総 説

磁性アタッチメントによる新しい磁気補綴学

田中 貴信 中村 好徳 星合 和基
石田 隆 長谷川信洋

Magnoprosthetics by using of a Magnetic Attachment

Yoshinobu Tanaka, Yoshinori Nakamura, Kazumoto Hoshiai,
Takashi Ishida and Nobuhiro Hasegawa

Abstract : In a comparatively short time, a magnetic attachment is a very popular prosthodontic procedure in Japan. So far, more than 800,000 magnetic attachments have been used by Japanese clinicians.

The reasons for the development of magnetic attachments and their success in gaining peoples' confidence are as follows :

1. Many Japanese dentists are very eager for better and new clinical systems.
2. The Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry (JSMAD) and other concerned persons have contributed to the conveyance of timely information to clinicians and patients.
3. Many Japanese enterprises are fond of magnets because of Japan's wide use of magnets and because of pioneers likes Professors Honda and Mishima who helped invent advanced magnetic steels such as KS and MK steel in the early 20th century.
4. The "Magfit" and the "Hicorex" have successfully met clinical demands of Japanese dentistry such as small size, perfect corrosion resistance and satisfactory retentive force.
5. Recently, most Japanese patients strongly desire to keep their original teeth even when they are badly affected with caries and/or periodontal disease. In these cases, a magnetic attachment is one of the best choices for conserving and utilizing them appropriately.

Key words : magnet, magnetic attachment, magnoprosthetics, magnotelescopic crown

I. はじめに

目に見えない力を発する天然の磁石は、古代中国や古代ギリシャの時代から、不思議な物体として人々の関心をそそってきた。現在では、その磁力もけっして魔法ではなく、すべて電気的な物理現象として解析されるようになり、磁気や磁石はわれわれの日常生活においても不可欠なものとなってきた。

この永久磁石のエネルギーを歯科臨床に応用しようとす

る試みは、すでに1950年代からいくつかの報告としてみられる。すなわち、顎骨内と義歯床に永久磁石を設置し、両者の吸引力で全部床義歯の維持、安定を求めた Behrman¹⁾ や、上下顎の全部床義歯床内に設置した一対の磁石の反発力を利用して、義歯を粘膜に圧接しようとした Freedman²⁾ 等の米国人の斬新な発想である。これらはその後一般的な術式として定着することはなかったが、1967年にやはり米国の Becker³⁾ が画期的な磁石材料として、希土類に属するサマリウムとコバルトとの新合金 (Sm-Co) を開発した。この小型で強力な磁力を発揮する Sm-Co 磁石は瞬く間に世界中に紹介されたが、この新素材にいち早く目をつけ、義歯の支台装置への応用という画期的な試行をしたのは、わが国の佐々木と木内⁴⁾ である。

愛知学院大学歯学部歯科補綴学第一講座 (主任: 田中貴信教授)
The First Department of Prosthodontics, School of Dentistry,
Aichi-Gakuin University (Chief: Prof. Yoshinobu Tanaka)

II. 磁性アタッチメントの概要

佐々木らの試みは確かにエポックメイキングなものであったが、新しい希土類磁石も実際に口腔内に適用してみると、さまざまな問題点が存在することが判明した。すなわち、それは確かに高性能な磁石ではあるが、支台歯上に適用可能な小さなサイズでは、せいぜい 200 gf 程度の吸引力しか得られず、義歯の支台装置としては機能的に不十分であることに加え、磁石そのものが容易に腐食、崩壊する素材であることなどである。そこで、臨床的に無理のない小さな形態で十分な機能力を発揮でき、しかも口腔内の過酷な環境でも耐える物理、化学的な安定性を備えた利用法が追求されるようになった。

まず吸引力の増強に関して、単に磁石そのものを利用するいわゆる開磁路の体裁から、磁力をより有効に活用する閉磁路の導入は、スリランカの Gillings⁵⁾により初めて具現された。彼の開発したものは臨床的な見地からは、まだまだ不十分なものであったが、閉磁路の採用は限られたサイズの磁石から最大限のエネルギーを引き出すために不可欠の手段であることを示唆した。こうして義歯の維持、安定に永久磁石を利用することの可能性がより現実味を帯びてきたが、もう 1 つの問題点である腐食に関する対応策は、その後さらに多くの関係者の努力と工夫を必要とした。

また同時に、このような義歯の維持に目的を限定し、さまざまな機構を付与した装置は、もはや単なる磁石と呼ぶのは妥当でなくなり、その後間もなく磁性アタッチメント (magnetic attachment) と呼ばれるようになった。

筆者らも長年にわたり、さまざまな構造や材料について試行錯誤を重ねながら、実用性を備えた磁性アタッチメントの開発に取り組んできたが⁶⁾、1988 年にレーザー溶接を導入し、腐食しやすい磁石本体を特殊な磁性ステンレス鋼で外界から完全に隔離することにより、厳しい臨床環境においても十分な安全性と有用性を備えた磁性アタッチメントを開発した⁷⁻¹⁰⁾。その後間もなく、別な構造を有した磁性アタッチメントも紹介され¹¹⁾、わが国でも複数の国産磁性アタッチメントが利用できるようになった (図 1, 2)。

筆者らは、引き続いてこの新しい臨床用具を安全かつ有

効に利用するために、その基本的な臨床術式の確立に努め、われわれ自身の臨床実績に基づいて、磁性アタッチメントの功罪を詳細に紹介した¹²⁻¹⁴⁾。その結果、この新しい臨床システムは比較的短時間でわが国の臨床現場に定着した。

海外、特に米国においては、1980 年代に一時磁性アタッチメントが脚光を浴びたが、当時のアタッチメントは性能、品質ともに不十分で、特に防錆対策に欠陥のある物がほとんどであった。そのため、臨床的トラブルが多発し、臨床家の多くが背を向けたとのことである。しかし、最近ではそれらの問題点を改良した製品も登場し、改めてユニークな支台装置として注目されている。

III. 磁性アタッチメントの特徴

1. 基本構造

さまざまな試行錯誤の末に誕生した磁性アタッチメントは、現在商品化されているものすべてにおいて、その構成要素は同一である。すなわち、永久磁石本体 (最近ではほとんどの製品において、Sm-Co 磁石よりさらに強力な Ne-Fe-B 合金、すなわちネオジム磁石が採用されている) を内蔵した磁石構造体 (magnetic assembly) とこれに吸着する磁性ステンレス鋼板のキーパー (keeper) である。

2. 臨床的利点

磁性アタッチメントは、従来の摩擦力を基調とした機械的支台装置と比較して、以下に示すように、臨床的にいくつかの重要な特長を備えている¹²⁻¹⁴⁾。

- ① 長期的に安定した機能を発揮する
- ② 義歯に加わった過大な荷重の支台歯への直接的伝達を避けることが可能である
- ③ 支台歯の能力に応じた負担配分が図れる
- ④ 臨床操作が簡便である
- ⑤ 完成義歯の審美性が優れている
- ⑥ 患者自身による取り扱いが容易である
- ⑦ 多様な症例に適用できる
- ⑧ 旧義歯から新義歯へとアタッチメントの再利用が可能である

図 1 Magnetic attachment "MAGFIT"
磁性アタッチメント「マグフィット®」

図 2 Magnetic attachment "HICOREX"
磁性アタッチメント「ハイコレックス®」

3. 磁性アタッチメントの力学的考察

本稿では本特集の趣旨に準じ、これらのなかから特に磁性アタッチメント義歯の維持・支持・安定に関与する項目、すなわち前項の①～③に関する具体的様相と臨床的意義について解説する。

1) 磁気力の安定性

磁石のエネルギーの根源は、物質を構成している原子の電氣的な磁力の方向を揃えたものであり、重力と同じように位置エネルギーであるため、基本的にはその使用に伴って消耗するものではない。現実には原子の配列が乱れることで、物体としての磁力が減衰する減磁と呼ばれる現象は起こりうるが、希土類磁石はこの乱れに抵抗する保持力が特に優れた材料であるため、この種の永久磁石においては、通常環境での磁力の低下は生じないことが確認されている。

このことは、支台装置としての磁性アタッチメントの重要な特性の1つとなる。すなわち、従来の機械的支台装置の多くは、機能部分の摩耗、破折、疲労、変形等により、順次機能力が低下することが知られている¹⁵⁾。これに対して、磁性アタッチメントの機能力に関しては長期的な安定性が保証されるということである。

2) 磁性アタッチメントの機能時の動態

磁石の吸引力および反発力の実態は若干複雑である。すなわち、たとえ均一な材料のなかでも磁力の分布そのものが複雑な勾配を有し、また、それが磁石やキーパーの形態と相互的位置関係に大きく依存するためである。永久磁石をエネルギー源とする磁性アタッチメントもまた、これに準じた力系を示すことになる。

中村¹⁶⁾は磁性アタッチメント「マグフィット」について、有限要素法を用いた磁場解析により、磁石構造体のキーパーに対するさまざまな位置関係と両者の間に発現する吸引力について詳細に検討した。その結果、これまで諸説あった、磁石構造体がキーパーに対して平行を保ちながら斜め方向に離開する場合や、アタッチメントの一端を支点として傾斜しながら離れる場合などの吸引力の動態も初めて明らかにされた。それらの解析結果やさまざまな実測値から、磁性アタッチメントの複雑な力学的動態も、最近ではその実態がほぼ解明されたといえる。

(1) 垂直的吸引力

アタッチメントの垂直方向での吸引力は、基本的には磁石からの距離の二乗に反比例するといわれるが、実際に製品化されたアタッチメントに関する解析および実測によると、「マグフィット EX 600」を例とすれば、 $Y=23449X^2-6609.9X+603.8$ (Y : 吸引力 gf, X : 距離 mm) で近似される関係となる (図 3)。

いずれにしろ臨床的に、磁性アタッチメントは磁石構造体とキーパーとが密着したときに初めて所定の維持力を発揮し、両者の間に磁氣的な空隙が存在するとその吸引力は

図 3 Attractive force dependence on the air-gap; "MAGFIT EX 600"
「マグフィット EX 600」の磁石構造体とキーパーとの垂直空隙と吸引力の関係

急速に減衰することである。例えば、わずか 0.05 mm の空隙で吸引力は約 1/2 となる。これは慎重な臨床的操作が必要であることを意味し、また、義歯の動揺によりアタッチメント部が離開すると、その維持力も急減するため、アタッチメント部での復元力は弱いということになる。

これについての臨床的評価は容易でないが、不十分な復元力は単に義歯の安定性を求める観点からは短所である反面、アタッチメント部がわずかに離開した時点で、支台歯との力関係が喪失することは、義歯の着脱の際、支台歯に非機能的な荷重が加わる機会が減少するため、利点といえる。これはコーヌスクローネの力系に準ずるものと考えられる^{17,18)}。

(2) 側方荷重に対する特性

支台装置の把持力として表現される、義歯の側方動揺に対する抵抗力は、磁性アタッチメントの基本構造による影響を受けるため、一般論では示しにくい。仮に摩擦力を無視して磁性アタッチメントのみについていえば、原点付近での側方滑走に対する抵抗力の理論値は零である¹⁶⁾。摩擦力も加えた「マグフィット EX 600」の実測値は約 60 gf である (図 4)。

いずれにしろ、磁性アタッチメントの側方荷重に対する抵抗力はきわめて小さいものである。支台歯に対する側方力や回転力は、従来より歯周組織の破壊を惹起しやすいものとされるが、この点に関する磁性アタッチメントの力系はきわめて望ましいものであるといえる。すなわち、垂直的な維持力は保ちながら、為害作用を伴う非機能的な側方力や回転力を直接支台歯に伝達しにくいということである。この「歯に優しい」という特性は磁性アタッチメントに関するきわめて重要な利点の1つである。

図4 Resistivity to lateral displacement
水平変位時の抵抗力

図6 The completed keeper copings cemented on the abutment teeth
下顎両側犬歯にキーパー根面板をセメント合着したところ

図5 Pre-operative intra oral view (case 1)
術前口腔内所見 (症例1)

図7 Tissue side view of the completed magnetic overdenture
完成した磁性アタッチメントオーバーデンチャーの粘膜面観

IV. 臨床操作における基本概念

臨床経験的に、磁性アタッチメントはコンプリートオーバーデンチャー、部分床義歯、インプラント義歯、顎義歯等、症例によっては有髄歯をも支台歯に含めた、多様な利用が可能であるが、基本的には前項で示したように、歯根膜負担能力が限定された、いわゆる少数残存歯症例に特に有用であるといえる。

以下に臨床例を供覧しながら、筆者らの磁性アタッチメント義歯の設計方針の要点を述べる。磁性アタッチメント義歯製作に関する基本術式は、その臨床手順から、次の3種に分類される¹²⁾。

- ① キーパー先行法
- ② 義歯先行法
- ③ 並行法
- 1) 粘膜負担を重視した利用法

まず磁性アタッチメントの適応症の典型的な症例と考えられる、少数残存歯例でのオーバーデンチャーの実例を示すが、本症例 (症例1) は上記の手順のなかで最も簡便か

つ一般的である、キーパー先行法によって製作されたものである。この術式では、まず支台歯のすべてに、順次キーパー根面板を製作してセメント合着した後に、義歯本体を完成し、最後にその義歯床中に磁石構造体を、金属接着剤を用いて常温重合レジンにて合着する (図5~8)。現在の術式では、キーパーを根面板に鑄接する方法を採っているが、鑄造操作時の加熱により、磁性ステンレス鋼製のキーパーが酸化することから、より安全な方法として、いずれ別途な術式の開発が必要であろう。

先に触れたような、力学的特性を備えた磁性アタッチメントを組み込んだ義歯が、口腔内でいかなる動態を示すかについては、現在未だ明確なデータがないが、ここに示したような比較的単純な形状の義歯では、ある部分の推測は可能である。すなわち、犬歯にのみ磁性アタッチメントを適用した遊離端義歯についてみると、荷重時には義歯遠心部が沈下して、支台歯遠心部付近を支点とした回転変位が生ずるものと考えられる。つまり、機能時の大きな荷重に磁性アタッチメントは抵抗できずに、磁石構造体はキーパーから離開する。荷重が除かれると、粘膜の圧力と磁性アタッチメントの吸引力によって義歯は元の位置に戻る。

図 8 The denture is set in the mouth
口腔内装着

図 9 Schematic illustration showing the minimal separation of the magnetic attachment even when the distal portion of the free-end denture is pressed down
遊離端義歯の遠心部沈下時に、磁性アタッチメント部の離開を算出した模式図。義歯床遠心部が $300\ \mu\text{m}$ 沈下しても、アタッチメントの離開は $38\ \mu\text{m}$ とわずかである

しかし、例えば遠心部の沈下をおよそ $300\ \mu\text{m}$ とするならば、アタッチメント部の離開は約 $40\ \mu\text{m}$ とわずかな量であり (図 9)、他の種類の支台装置を備えた義歯に比べ、特に大きな垂直的動揺が惹起されるわけではない。

義歯の水平的動揺に関しては、キーパー根面板の側壁部をリリースすることで、支台歯の負担軽減が可能となる (図 10)。この場合には、機能力を受けた義歯は、顎堤側面の粘膜の被圧変位量に相当する側方移動を生ずることになろう。支台歯への過度な荷重を避けるという考え方は、このように義歯の動揺はある程度是認することになる。

2) 積極的利用法

磁性アタッチメントは、支台歯に無理のかからない力系を有していることを強調してきた。しかし、臨床例は多様であり、残存歯の負担能力もそれなりに期待できる場合も少なくない。このような症例においては、同じ磁性アタッチメントをより積極的に活用して義歯の機能性を高めることも可能である。

図 10 The side wall should be free from a denture base to release an abutment from the deteriorative lateral and/or rotational stress
支台歯への側方荷重を解放するには、キーパー根面板側面に当たる義歯床 (矢印部分) をリリースする

図 11 Schematic illustration of a Magnotelescopic Crown (MT crown)
二重金冠の把持力と磁性アタッチメントの維持力を組み合わせた Magnotelescopic crown (MT 冠) の構造を示す模式図

その具体的方策についてはすでに報告しているが^{13,14,19)}、その代表的なものが Magnotelescopic crown (MT 冠) である。これはいわゆるコーヌスクローネのように、外冠と内冠を有した構造であるが (図 11)、その両者の境界部に磁性アタッチメントを介在させたものである。このシステムのコーヌスクローネと根本的に異なる点は、後者が摩擦力による維持力を利用するのに対して、前者はそれを長期的に安定した機能を発揮する磁性アタッチメントの吸引力に期待することである。そのため、MT 冠では極端に精密な技工操作を必要としないばかりか、経

図 12 Pre-operative intra oral view (case 2)
術前口腔内所見 (症例 2)

図 15 The completed denture is in place
完成義歯の口腔内装着

図 13 The Magnotelescopic crowns are cemented on three abutment teeth
MT 冠を装着した支台歯

図 16 Pre-operative intra oral view with the existing denture (case 3)
旧義歯とともに示した術前口腔内所見 (症例 3)

図 14 Outer portions of the MT crowns. Magnetic assemblies are fixed in them intraorally with the resin cement
義歯に設置された MT 冠の外冠部の内面、磁石構造体はレジンセメントにて最終的に口腔内で着着する

時的な維持力の低下も発現しない。

比較的骨植状態の良好な残存歯にこの方式を適用することにより、機能時の側方動揺を押さえた義歯の設計が可能となる (症例 2: 図 12~15)。もちろん、この場合には義歯に加わる側方力や回転力も支台歯に伝達されることにな

り、「歯に優しい」維持装置ではない。支台歯がそれらの負担に十分耐えうるであろうという、術者の判断によって選択されることになる。

3) 各支台歯の負担能力に応じた設計

これらの考え方を組み合わせて、個々の支台歯の負担能力に応じた機構を付与することで、単独の補綴物のなかに多様な様式で磁性アタッチメントを利用することも可能となる。

本症例 (症例 3) では、中等度の動揺がみられた下顎左側第一、第二大臼歯に、可及的に低く平らな「歯に優しい」キーパー根面板を設計し、それらに隣接する第二小臼歯には、無髄歯ながら骨植が良好なため、把持機能も有した MT 冠を適用した。反対側は遊離端欠損であるため、有髄歯の右側犬歯と第一小臼歯とを連結固定し、その遠心部に歯冠外アタッチメントの形態¹²⁻¹⁴⁾で磁性アタッチメントを設置した。

このようにして、完成義歯は支台歯の保護と義歯の機能を可及的に追求した合理的な形状となる (図 16~22)。

図 17 Pre-operative panoramic radiography
術前パノラマX線写真

図 18 The keeper copings are already set on the molars and the MT crown is ready on the second premolar. The specific accessory : Housing Patterns are fixed on the molar coping area

左側臼歯部で、すでに支台歯に合着された大白歯部のキーパー根面板と第二小白歯に調整中のMT冠の内冠部、大白歯部にみえるのは、仮着されたハウジングパターン¹²⁾

図 19 Left side retainers of the denture
同部に対応する外冠部

図 20 On the right, canine and first premolar were splinted with metal crowns and the extra-coronal type keeper is modified at their distal portion

右側では支台歯を連結冠で補強し、その遠心部に歯冠外アタッチメントとしてキーパーのテーブルを作製

図 21 Right side retainer of the denture. The additional mesial rests should be noticed

同部に対応する義歯部、小白歯近心部には補助的な近心レストを付与した

図 22 Occlusal view of the completed denture
完成義歯の咬合面観

V. 術後経過

磁性アタッチメントがわが国で紹介されてからおよそ7

年が経過したが、1つの臨床システムとして評価するには、未だ十分な期間とはいえない。筆者らの手許の臨床実績としても、その具体的データは限られている。

磁性アタッチメント「マグフィット」に関する臨床使用

図 23 Abutment distribution for magnetic attachments
「マグフィット」の歯種別使用個数

図 24 Magnetic attachments per denture base
「マグフィット」の1床あたりの使用個数

図 26 Intra oral view of after eight years
義歯装着後8年経過した口腔内所見

図 27 Radiographic view of the abutments after eight years
義歯装着後8年経過した支台歯X線所見

図 25 Post-operative dental radiography of lower canines
(case 4)
支台歯の術直後X線写真, 下顎両側犬歯 (症例4)

状態は、支台歯の歯種およびそれぞれの義歯への使用個数として示せば図 23, 24 の通りである²⁰⁾。上下顎とも犬歯、小白歯への利用が多いことがわかる。また、最も小さな歯である下顎の切歯や上下顎の第三大臼歯への利用実績は注目し得るものと考えられる。さらに、1床あたりの平均利用個数は約 1.6 個であるが、これはクラスプなど既存の支台

装置との併用が大部を占めている結果であろうと推察する。磁性アタッチメントは方向性の制限がほとんどないため、どのような支台装置との併用も可能であることも、臨床的利点の1つである。しかし、着脱の容易さ、力学的動態等の、磁性アタッチメント本来の特性を十分発揮させるためには、やはり磁性アタッチメントのみを支台装置とした義歯であることが望ましい。

臨床評価において、装着後長期間を経過した症例での所見は特に大切であるが、それについても一般的に断定するにはまだ、われわれの症例数は限られている。ここではその代表的な所見として、2 症例のみを供覧する。

症例 4 は、下顎の両側犬歯に磁性アタッチメントを適用したオーバーデンチャーである。術直後の支台歯の条件は必ずしも十分なものではなかったが、義歯装着後約 8 年を経過した現在でも、両支台歯および義歯は正常に機能している (図 25~28)。

症例 5 は、前歯部に歯冠補綴処置を施し、右側の第一小白歯と左側第二小白歯に磁性アタッチメントを適用した下顎の両側遊離端義歯である。それぞれの隣在歯には、把持効果を求めて間接維持装置としてのレストを付与した。術

図 28 Tissue side view of the completed denture with two magnetic attachments in the premolar region (case 5)
完成義歯粘膜面観, 小臼歯部に 2 個の磁性アタッチメントを適用 (症例 5)

図 29 Radiographic view of the left first premolar at right before preparation
支台歯形成直前の左側第一小臼歯 X 線所見

前に特に大きな根尖病巣を有していた右側第一小臼歯であったが、術後約 3 年を経過した時点で、大幅な骨の改造がみられた (図 29, 30)。

限られた数の実例ではあるが、これらは磁性アタッチメントの「歯に優しい」という特長を裏づける臨床所見の一例として評価できるものと考え。

VI. おわりに

クラスプやコーススクローネのような手作りの支台装置に比べ、磁性アタッチメントは基本的に完成した既製品を利用することが特徴である。アタッチメント自体はより高

図 30 Regeneration of the alveolar bone after three years
3 年後の左側第一小臼歯 X 線所見, 歯槽骨の大幅な改善がみられる

性能化を目指して、今後も新製品の開発や従来品の改良が続くことであろう。また、この新しい臨床システムは比較的短期間に広まったこともあって、臨床術式のみが先行し、裏づけとなる基礎データに曖昧な部分も少なくない。関係者の今後の努力で、それらは順次明確となろう。しかし、磁力を利用する磁性アタッチメント・システムの基本概念はすでにほぼ確立されたといつてよい。

磁性アタッチメントは、われわれの日々の臨床現場ですでに不可欠な医療用具となったことは誰も否定できない。これは最近一般的に、臨床家が安易な抜歯を避け、負担能力が不十分と考えられるような残存歯も保存することが多く、結果的にそれらをいかに補綴物に組み入れるかが大きな課題となってきたからであろう。それらの各支台歯の負担能力に応じた形状で適用することができ、長期間の利用が可能なこの磁性アタッチメントは、まさに時代の要求に応えた臨床システムであるといえる。

文 献

- 1) Behrman SJ. The implantation of magnets in the jaw to aid denture retention. J Prost Dent 10: 807-841, 1960.
- 2) Freedman H. Magnets to stabilize dentures. JADA 47: 288-343, 1953.
- 3) Becker JJ. Permanent magnets. Sci Am 223: 92-100, 1970.
- 4) 佐々木英機, 木内陽介. 歯科補綴物へのサマリウムコバルト合金磁石の応用について. 補綴臨床 9: 77-82, 1976.
- 5) Gillings BRD. Magnetic retention for complete and partial overdentures. Part I. J Prost Dent 45: 484-491, 1981.

- 6) 田中貴信, 岸本康男, 星合和基. キャップ型磁性アタッチメントの検討. 顎顔面補綴 12: 37-47, 1989.
- 7) Tanaka Y, Hiranuma K, Iwama Y et al. Sealed dental magnetic attachment developed by three-dimensional magnetic analysis. proc. 10th Int. Workshop on Rare Earth Magnet and their Applications: 147-155, 1989.
- 8) 田中貴信, 本蔵義信, 古島雄二ほか. サンドイッチ型磁性アタッチメントに関する基礎的研究. 補綴誌 35: 167-177, 1991.
- 9) 田中貴信, 本蔵義信, 岸本康男ほか. サンドイッチ型磁性アタッチメントに関する臨床的研究. 補綴誌 35: 599-608, 1991.
- 10) 田中貴信, 坂東永一, 長町直樹ほか. サンドイッチ型磁性アタッチメント「マグフィット 600」の臨床試用結果の検討. 補綴誌 36: 471-480, 1992.
- 11) 水谷 紘, 藍 稔. 磁性アタッチメント—その特性を生かした臨床応用法—. QDT 16: 91-102, 1991.
- 12) 田中貴信. 磁性アタッチメント—磁石を利用した新しい補綴治療—. 東京: 医歯薬出版, 1992.
- 13) 田中貴信. マグフィット・システム—その臨床活用の要点—. 東京: デンタルダイヤモンド社, 1993.
- 14) 田中貴信. 続・磁性アタッチメント—108問108答—. 東京: 医歯薬出版, 1995.
- 15) Jackson TR. The application of rare earth magnet to retention to osseointegrated implants. Int J Oral Maxillo Imp 81: 81-92, 1986.
- 16) 中村好徳. 有限要素法によるオーバードンチャーと磁性アタッチメントの力学的解析. 補綴誌 42: 234-245, 1998.
- 17) 水谷 紘, 石幡伸雄, 中村和夫. 磁性アタッチメントを用いた部分床義歯. 東京: クインテッセンス出版, 1994.
- 18) 神岡ゆかり, 宮田孝義, 尾花甚一. テレスコープ義歯の取り外しの工夫. 補綴臨床別冊/パーシャルデンチャーの臨床, 東京: 医歯薬出版, 1990.
- 19) Ishigami T, Tanaka Y. The success of magnoprosthetics in Japan. J J Mag Dent 7: 35-40, 1998.
- 20) 星合和基, 田中貴信, 平沼謙二ほか. 磁性アタッチメントの臨床応用. 歯科審美 10: 187-192, 1998.

著者連絡先: 田中 貴信

〒464-8651 愛知県名古屋市中種区末盛通
2-11

TEL 052-751-7181