Markwalder TH: Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading. Clin Oral Implants Res, 8: 48-57, 1997.
- 68) Fischer K, Stenberg T, Hedin M, Sennerby L: Five-year results from a randomized, controlled trial on early and delayed loading of implants supporting full-arch prosthesis in the edentulous maxilla. Clin Oral Implants Res, 2008 in print.
- 69) Kinsel RP, Liss M: Retrospective analysis of 56 edentulous dental arches restored with 344 single-stage implants using an immediate loading fixed provisional protocol: statistical predictors on implant failure. Int J Oral Maxillofac Implants, 22: 823-830, 2007.
- 70) De Smet E, Duyck J, Vander Sloten J, Jacobs R, Naert I: Timing of loading -immediate, early, or delayed- in the outcome of implants in the edentulous mandible: a prospective clinical trial. Int J Oral Maxillofac Implants, 22: 580-594, 2007.
- 71) Romanos GE, Nentwig GH: Immediate versus delayed functional loading of implants in the posterior mandible: a 2 -year prospective clinical study of 12 consecutive cases. Int J Periodontics Restorative Dent, 26: 459-469, 2006.
- 72) Esposito M, Grusovin MG, Willings M, Coulthard P, Worthington HV: Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants (Review). Cochrane Database Syst Rev, 1-25, 2007.
- 73) Testori T, Galli F, Capelli M, Zucchi F, Esposito M: Immediate nonocclusal versus early loading of dental implants in partially edentulous patients: 1 -year results from a multicenter, randomized controlled clinical trial. Int J Maxillofac Implants, 22: 815-822, 2007.
- 74) Naert I, Alsaadi G, van Steenberghe D, Quirynen M: A 10-year randomized clinical trial on the influence of splinted and unsplinted oral implants retaining mandibular overdentures: peri-implant outcome. Int J Oral Maxillofac Implants, 19: 695-702, 2004.
- 75) Gross M, Laufer BZ: Splinting osseointegrated implants and natural teeth in rehabilitation of partially edentulous patients. Part I: laboratory and clinical studies. J Oral Rehabil, 24: 863-70, 1997.
- 76) Naert IE, Duyck JA, Hosny MM, Van Steenberghe D: Freestanding and tooth-implant connected prostheses in the treatment of partially edentulous patients. Part I: An up to 15-years clinical evaluation. Clin Oral Implants

- Res, 12: 237-44, 2001.
- 77) Nickenig HJ, Schäfer C, Spiekermann H:
Survival and complication rates of combined
tooth-implant-supported fixed partial dentures.
Clin Oral Implants Res, 17: 506-11, 2006.
- 78) Krennmair G, Krainhöfner M, Waldenberger O,
Piehslinger E: Dental implants as strategic
supplementary abutments for implant-tooth-
supported telescopic crown-retained maxillary
dentures: a retrospective follow-up study for up
to 9 years. Int J Prosthodont, 20: 617-22, 2007.