

日 磁 齒 誌

J J Mag Dent

ISSN 0918-9629

2014

Volume 23. Number 1

JJMD

The Journal of the Japanese Society
of Magnetic Applications in Dentistry

日本磁気歯科学会雑誌

第23巻

第1号

日本磁気歯科学会

The Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry

日本磁気歯科学会雑誌 23巻 1号 2014年

日本磁気歯科学会雑誌

The Journal of the Japanese Society
of Magnetic Applications in Dentistry

Vol. 23, No. 1 2014

日本磁気歯科学会発行

第24回 日本磁気歯科学会学術大会について

この度、第24回日本磁気歯科学会学術大会が下記の要綱で行われました。

会 期：平成26年11月 8 日（土）、 9 日（日）

会 場：熱海ホテル ニューアカオ

静岡県熱海市熱海1993-250

大会長：大久保 力廣（鶴見大学歯学部有床義歯補綴学講座 教授）

特別講演：平成26年11月 8 日（土）

演 題：「磁気の未来への応用」

講 師：森 正人（横浜 MM 研究所 代表）

教育講演：平成25年11月9日（日）

テーマ：「磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために」

座長：會田英紀（北海道医療大学歯学部咬合再建補綴学講座）

講師：菊地 亮（NEOMAX エンジニアリング株式会社）

講師：前田祥博（鶴見大学歯学部歯科技工研修科）

講師：梅川義忠（日本大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座）

シンポジウム：平成26年11月 9 日（日）

テーマ：「長期経過から磁性アタッチメントを再検する」

座長：大川周治（明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野）

講師：高山慈子（鶴見大学歯学部有床義歯補綴学講座）

講師：中村好徳（愛知学院大学歯学部有床義歯学講座）

講師：中村和夫（山王病院歯科）

－ 学術大会参加要綱 －

参加登録：参加登録費の振込みをもって参加登録と致します。

参加登録および登録費：

9月8日（月）迄 会員8,000円、非会員10,000円

9月9日（火）以降 会員9,000円、非会員11,000円

懇親会：平成26年11月 8 日（土） 19：00 ～

懇親会会場：熱海ホテル ニューアカオ

連絡先：第24回日本磁気歯科学会学術大会実行委員会

実行委員長 鈴木恭典

大会事務局 鶴見大学歯学部有床義歯補綴学講座

〒230-8501 横浜市鶴見区鶴見2-1-3

本学会では認定医制度を設けており、磁気に関する専門知識、臨床技能を有する歯科医師を認定医として認定しています。

第14回 国際磁気歯科学会のお知らせ

THE 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MAGNETIC APPLICATIONS IN DENTISTRY GENERAL INFORMATION

GENERAL INFORMATION

The Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry (President: Shinichi Masumi, Kyusyu Dental University) is a scientific association founded in 1991 and is devoted to furthering the application of magnetism in dentistry. The 14th International Conference on Magnetic Applications in Dentistry organized by JSMAD will take place on the Internet as follows.

Meeting Dates:

Monday, March 2 to Friday, March 20, 2015

Location:

JSMAD web site: <http://www.jsmad.jp/international-e.shtml>

General Chair:

Prof. Chikahiro Ohkubo, Tsurumi University

Subjects:

Researches and developments related to dentistry and magnetism such as:

- Magnetic attachments for dentures
- Orthodontic appliances using magnets
- Measurement of jaw movement using magnetic sensors
- Biological effects of magnetic fields
- Dental applications of MRI
- Others

REGISTRATION INFORMATION

Registration:

Send e-mail titled "registration for 14th international conference" with your Name, University or Institution, Postal address, Phone, Fax and E-mail address to conference secretariat.

Registration Fees:

No registration fees. Anyone who is interested in magnetic applications in dentistry can participate in the conference via the Internet.

Publishing Charge for Proceedings:

After the conference, the proceeding will be published. The publishing charge is 8,000 yen per page. (No charge for invited paper.)

GUIDELINES FOR PRESENTATION

Deadlines:

Entry: February 2, 2015

Poster submission: February 28, 2015

Entry:

Send Title and Abstract within 200 words with your Registration.

Paper submission:

Please send papers in Microsoft Word format to the conference secretariat by E-mail. All contents should be written in English. No multi-byte character, such as Japanese Kanji, should be contained. A template file can be obtained from the conference web site. Web presentations for the conference will be produced by the secretariat from the paper. The secretariat will not make any correction of the paper even miss-spelling, grammatical errors etc. Alternative format files are acceptable. Please contact to the secretariat for more detailed information.

Discussion:

Discussions will be done using a bulletin board on JSMAD Web Site via the Internet. The authors should check the board frequently during the meeting dates. If questions or comments on your presentation are posted, please answer them as soon as possible.

Notice to Contributors:

Freely-given informed consent from the subjects or patients must be obtained. Waivers must be obtained for photographs showing persons.

Note:

Copyright of all posters published on the conference will be property of the Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry. Copies of the posters will be made and transferred to JSMAD web site for continuous presentation after the meeting dates. For further information, send e-mail to suzuki-ys@tsurumi-u.ac.jp

CONFERENCE SECRETARIAT

Yasunori Suzuki, Tsurumi University

E-mail : suzuki-ys@tsurumi-u.ac.jp

Tel : +81-45-580-8415 Fax : +81-45-573-9599

Visit JSDMD Home Page for updates!

[Http://www.jsmad.jp/](http://www.jsmad.jp/)

日本磁気歯科学会よりお知らせ

☆お願い☆

現在磁気歯科学会では、会員への情報伝達の省力化を考え、電子メールでの情報配信を目指し、会員の方々へ、メールアドレスの登録をお願いしています。事務局へメールアドレスの登録をお願いいたします。

[新規入会]

入会希望者は、綴じ込みの会員登録用紙に必要事項を御記入の上、事務局宛に御送付ください。入会金、年会費は綴じ込みの郵便振替用紙を御利用ください。

入会金：5,000円

年会費：5,000円

[未納会費の払込み]

既に会員の方で、旧年度の会費未納な方は綴じ込みに郵便振替用紙を用いて、該当年度の会費をお支払いください。

[認定医制度のご案内]

平成17年度より日本磁気歯科学会認定医制度が発足しました。

詳細は、本雑誌綴じ込みの案内または、下記ホームページを参照してください。不明は、事務局までお問い合わせください。

[ホームページのご案内]

日本磁気歯科学会のホームページは <http://www.jsmad.jp/> です。ご活用ください。

[事務局]

ご質問等は、以下事務局にお問い合わせください。

〒803-8580 埼玉県坂戸市けやき台1-1
明海大学歯学部 機能保存回復学講座
歯科補綴学分野内
日本磁気歯科学会事務局
Tel 049-279-2747 Fax 049-279-2747



目次

総説論文

MRIにおける金属インプラント材料の影響 —検査安全性およびアーチファクト—	1
山本 徹	

特集1「磁性アタッチメントの基礎から臨床まで」

磁性アタッチメントの基礎から臨床まで —教育講演の総括—	12
大久保力廣	
失敗しないための基本的技工操作	17
横江 誠, 伊藤太志, 岡田通夫, 神原 亮, 中村好徳, 田中貴信	
歯科医師臨床研修医に対する磁性アタッチメントの教育	24
中林晋也, 石上友彦	
初めての磁性アタッチメントを成功させるために	31
神原 亮, 中村好徳, 田中貴信	
支台歯の二次カリエスの予防法	40
永田和裕	

特集2「インプラント VS 天然歯への磁性アタッチメント適用」

ガイドライン策定経緯と遊離端義歯への磁性アタッチメント適用の診療ガイドライン	45
秀島雅之	
咬合平面再構成の症例への磁性アタッチメント適用の診療ガイドライン —デルファイ法評価の分析—	50
河野 舞, 會田英紀, 豊下祥史, 川西克弥, 佐々木みづほ, 越野 寿	
磁性アタッチメントを適用したインプラントオーバーデンチャーの臨床 ～診療ガイドラインを踏まえて～	55
田中讓治	
インプラントオーバーデンチャーに対する磁性アタッチメント適用の診療ガイドライン	65
鈴木恭典	

特集3「ISO 対策委員会報告」

歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して —ISO/TC106インチョン会議—	72
高田雄京	

原著論文

三次元有限要素法による歯冠外磁性アタッチメント義歯に関する応力解析	77
稲垣輝行	
磁性アタッチメントの国際規格 (ISO 13017) 吸引力測定法の信頼性について	88
庄司和伸, 増田達彦, 神原 亮, 林 建佑, 白石浩一, 稲垣輝行, 中村好徳, 高田雄京, 田中茂生, 大野友三, 田中貴信	

原著論文

- 有限要素法を用いた歯冠外磁性アタッチメントの弾塑性解析 92
 増田達彦, 大野芳弘, 音田亜矢子, 神原 亮, 熊野弘一, 板倉 崇,
 稲垣輝行, 中村好徳、高田雄京, 田中茂生, 大野友三, 田中貴信

臨床論文

- 磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーにより咬合再建を行った1症例 98
 曾根峰世, 川上 寧, 奥津史子, 松川高明, 豊田有美子, 大川 穰,
 染川正多, 増田美至, 下川原 忍, 岡本和彦, 大川周治
- 磁性アタッチメントを利用した分割構造の上顎顎義歯の一症例 104
 佐伯悦司, 中林晋也, 田中孝佳, 原八重子, 大山哲生, 伊藤顕治,
 安田裕康, 塩野目尚, 大久保貴久, 月村直樹, 永井栄一, 石上友彦

第24回日本磁気歯科学会学術大会 抄録

- 磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーにより咬合再建を行った1症例 109
 川上 寧, 曾根峰世, 奥津史子, 松川高明, 豊田有美子,
 根来理沙, 下川原忍, 岡本和彦, 大川周治
- 適用法の違いから見た、磁性アタッチメント支台歯の予後 110
 笠間 匠, 永田和裕
- 磁性アタッチメントを用いた下顎即時荷重インプラントオーバーデンチャーの無作為化比較臨床試験
 (経過報告) 111
 大村友理, 金澤学, 小田憲, 佐藤大輔, 春日井昇平, 水口俊介
- MRI撮影時の磁性アタッチメントキーパーに生じるトルク力の検討 113
 石井 拓, 長谷川みかげ, 阿部有希, 渋谷哲勇, 大久保貴久,
 鴨川紫乃, 中林晋也, 大山哲生, 月村直樹, 石上友彦
- キーパーの材質や形状によるMRIアーチファクトの変化についての理論的検討 113
 笹木洋平, 芥川正武, 木内陽介
- 歯髄幹細胞の磁場刺激に対する反応についての検討 114
 秦 正樹, 大見真衣子, 福澤 蘭, 小島規永, 中村好徳, 尾澤昌悟, 田中貴信
- MIセンサを用いた嚙下運動測定における体動除去の検討 115
 工藤 伸, 芥川正武, 木内陽介, 市川哲雄, 本釜聖子
- リニアボールスライドを用いたISO測定ジグによる磁性アタッチメントの維持力測定 116
 須田賢司, 梅川義忠, 長谷川みかげ, 塩野目尚, 安田裕康,
 大谷賢二, 永井栄一, 豊間 均, 石上友彦
- 簡易型磁性アタッチメント吸引力測定装置の開発 -第2報- 117
 庄司和伸, 中村好徳, 神原 亮, 高橋正敏, 高田雄京, 田中貴信

ISO13017における吸引力測定方法の記載内容に関する評価	118
庄司和伸, 中村好徳, 神原 亮, 高橋正敏, 高田雄京, 田中貴信	
軟質裏装材を用いた磁石構造体の保持に関する研究	119
岡山章太郎, 新保秀仁, 大久保力廣	
三次元有限要素法を用いた磁性アタッチメントの吸引力特性について—磁気回路の違いによる影響— ..	120
熊野弘一, 中村好徳, 増田達彦, 林 建佑, 永井秀典, 高田雄京, 田中貴信	

日本磁気歯科学会事務局連絡

平成25年度 日本磁気歯科学会第2回理事会議事要旨	122
平成26年度 日本磁気歯科学会第1回理事会議事要旨	124
日本磁気歯科学会会則	126
日本磁気歯科学会認定医制度規則	127
日本磁気歯科学会認定医制度施行細則	128
日本磁気歯科学会倫理審査委員会規程	129
日本磁気歯科学会倫理審査委員会規則	131
研究等の利益相反に関する指針	131
日本磁気歯科学会利益相反委員会規程	134
「研究の利益相反に関する指針」の細則	135
日本磁気歯科学会雑誌投稿規程	136
日本磁気歯科学会雑誌「投稿の手引き」	137
平成27・28年度日本磁気歯科学会役員	140
日本磁気歯科学会 認定医名簿	142
賛助会員・編集後記	144



*The Journal of the Japanese Society
of Magnetic Applications in Dentistry
Vol. 23, No. 1, 2014*

Contents

Influence of metallic implants in magnetic resonance imaging: Safety issues and artifacts <i>Toru Yamamoto</i>	1
Basic science and laboratory and clinical procedures of magnetic attachment Summary of the educational symposium	12
<i>Chikahiro Ohkubo</i>	
Basic laboratory procedures for successful magnetic dentures	17
<i>Makoto Yokoe, Futoshi Ito, Michio Okada, Ryo Kanbara, Yoshinori Nakamura and Yoshinobu Tanaka</i>	
Education regarding the magnetic attachment for dental residents	24
<i>Shinya Nakabayashi, Tomohiko Ishigami</i>	
To the success of the magnetic attachment for the first time	31
<i>Ryo Kanbara, Yoshinori Nakamura and Yoshinobu Tanaka</i>	
Prevention of secondary caries in magnetic copings	40
<i>Kazuhiro Nagata</i>	
Magnetic attachment applications for implant abutments versus for natural tooth abutments Procedure for formulating clinical practice guidelines (CPGs) for magnetic attachment (MA) applications and CPGs for MA applications in free-end saddle denture cases	45
<i>Masayuki Hideshima</i>	
Clinical practice guideline for application of the magnetic attachment in cases of occlusal reconstruction for correcting the occlusal plane: Analysis of a consensus-building process using the Delphi method	50
<i>Mai Kono, Hideki Aita, Yoshifumi Toyoshita, Katsuya Kawanishi, Mizuho Sasaki and Hisashi Koshino</i>	
Clinical application of magnetic attachments for implant-supported overdentures: Toward the development of clinical practice guidelines	55
<i>Jyoji Tanaka</i>	
Clinical practice guidelines regarding magnetic attachment application of implant overdentures	65
<i>Yasunori Suzuki</i>	

A commission report of the ISO corresponding committee Working toward the international standardization of dental magnetic attachments: ISO/TC106 meeting in Inchon	72
<i>Yukyo Takada</i>	
Stress analysis of extracoronal magnetic attachment dentures using the three-dimensional finite element method	77
<i>Teruyuki Inagaki</i>	
Evaluation of testing procedure accuracy described for measuring the magnetic attachment attractive force in accordance with ISO 13017	88
<i>Kazunobu Shoji, Tatsuhiko Masuda, Ryo Kanbara, Kensuke Hayashi, Koichi Shiraishi, Teruyuki Inagaki, Yoshinori Nakamura, Yukyo Takada, Shigeo Tanaka, Yuzo Ohno and Yoshinobu Tanaka</i>	
Elasto-plastic analysis of an extracoronal magnetic attachment using the finite element method	92
<i>Tatsuhiko Masuda, Yoshihiro Ohno, Ayako Otda, Ryo Kanbara, Hirokazu Kumano, Takashi Itakura, Teruyuki Inagaki, Yshinori Nakamura, Yukyo Takada, Shigeo Tanaka, Yuzo Ohno and Yoshinobu Tanaka</i>	
A case report of occlusal reconstruction with overdenture using magnetic attachments	98
<i>Mineyo Sone, Yasushi Kawakammi, Fumiko Okutsu, Takaaki Matsukawa, Yumiko Toyota, Yutaka Ohkawa, Shota Somekawa, Minori Masuda, Shinobu Shimokawara, Kazuhiko Okamoto and Shuji Ohkawa</i>	
Case report of maxillary divided dentures with magnetic attachments	104
<i>Etsushi Saeki, Shinya Nakabayashi, Takayoshi Tanaka, Yaeko Hara, Tetsuo Ohyama, Kenji Ito, Hiroyasu Yasuda, Takashi Shionome, Takahisa Okubo, Naoki Tsukimura, Eiichi Nagai and Tomohiko Ishigami</i>	



総説 Review

Journal home page : www.jsmad.jp/MRIにおける金属インプラント材料の影響
—— 検査安全性およびアーチファクト ——

山本 徹

北海道大学大学院保健科学研究院 医用生体理工学分野

Influence of metallic implants in magnetic resonance imaging :
Safety issues and artifacts

Toru Yamamoto

Division of Biomedical Science and Engineering, Faculty of Health Sciences,
Hokkaido University

要旨

MRIは軟部組織の描出に優れ、かつ、放射線を用いず被曝の影響がない画像診断装置なので、その適用範囲が広がり大半の病院への普及が進んでいる。このようなMRI検査の広がりに加え、近年の急速な高齢化に伴い、歯科用磁性アタッチメントをはじめ金属製インプラント装着患者が増加し、MRI検査ではインプラント周辺の画像欠損などのアーチファクトのために診断が不能となる場合が増えている。また、MRIは強磁場や高周波電磁波を用いる装置なので、その強磁場により金属インプラントにはたらく吸引力や、高周波電磁波によるインプラントの発熱なども懸念されている。本稿では、MRI装置の概要を述べ、インプラントの吸引力や発熱などに関わるMRI検査安全性について説明し、つづいて、インプラントによるアーチファクトについて解説する。さらに、MRI検査へのインプラントの影響に関する対策などの将来展望についても述べる。

Abstract

Magnetic resonance imaging (MRI) is used in more than half of the hospitals in Japan. Its use is increasingly prevalent because it shows superior tissue contrast and does not generate radiation. In addition to this increase in MRI usage, the number of patients who wear various metallic implants, such as dental magnetic attachments, is increasing in accordance with the current aging of society. Properly diagnosing these patients using MRI may be impossible owing to artifacts caused by metallic implants. Because MRI uses a strong magnetic field and electromagnetic waves at radio frequencies, attractive magnetic forces that act upon the implants and heating by electromagnetic waves are safety concerns. This review article provides a brief explanation of MRI devices, safety issues, artifacts caused by metallic implants, and future countermeasures against metallic implant-related issues in MRI.

キーワード (Key words)

MRI (Magnetic resonance imaging), 金属製インプラント (Metallic implant), 安全性 (Safety)
アーチファクト (Artifact)

1. はじめに

磁場と電磁波を用い人体から磁気共鳴 (MR : Magnetic Resonance) 信号を発生させ画像化する MRI は、軟部組織の描出に優れ、脳梗塞や腫瘍など様々な疾患の診断に欠くことができない装置であり、現在、半数近くの病院施設で使用され、ますます普及しつつある。また、MRI は X 線などの放射線を用いないので被曝の影響がないことも大きな特長で、繰り返しを要する検査や小児または妊婦などの検査に適している¹⁾。近年の急速な高齢化に伴い、歯科用磁性アタッチメントをはじめ金属製インプラント装着患者が増加し²⁾、MRI 検査ではインプラント周辺の画像欠損などのアーチファクトのために診断が不能となる場合が増えている。また、MRI は強磁場を用いる装置なので、その磁場により金属インプラントにはたらく吸引力などについても注意が必要である。金属インプラントによる MRI 検査上のこれらの影響は、原理的に装置の磁場強度とともに増大するので、MRI 装置の高磁場化に伴い顕在化しつつある。本稿では、MRI 装置の概要を述べ、インプラントの MRI 検査安全性について説明し、つづいて、インプラントによるアーチファクトについて解説する。さらに、MRI 検査へのインプラントの影響に関する対策などの将来展望についても述べる。

2. MRI 装置の概要

MRI には、主に超電導磁石を用いた水平磁場タイプと、永久磁石を用いた低磁場 (0.2~0.4 T 程度) の垂直磁場タイプの装置があるが、ここでは超電導磁石を用いた装置について説明する (図 1)³⁾。スキャナ本体 (ガントリ) に装備された超電導磁石によりトンネル状のボア内には、均一な強磁場が水平に発生している。磁場強度 (磁束密度) が 0.5~3.0 T の装置が診断に用いられているが、MRI 装置の高磁場化が進み、研究用には 7.0 T 装置が急速に普及し臨床用装置としての認可が期待されており、現在 (2014 年)、磁場強度が 11.7 T (MR 信号が 500 MHz) のヒト全身用 MRI も建設中である⁴⁾。ボア内側には、磁場均一性を微調整するシムコイル、MR 信号に位置情報を持たせるための傾斜磁場コイル、電磁波を

人体に照射する送信コイルが装備されている。MRI は核磁気共鳴 (NMR) 現象を応用した装置であり、水素原子核が持つスピンから電磁波である MR 信号を発生させ、その信号に位置情報を持たせることで画像化を行う。スピンは MR 信号発生源として使われる用語であるが、正確には原子核の回転運動を表すスピン角運動量のことであり、それに比例し原子核には磁氣的性質 (核磁気モーメント) が発生している。磁場中では水素原子核の核磁気モーメントと磁場との相互作用により二つのエネルギー準位 (ゼーマン分裂) が発生し、その準位差に相当する光子エネルギー (周波数) を持つ電磁波を照射してスピンを励起し MR 信号を発生させ、受信コイル (検出器) で検出する。照射する電磁波の周波数は磁場強度に比例し 3.0 T の場合 128 MHz であり、パルス状 (時間幅が 1ms 前後) に加える。人体から発生する MR 信号は微弱であるため、ガントリが置かれている検査室は、外来電磁波の混入を防ぐため、検査室壁内の銅箔で部屋全体を囲む構造の電磁シールド (フェラデーシールド) が施されている。MR 信号が発生している間に、傾斜磁場コイルから傾斜磁場を発生させて信号に空間情報を付加する。傾斜磁場コイルには X, Y, Z 方向それぞれの傾斜磁場を発生する 3 種類の巻線 (コイル) がある。傾斜磁場は傾斜と名がついているが、磁場方向が傾いているのではなく、磁場方向は常に MRI の磁場方向で、位置座標に比例し磁場強度が傾斜的に変化している磁場である (図 2)³⁾。1 回の信号検出では、空間の 1 次元 (例えば X 方向) しか区別できないので、他の方向にも区別するためには、一定時間 (繰り返し時間) 毎に複数回電磁波を加えて検出を繰り返す。その際、他方向の傾斜磁場強度 (磁場強度の位置座標に比例する変化の程度) を毎回変えて他の方向の位置情報を MR 信号に付加する。MRI には、T1 強調、T2 強調、拡散強調などをはじめ多様な撮像法があり、それぞれに応じた繰り返し時間、電磁波、傾斜磁場の加え方があり、撮像時間 (スキャン時間) も数秒から 10 分程度のものまで広く異なる。なお、受信コイルは目的とする検査部位ごとに頭部用コイル、腹部用コイル、四肢用コイルなどが存在する。

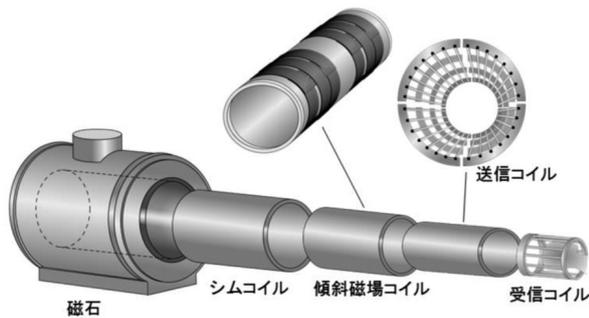


図1. 主な構成部品

シムコイルは磁場均一性を向上させるための多チャンネルのコイルである。公益社団法人応用物理学会（山本 徹，進化するMRI，応用物理，2012年，第81巻，第11号，905）より許諾を得て転載。

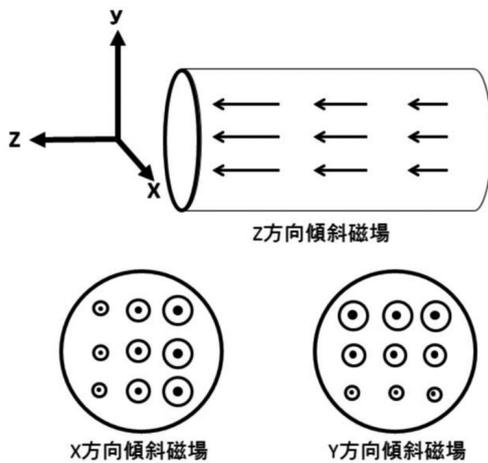


図2. 傾斜磁場の様子

公益社団法人応用物理学会（山本 徹，進化するMRI，応用物理，2012年，第81巻，第11号，907）より許諾を得て転載。

3. MRI 検査安全性⁵⁾

MRIに関わる主な安全性国際規格を表1に示す。これらの規格はISOなどの国際民間機関が定めたものでMRI安全性に関する指針である。FDA (Food and Drug Administration) や厚生労働省などの各国の行政組織は、これらの規格に基づき法的に従うべき安全基準を制定している。インプラントは脳動脈瘤クリップや人工膝関節など電源を持たない受動的インプラントと、ペースメーカーなど電源を持つ能動的インプラント(AIMD: Active Implantable Medical Devices)に区別される。歯科領域では能動的インプラントを対象としないので、本稿では受動的インプラントに関する規格(ASTM規格)について概説する。MRI装置が発生する強磁場および電磁波とインプラントとの相互作用がMRI検査時の安全

性に関わる。すなわち、強磁場によりインプラントにはたらく吸引力および回転力、電磁波がインプラントに誘起する高周波(RF: Radio Frequency)渦電流による発熱である。ASTM規格では、これらの吸引力、回転力、発熱に関する試験方法と安全基準が定められている。

3-1. 変位力 (Displacement Force)⁶⁾

磁石にインプラントが吸引される力のことであり、インプラントの重心が移動(変位)しようとする力なので変位力とよばれる。物体が磁場に曝され磁化されると磁気双極子が現れる。磁気双極子のN極、S極にそれぞれ磁場による磁力がはたらきトルク(回転力)が発生する。磁場が不均一な場合、それぞれの磁極にはたらく力の大きさが異なるので、その合力が0ではなくなりそれが変位力となる。特にスキャナ近傍で物体の磁化が飽和しているときは次式で表される⁷⁾。

$$F = \frac{M_s}{\mu_0} |\nabla B| \cdot \text{volume} \quad (1)$$

ここで、 M_s は飽和磁化、 μ_0 は真空の透磁率、 volume は物体の体積であり、 $|\nabla B|$ はMRIの磁場の空間微分の大きさである。MRI安全性上、物体が強磁性体である場合の大きな変位力が懸念されるが、現在主流となっているMRI装置の磁場強度が1.5Tではインプラント材料となりうる強磁性体の磁化はほとんど飽和している。したがって、強磁性体の場合、その磁化が飽和する概ね1.5T以上のMRIでは、変位力は磁場強度ではなくその空間微分の大きさ $|\nabla B|$ に比例する。たとえば、3.0T MRIでのキーパーの最大変位力が1.5T MRIよりも30%程度大きなことが報告されたが、その違いは装置の最大 $|\nabla B|$ の違いであった⁸⁾(表2)。 $|\nabla B|$ は装置メーカーが機種毎に調べているが、磁束密度計を用いて磁場の3次元分布を測定し、得られた3次元分布データを空間微分することで求める。いずれの装置もボア開口部壁付近の $|\nabla B|$ が最大で、そこでの磁場が最も不均一である。変位力の測定は、専用装置を用い試料を糸で懸架しMRIの磁場中での糸の偏向角から算出する(図3)。この方法では、変位力が水平方向を向いていることを仮定しているが、この仮定はボア内の均一磁場中では成立するが、 $|\nabla B|$ が最大となるボア開口部付近も含むボア外では、スキャナ内の中心点(アイソセンタ)を通る水平面

表1. MRIに関わる主な安全性国際規格

対象	規格	策定組織
インプラント	受動的	ASTM F2052-06 など ASTM: American Society for Testing and Materials (米国材料試験協会)
	能動的	ISO TS 10974 ISO: International Organization for Standardization (国際規格機関)
MR装置	IEC60601-2-33	IEC: International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議)
電磁界	MEDICAL MAGNETIC RESONANCE (MR) PROCEDURES: PROTECTION OF PATIENTS など	ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (国際非電離放射線防護委員会)

表2. キーパーにはたらく変位力とトルク

MRI 磁場強度	最大変位力 (最大 $ \nabla B $)	最大トルク τ_{max}	最大トルクによりエッジに加わる力
1.5 T	$10.3 \times 10^{-2} \text{ N}$ (8.0 T/m)	$3.32 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$	0.83 N
3.0 T	$13.9 \times 10^{-2} \text{ N}$ (11.0 T/m)	$3.38 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$	0.85 N

以外の場合、磁力線に垂直成分が現れ、変位力の垂直成分が発生する(図4)。最大変位力が発生するボア開口部壁付近での変位力測定は、試料がアイソセンタを通る水平面上にあること、および、開口部付近での磁力線の方角を考慮して専用装置の向きを調整するなどの工夫が必要である⁹⁾。インプラントにはたらく最大変位力が自重よりも小さな場合をMRI検査上の安全基準(変位力のMR適合性)としている。キーパーの最大変位力は自重($7.7 \times 10^{-4} \text{ N}$)よりも2桁大きくこの基準を満たさないが(表2)、根面板の接着力は2~3年後でも120N程度であるので¹⁰⁾、このような接着力が保たれている限り変位力によるキーパーの脱落は起こり得ない。なお、多くのインプラントではチタン合金などの常磁性体が用いられ、これらのインプラントの変位力はMR適合性を満たしている。また、ボア内では磁場は均一なので $|\nabla B|=0$ となり、式1より変位力ははたらか

ず、スキャナ内に混入した磁性物品は、ボア開口部までは楽に移動させることができる。

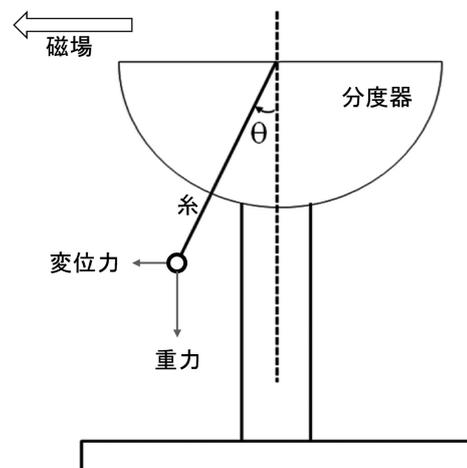


図3. 変位力測定装置

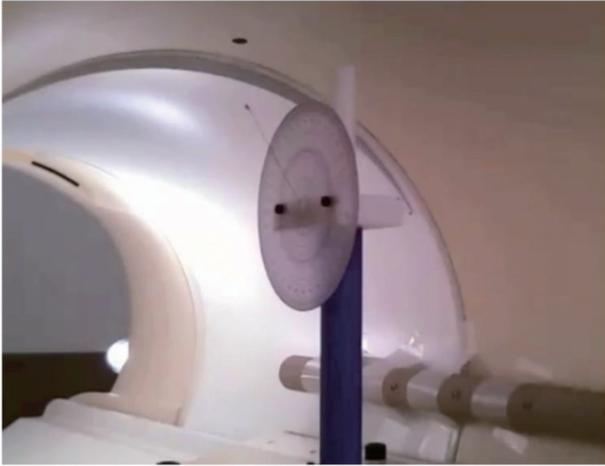


図4. ボア開口部で変位力測定器に吊したキーパーの様子
キーパーにはたらく上向きの力により上方向にも吸引されている。

3-2. 回転力 (Torque)⁷⁾

球対称ではない物体の場合、磁場中で発生する磁気モーメントの方向は物体の向きに依存し異なる。磁気モーメントの方向が磁場方向と異なるとき、物体に発生した磁気モーメントが磁場方向に揃おうとする回転力(トルク)がはたらく(図5)。キーパーの場合、その長軸が磁場方向を向いたときの磁気ポテンシャルエネルギーが最も低い値となるので、磁場中ではキーパーの長軸が磁場方向に配向する傾向がある(図6)。トルク測定は、専用装置を用い(図7)、それをボア内中央に置いて行う。強磁性体の磁化が概ね飽和する1.5T以上のMRIでは、最大トルク(τ_{max})は次式で表される。

$$\tau_{max} = \frac{Ms^2}{2\mu_0} \cdot (Nn - Nt) \cdot volume \quad (2)$$

ここで、 Nn , Nt は物体の短軸および長軸方向の反磁界係数である。直感的には磁場強度とともに τ_{max} も増加すると考えられるが、式2は磁場強度に依存しておらず、キーパーの τ_{max} は1.5Tおよび3.0Tともにほぼ同じ値であった⁸⁾(表2)。なお、 τ_{max} となる物体の磁場方向に対する角度(θ)は磁場強度とともに低下する。キーパーの τ_{max} からキーパーのエッジに加わる最大の力が換算され、それらは最大変位力の6~8倍であった(表2)。何がしかの理由でキーパーと根面板との接着力が劣化している場合、変位力よりもトルクの影響が懸念され、キーパーと根面板の接着

状態に微細な変化が生じ磁石式義歯の吸着力が劣化する恐れもある。なお、キーパーは強磁性体の一種である軟磁性体で、ヒステリシス曲線が囲む面積が小さく残留磁束密度が地磁気以下の値であり、その残留磁束密度はMRIの磁場に暴露されることで変化しないことは確認されている⁸⁾。

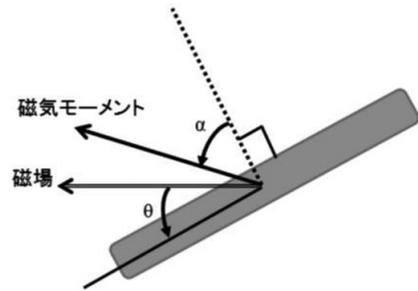


図5. 磁場により物体に誘起される磁気モーメント

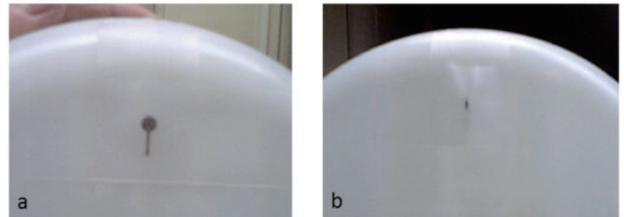


図6. キーパーの磁場方向への配向
キーパーを非磁性容器にサージカルテープで固定しMRIスキャナ中央部に置いたところ(a), 長軸(直径)方向が磁場方向に向いた(b)。磁場方向は紙面に直交する方向である。

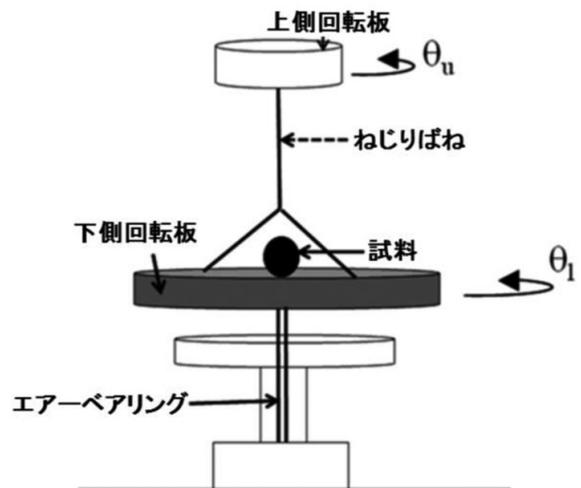


図7. トルク測定装置
自由に回転する下側回転板の中央に試料を固定し、その回転板をねじりばねを用いて上の回転板から吊るす。磁場内で上の回転板の回転角度(θ_u)を変えつつ下の回転板の回転角度(θ_l)を測定する、上下の回転角度差($\theta_u - \theta_l$)からトルクが換算され、それぞれの角度(θ_l)でのトルクの値を求める。

3-3. 発熱 (Heating)¹¹⁾

送信コイルから照射される電磁波により人体が発熱する。MRIはスピンと電磁波の磁氣的相互作用を用いスピンを励起するので、送信コイルはスキャナ内に均一なRF磁界を発生させることを目的に設計されている。RF磁界の周波数は装置の磁場強度に比例し、1.5T MRIの場合64MHzである。このようなRF磁界が人体に照射されると人体に渦電流が誘起され、それに伴いジュール熱が発生する。このため、MRI検査時のRF発熱の安全基準となる比吸収率 (SAR: Specific Absorption Rate) の値が定められ、検査時の電磁波照射により患者に発生する単位時間当たりのRF熱量を全体重で除したSAR値が2 W/kg以下であることを求めている。なお、検査時に患者に発生するRF熱量は装置が予め知ることができるが¹²⁾、患者体重は検査時に装置に入力する必要がある。SARの安全基準はこのような全身平均の値の他に頭部や四肢などの局在部位についての値も定められている¹³⁾。電磁波照射により人体に誘起された渦電流が集中すると熱傷 (RF熱傷) に至る場合がある。その典型例は、大腿部の内側、ケーブルと皮膚との接触、人体とボア内壁との接触、刺青などであるが¹⁴⁾、このような場合に必ず熱傷となるとは限らず、RF発熱について現在の知見は十分ではない。また、骨折修復用プレートや人工関節などの金属製インプラント装着患者の場合、金属の高い電気伝導度のために特異的な渦電流分布となり、渦電流の集中が懸念される。実際、インプラント装着患者がMRI検査中に装着部位に発熱による痛みを感じ検査を中止した事例も報告されている¹⁵⁾。誘起される渦電流は電磁誘導の法則にしたがい印加する電磁波の周波数に比例し、この周波数はMRI装置の磁場強度に比例し増加するので、渦電流の二乗に比例する発熱量はMRI装置の磁場強度の二乗で増加する。したがって、MRI装置の高磁場化に伴い、RF熱傷の恐れは高まっている (図8)。図8は、ある病院にて11ヵ月間にMRI検査を受けた患者を対象に検査中の熱感の有無を調査した結果であるが、金属製インプラントの有無による熱感自覚に有意差は認められなかった。一方、病院施設によっては、金属製インプラント装着患者を一律MRI禁忌として検査を実施しない場合もある。MRI検

査の現場では、ボア内壁との接触を防ぐなどの患者姿勢 (ポジショニング) の工夫などが行われているが、どのような場合にRF熱傷となるかについて確立された理論がなく、事例的知識に頼っているため予防が不完全となり、また、過度な予防措置のために有用なMRI検査を受ける機会を患者から奪っている場合も少なくない。インプラントが存在した状態でどのようなRF発熱となるかは、周囲の組織の状態や患者の体型・姿勢に依存し異なり、個々のインプラントに対応してそれぞれ唯一のRF発熱量が決まるわけではない。ASTM規格¹¹⁾では、人体形状を模擬したゲルファントム内にインプラントを置き、定められた撮像条件でRF磁界を印加して、光ファイバー温度計により温度を実測する方法が記載されているが、MR適合基準は定められていない。ペースメーカーなどの能動的インプラント (AIMD) のMRI下での安全規格であるISO/TS10974では、RF発熱に関し人体各組織の導電率、誘電率を定めた電磁界シミュレーションを求めており、受動的インプラントについても最悪の場合を想定したシミュレーションが課せられようとしている¹⁶⁾。

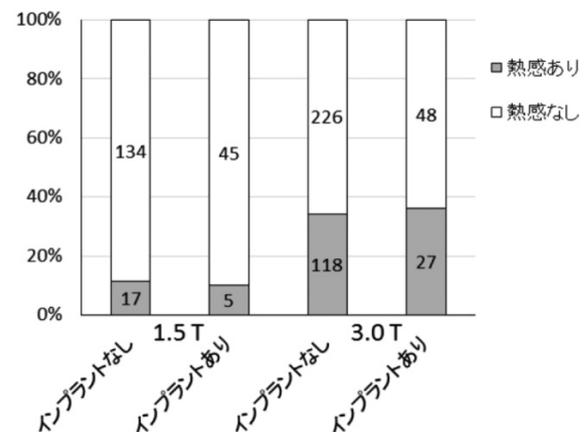


図8. MRI検査時の熱感調査結果
グラフ中の数字は、それぞれの場合の患者人数。

3-4. 安全性表記法 (Marking)¹⁷⁾

インプラントのMRI適合性には、いかなる撮像を行っても安全である「MR safe」と、MRI検査室内に持ち込んではいけない「MR unsafe」のほかに、何Tまでの磁場強度までは安全であるなど特定の条件を付記した「MR conditional」の区分がある。たとえば、プラスチック製品はMR safeであり、鉄製品はMR Unsafeである。

変位力および回転力については明確な適合基準があるが、発熱については明確な適合基準が定まっていないため、金属インプラントはMR conditionalとなる場合が少なくない。その場合、安全が確認された撮像法や撮像パラメータを明記しなければならない。

4. アーチファクト¹⁸⁾

MRI のスキャナ中央部の直径40cm程度の領域が撮像領域で、その領域内の磁場の乱れは0.1~0.4ppm 程度と高度な均一性が要求されている。インプラント材料である金属は磁場中では磁化され、その磁化により金属周囲の磁場が乱れ、この磁場の乱れがアーチファクトの原因である(図9)。常磁性体である Ti 合金を用いた MR 適合製品の場合でも、その近傍は数十 ppm 以上の乱れが発生する¹⁹⁾。インプラント材料の磁化率が大きなほど磁場が乱れ、画像欠損や歪みなどのアーチファクトが増大する。MRI は、傾斜磁場により信号の周波数に位置依存性を持たせることで画像化が行われるが、この周波数による位置依存性は、同一撮像法であれば MRI の磁場強度に依存しない。一方、MR 信号の基本周波数(共鳴周波数)は磁場強度に比例するので、同程度の磁場歪み(例えば数十 ppm)であっても磁場歪みによる共鳴周波数の分散は磁場強度に比例する。そのため、インプラントによる磁場歪みの影響は装置の磁場強度とともに増加する。高磁場 MRI 装置ほど信号強度が増し、より鮮明な画像が得られるので、近年臨床用 MRI として最高磁場装置である3T MRI が急速に普及しているが、インプラントによるアーチファクトはこのような高磁場装置ほど顕在化する²⁰⁾。また、磁場に対する試料の向きに依存しインプラント周囲の磁場歪みが異なるので、発生するアーチファクトも大きく異なる(図10)。さらに、MRI にはグラジエントエコー法やスピエコー法などをはじめ多様な撮像法があり、撮像法の違いによっても発生するアーチファクトが異なる。例えば、脳動脈瘤クリップによるアーチファクトはグラジエントエコー法の場合、主に画像欠損となり、頭部全体のそれらの画像を元に作成される MR アンギオグラフィ(血管造影画像)では血管の不連続部位として現れるが(図11)、スピエコー法の画像欠損領域はグラジエントエ

コー法よりも小さい。また、画像欠損とは逆に、アーチファクトが高輝度に現れ、画像上に現れる位置がスライス位置に依存し移動する場合があります、マーチングアーチファクトとよばれている²¹⁾(図12)。FLAIR 法は、脳脊髄液からの信号を抑制し脳実質の画像診断を行いやすくする方法で標準的に用いられる撮像法であるが、インプラントによる磁場歪みのために脳脊髄液の信号抑制が不完全となり高輝度に現れる場合があります、病変部と誤る恐れがある(図12b)。それぞれの撮像法には、受信バンド幅(BW)やエンコード方向など様々な撮像パラメータがあり、撮像部位・目的に応じて調整するが、それらの違いによっても発生するアーチファクトが異なる(図10)。このように、アーチファクトは撮像法や撮像パラメータに大きく依存するが、撮像法を工夫することでアーチファクトを低減させる試みも行われている²²⁻²⁴⁾。しかし、その工夫によってもアーチファクト解消までには至っていない。アーチファクトは解消されることが理想的であるが、画像診断上妨げとならない範囲まで低減できれば、臨床上の懸案が解決する。その低減目標は、インプラントにより異なり、たとえば脊椎固定具の場合、それを装着した部位の MRI による主な画像診断目的は脊髄神経診断であるので、脊髄腔が欠損なく描出されればよく、そのためのアーチファクト低減目標はスクリー表面から2mm程度である(図9)。一方、脳動脈瘤クリップの場合、血管の不連続(図11b)は欠損部位の上下流が描出されているので、血流動通性を判断する上での妨げとはならない。しかし、その近傍に脳動脈瘤再発がある場合は、その診断を可能とするアーチファクト低減目標は画素サイズ未満となる。

Ti 合金など多くの MR 適合性インプラントの金属材料は常磁性体であり、その磁化率が低いほどアーチファクトが低減するが、たとえ磁化率が0となってもアーチファクトが発生する。実際、空気の磁化率はほとんど0であるが、撮像法によっては、前頭洞や蝶形骨洞などの空気の存在によりアーチファクトが発生する²⁵⁾。これは、生体の磁化率は反磁性体である水の磁化率(-9×10^{-6} : SI 体積磁化率)近傍の負の値であり、生体内でその負の磁化率と異なる部位があると磁場が乱れることが原因である。図13は、各コインによるアー

チファクトを示したものである。10円コインの銅は反磁性体でその磁化率は -9.53×10^{-6} で最も水の磁化率に近く、ほぼアーチファクトが解消されている。インプラントの磁化率が生体の磁化率に等しくなると生体中での磁場の乱れがなくなりアーチファクトが解消されるので、反磁性金属であるAu合金など研究が進められている²⁶⁾。しかし、このような反磁性金属は、力学特性やコストの課題を抱え、全てのインプラントに適用可能なものは存在していない。また、インプラントによるアーチファクトは生体との磁化率差に起因する磁場歪みが原因であるので、インプラント周囲の生体組織が変性しその磁化率が変わらない限り変化しない。

インプラントの形状および材料磁化率、磁場に対する方向が決まると生体組織を模擬した水中でのアーチファクトをシミュレーションにより求めることも可能である²⁷⁾。また、MRIを用いて磁場歪みを実測しマッピングすることが可能であり¹⁹⁾、試作した試料を対象にMRIで求めた磁場歪みがシミュレーションの結果と一致することが確認されている²⁸⁾。シミュレーションにより磁場歪みが求まり、さらに、撮像法の各種撮像パラメータの詳細情報がわかれば、各撮像時に発生するアーチファクトを予測することが可能である。また、インプラントを二重構造化し、外側を生体適合性のあるTi合金などの常磁性金属、内側を反磁性体とすることでインプラント周囲の磁場歪みを低減できる²⁹⁾。球体の場合、その外部の磁場が歪まないような、内外材料の磁化率、容積の最適条件が解析的に求まるが³⁰⁾、球形以外の任意の形状のインプラントについても、常磁性金属と反磁性体の内外二重構造化によりインプラント外部の磁場歪みを画期的に低減できる(図14)³¹⁾。この二重構造の最適設計は、磁場歪みシミュレーションにより可能であり、内部に封入する反磁性体材料として、非定形状に封入できるGraphite粉体が候補である。また、金属インプラントサイズがMRIで用いるRF電磁波の生体中の半波長の長さには達すると、励起時に金属インプラントに共鳴RF電流が誘起され、励起RF磁界を乱しアーチファクトが発生する場合もある³²⁾。

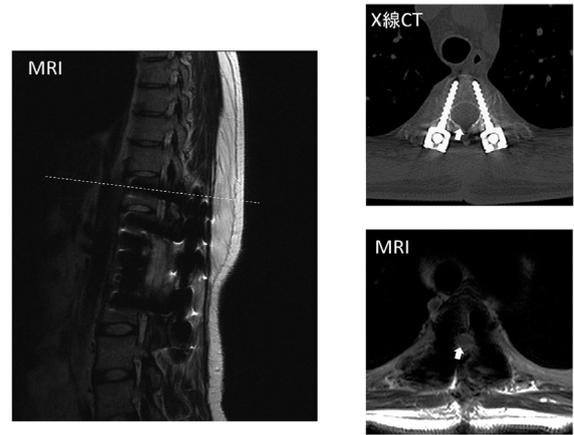


図9. 脊椎固定具によるアーチファクト

MRI矢状断像(左図)の点線の断層像を右図に示す。X線CT画像(右上図)で示される脊髓(矢印)は、MR画像(右下図)ではアーチファクトのために欠損している。X線CTでは脊髓疾患の診断は行えないので、MRIが用いられる。

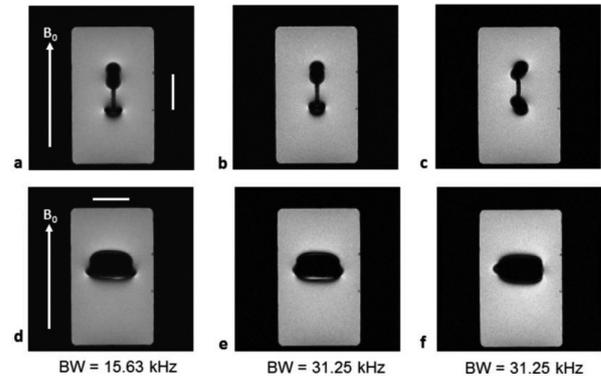


図10. 金属棒アーチファクト

寒天ファントム中に金属試料(Co-Cr-Mo合金、直径5mm、長さ50mm)を磁場(B_0)に平行(a, b, c)または垂直(c, d, f)に置き、周波数エンコード方向を上下方向(a, b, d, e)または左右方向(c, f)に設定し、グラジエントエコー法($TE=6.8$ ms)で撮像。白棒は金属試料サイズを表す。公益社団法人日本金属学会(山本 徹, MRIにおける金属材料の課題と期待, 2010年, 第49巻, 第4号, 159)より許諾を得て転載。

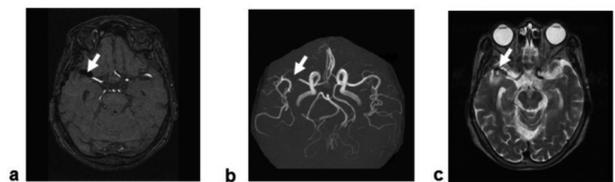


図11. 脳動脈瘤クリップによるアーチファクト

グラジエントエコー画像(MRAの元画像)(a), MRA(b)およびスピネコー画像(c)。白矢印は画像欠損を示す。公益社団法人日本金属学会(山本 徹, MRIにおける金属材料の課題と期待, 2010年, 第49巻, 第4号, 159)より許諾を得て転載。

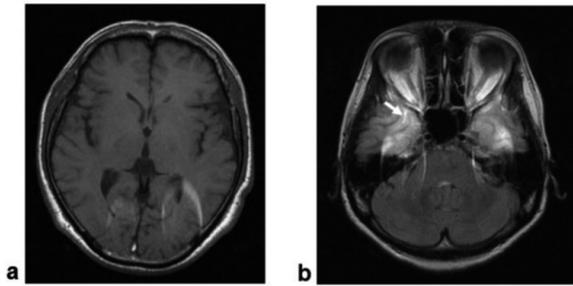


図12. 歯科用口腔内金属によるアーチファクト
マーチングアーチファクトを示すスピネコー画像 (a) および不完全な脳脊髄液抑制によるアーチファクト (白矢印) を示す FLAIR 画像 (b). 公益社団法人日本金属学会 (山本 徹, MRI における金属材料の課題と期待, 2010年, 第49巻, 第4号, 159) より許諾を得て転載.

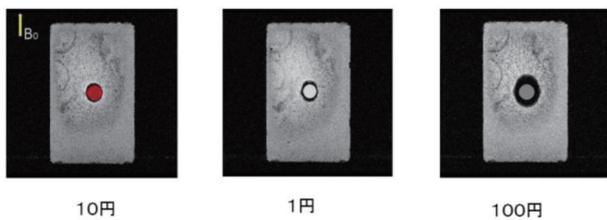


図13. コインによるアーチファクト
グラジエントエコー法により, ファントム中においたコインを撮像.

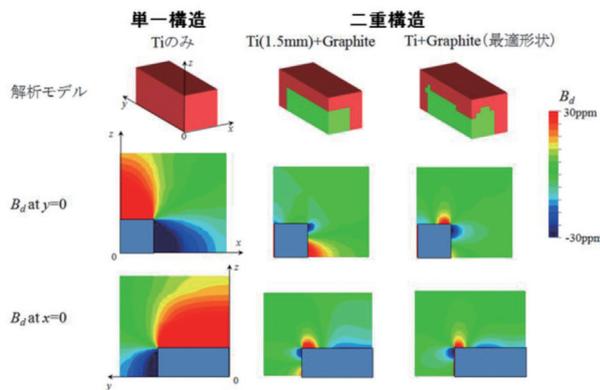


図14. シミュレーションによる磁場歪みマップ
直方体の対称性より 1 / 8 周囲の磁場歪み (Bd) の結果を表示.

5. 将来展望

高齢化にともない磁石式義歯をはじめ各種インプラント装着患者が増加し, また, MRI による診断技術も向上し MRI 検査も増加しているので, インプラントの MR 適合化が必須となりつつある. しかし, キーパーなどの強磁性体は変位力およびトルクともに ASTM の適合基準を満たしていないが, キーパーが根面板に適切に接着されていれば, 安全に MRI 検査を行うことができる. このような場合でも MRI 禁忌とすると, 有用な

検査を受ける機会を損なうことになるので, ASTM の適合基準の適用については議論が必要である. RF 発熱については, 生体内の電磁波の半波長 (3 T で約 13cm) に至るサイズのインプラントほど危険性が高まる傾向があるが³¹⁾, 脳動脈瘤クリップなどの小型インプラントでは危害が及ぶ発熱が報告されていない. それぞれのインプラントについて, どのような場合に RF 発熱の恐れがあるかを適正に判断することを目的に, 電磁界シミュレーションによる RF 発熱の研究が進められている. なお, ペースメーカーなどの能動インプラントの MR 安全性については, 電磁界による動作への影響も考慮する規格が整いつつある. また, 装置の高磁場化にともないインプラントの変位力・トルク・RF 発熱ともにその危険性が増すので, インプラントのさらなる MR 適合化へ向けての改良とともに MRI 検査の安全性確保が求められる. ヨーロッパ医学物理機構 (EFOMP: Europe Federation of Organizations of Medical Physics) では, MRI 検査安全性について適切な助言ができる専門家として MRSE (MR Safety Expert) の資格新設を提唱している. インプラントのアーチファクトは, 検査上の安全性に関わらない事項であるが, 適切な診断の阻害要因であり MRI 装置の高磁場化に伴いその影響が拡大しているため, さらなる低減が望まれる. 撮像法の改良によりアーチファクトの低減が進むが, アーチファクトの原因である磁場歪みを根本的に低減させる金属材料の改良が重要である.

謝 辞

本稿作成にご協力いただきました放射線医学研究所 尾松美香氏, 北海道医療センター 伊東 学 脊椎脊髄病センター長に深謝いたします.

参考文献

- 1) Shah N.B., Platt S.L. ALARA: is there a cause for alarm? Reducing radiation risks from computed tomography scanning in children. *Curr Opin Pediatr* 2008 ; 20 : 243-247.
- 2) Kurtz S.M., Ong K.L., Lau E., Bozic K. J. Impact of the economic downturn on

- total joint replacement demand in the United States updated projections to 2021. *J Bone Joint Surg Am* 2014 ; 96 : 624-630.
- 3) 山本 徹. 進化し続けるMRI—原理とその特徴—. *応用物理* 2012 ; 81 : 905-911.
 - 4) Vedrine P., Aubert G., Belorgey J., Berriaud C., Bourquard A., Bredy P., et al. Manufacturing of the Iseult/INUMAC whole body 11.7 T MRI magnet. *IEEE Trans Appl Supercond* 2014 ; 24 : 4401206.
 - 5) 日本磁気共鳴医学会 安全性評価委員会 監修. MRI 安全性の考え方 第2版. 東京: 秀潤社 ; 2014.
 - 6) American Society for Testing and Materials (ASTM). F2052-06e1 : Standard test method for measurement of magnetically induced displacement force on medical devices in the magnetic resonance environment. West Conshohocken, PA: ASTM International ; 2006.
 - 7) American Society for Testing and Materials (ASTM). F2213-06: Standard test method for measurement of magnetically induced torque on medical devices in the magnetic resonance environment. West Conshohocken, PA : ASTM International ; 2011.
 - 8) Omatsu M., Obata T., Minowa K., Yokosawa K., Inagaki E., Ishizaka K., et al. Magnetic displacement force and torque on dental keepers in the static magnetic field of a magnetic resonance scanner. *J Magn Reson Imaging* 2013, DOI : 10.1002 /jmri. 24500
 - 9) 黒田 輝. 国際基準に基づくMRI 適合性評価. 日本磁気共鳴医学会 安全性評価委員会 監修. MRI 安全性の考え方 第2版. 東京: 学研メディカル秀潤社 ; 2014, 90-109.
 - 10) Hashimoto M., Ohno H., Koga M., Endo K., Sano H., Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000 ; 79 : 1385-1391.
 - 11) American Society for Testing and Materials (ASTM). F2182-11a : Standard test method for measurement of radio frequency induced heating on or near passive implants during magnetic resonance imaging. West Conshohocken, PA : ASTM International ; 2012.
 - 12) 石黒秋弘, 小倉明夫, 本郷隆治, 井上博志, 山崎 勝. MRI 装置における各社 specific absorption ratio 予測値の比較. *日本放射線技術学会雑誌* 2000 ; 56 : 731-736.
 - 13) ZIS Z4951 磁気共鳴画像診断装置—基礎安全及び基本性能, 2012.
 - 14) 土井 司, 山谷裕哉, 上山 毅, 錦 成郎, 小倉明夫, 川光秀昭, 土橋俊男, 奥秋知幸, 松田 豪, 熊代正行. MR 装置の安全管理に関する実態調査の報告—思った以上に事故は起きている—. *日本放射線技術学会雑誌* 2011 ; 67 : 895-904.
 - 15) 安倍雄一郎, 山口大樹, 伊東 学, 山本 徹, 佐藤栄修, 百町貴彦, 柳橋 寧, 山田賢太郎, 増田武志. 腰椎高磁場 MRI 撮影における有害事象頻度調査. 北海道整形災害外科学会, 札幌, 2014.2.2.
 - 16) Schaeffers G., Goertz W., Nouredine Y., Koch C., Pawlenka M.J. Magnetic resonance (MR) safety testing of implants using numerical simulation for worst-case determination. General Assembly and Scientific Symposium, 2011 XXXth URSI, DOI : 10.1109/URSIGASS.2011.6051328.
 - 17) American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM F2503-13 : Standard practice for marking medical devices and other items for safety in the magnetic resonance environment. West Conshohocken, PA : ASTM International ; 2013.
 - 18) Hargreaves B.A., Worters P.W., Pauly K.B., Pauly J.M., Koch K.M., Gold G.E. Metal-induced artifacts in MRI. *Am J Roentgenol* 2011 ; 197 : 547-555.
 - 19) 山本 徹, MRI アーチファクト. 塙 隆夫 編. 医療用金属材料概論. 仙台: 日本金属学会 ; 2010, 46-52.
 - 20) Olsrud J., Lätt J., Brockstedt S., Romner B., Björkman-Burtscher I.M. Magnetic

- resonance imaging artifacts caused by aneurysm clips and shunt valves : dependence on field strength (1.5 and 3 T) and imaging parameters. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 22 : 433-437.
- 21) 土橋俊男, 藤田 功, 岩崎 淳, 森 克彦, 鈴木 健. 磁性体による高信号 artifact (遊走性金属 artifact) の除去. *日本放射線技術学会雑誌* 2002 ; 58 : 406-412.
- 22) Koch K.M., Lorbiecki J.E., Hinks R.S., King K.F. A multispectral three-dimensional acquisition technique for imaging near metal implants. *Magn Reson Med* 2009 ; 61 : 381-390.
- 23) Lu W., Pauly K.B., Gold G.E., Pauly J. M., Hargreaves B.A. SEMAC : slice encoding for metal artifact correction in MRI. *Magn Reson Med* 2009 ; 62 : 66-76.
- 24) Koch K.M., Brau A.C., Chen W., Gold G.E., Hargreaves B.A., Koff M., McKinnon G.C., Potter H.G., King K.F. Imaging near metal with a MAVRIC-SEMAC hybrid. *Magn Reson Med* 2011 ; 65 : 71-82.
- 25) Truong T-K., Clymer B.D., Chakeres D. W., Schmalbrock P. Three-dimensional numerical simulations of susceptibility-induced magnetic field inhomogeneities in the human head. *Magn Reson Imaging* 2002 ; 20 : 759-770.
- 26) 宇山恵美, 乾志帆子, 浜田賢一, 浅岡憲三. 非磁性 Au-Pt-8Nb 合金の鋳造性評価. *日本歯科理工学会誌* 2011 ; 30 : 314.
- 27) Gao Y., Muramatsu K., Kushibe A., Yamazaki K., Chiba A., Yamamoto T. Reduction of artifact of metallic implant in magnetic resonance imaging by coating of diamagnetic material. *IEEE Trans Magn* 2009 ; 45 : 4837-4840.
- 28) Gao Y., Muramatsu K., Kushibe A., Yamazaki K., Chiba A., Yamamoto T. Reduction of artifact of metallic implant in magnetic resonance imaging by combining paramagnetic and diamagnetic materials. *J Appl Phys* 2010 ; 107 : 09B323 1-3.
- 29) 山崎慶太, 櫛部淳道, 広里成隆, 山本 徹. 磁気擾乱低減材, 磁気擾乱低減材を使用したインプラント材又は建材, 及びその製造方法. 特許第5437675号 2013.
- 30) Chauvel B., Cathelineau G., Balac S., Lecerf J., De Certaines J.D. Cancellation of metal-induced MRI artifacts with dual-component paramagnetic and diamagnetic material : mathematical modelization and experimental verification. *J Magn Reson Imaging* 1996 ; 6 : 936-938.
- 31) Yamamoto T, Gao Y., Muramatsu K. Hybrid Structure Design for Implants : Dramatic reduction of the metal artifacts. *Proc Intl Soc Magn Reson Med* 2014 ; 22 : 1682.
- 32) Schick F. Whole-body MRI at high field : technical limits and clinical potential. *Eur Radiol* 2005 ; 15 : 946-959.



特集 Feature

磁性アタッチメントの基礎から臨床まで

磁性アタッチメントの基礎から臨床まで —— 教育講演の総括 ——

大久保力廣

鶴見大学歯学部有床義歯補綴学講座

Basic science and laboratory and clinical procedures of magnetic attachment : Summary of the educational symposium

Chikahiro Ohkubo

Department of Removable Prosthodontics, Tsurumi University School of Dental Medicine

要旨

磁性アタッチメントがオーバーデンチャーの支台装置として臨床応用されてから早くも四半世紀弱が経過している。この間、数多くの基礎的、臨床的研究が遂行され、歯根およびインプラント双方に対する本アタッチメントの信頼性は非常に高くなっている。しかしながら、わずかな取り付け誤差が吸引力の著しい減少を招来するというデリケートな一面は現在も変わらない。磁性アタッチメントの吸引力を含めた最大限の効果を発揮させるためには、他の補綴装置以上の高い精度の技工操作と臨床操作が重要である。本稿では学会における若手教育講演の要約という位置づけから、特に歯根に対する磁性アタッチメントを用いた補綴臨床を成功させるために必要な知識、基礎から臨床までの操作や教育の実際を概説、整理する。

Magnetic attachments have been widely used as stud attachments for overdentures. Since a great quantity of basic and clinical research has been reported, the reliability to magnetic attachments has been improved for both root- and implant-retained overdentures. However, slight errors in attaching the magnet assembly to the denture base allow for a remarkable decrease of attractive force. To obtain the maximum attractive force, greater accuracy during laboratory and clinical procedures is necessary. This paper summarizes the fundamental knowledge, laboratory and clinical procedures, and educational system of root-retained magnetic attachments for the long-term success.

キーワード (Key words)

磁性アタッチメント (Magnetic attachment), オーバーデンチャー (Overdenture), 技工操作 (Laboratory procedure), 臨床操作 (Clinical procedure), 吸引力 (Attractive force)

I. はじめに

磁性アタッチメントがオーバーデンチャーの支台装置として臨床応用されてから、数多くの基礎研究や臨床例が報告され、歯根およびインプラント双方に対する本アタッチメントの信頼性は非常に高くなってきている。しかしながら、わずかな

取り付け誤差が吸引力の著しい減少を招来するというデリケートな一面は現在も変わることがない。磁性アタッチメントの吸引力を含めた最大限の効果を発揮させるためには、他の補綴装置以上の高い精度の技工操作と臨床操作が大切である。したがって、磁性アタッチメントを用いた補綴臨床を

成功させるためには、本アタッチメント特有の性質と術式を熟知するとともに、誤差のない技工操作、臨床操作の実践が必要不可欠であり、学生や研修医に対する教育の重要性も再認識しなければならない。

そこで、本稿は学術大会における若手教育講演の要約という位置づけから、①キーパーの選択から製作方法に至るまでの基本的技工操作、②研修医に対して実際に行っている磁性アタッチメントの教育内容、③特徴、適応症、留意点、⑤予後を良好に導くための二次カリエス対処法について概説し、この後の各シンポジストの論文に詳細を委ねたい。

II. 基本的技工操作

1. キーパーの選択と取り付け法

横江 誠先生は磁性アタッチメントの基本的技工操作について主点を纏められており、垂直的に十分なスペースの確保と磁石構造体の低位置の設定が重要であると述べている。もちろん、適切なコーピング形態に仕上げるためには、支台歯の適正な切削が不可欠であり、余分な歯質の残存がないように留意しなければならない。

1) キーパーの選択

選択するキーパーのサイズは根面内で、できるだけ大きいサイズのキーパーを選択する。キーパーは基本的には咬合平面と平行に支台歯のやや舌側寄りに位置づけ、作業用模型はガム模型を基本とし、歯周組織に調和したコーピング形態を付与するよう心がける。

2) 鋳接法

当初は磁性アタッチメントのほぼすべての症例で、鋳接法によりキーパーとルートコーピングを一体化していた。しかし、鋳接操作では金属の鋳造収縮に伴うキーパーの変形、加熱によるキーパーのすき間腐食、キーパー吸着面の酸化被膜の発生が不可避となる。粗造化したキーパー面に対しては、ガラス板上で石膏やレジンにキーパーを埋め込み、耐水ペーパーにて精度高く再研磨する方法が有効とされており、鋳接法で製作された場合のルーチンな研磨法として実施されている。

3) キーパーボンディング法 (KB法)

加熱により酸化被膜が発生したキーパー面は、

どれほど丁寧に再研磨したとしても表面加工精度に限界がある。そこで工場出荷時の加工面の状態を堅持するために、加熱操作を避け、ルートコーピングにキーパーをセメント合着するキーパーボンディング法 (KB法) が考案されており、キーパー取り付け方法の第一選択肢となっている (図1)。特にカバーガラスを利用したキーパーの合着法により、キーパーとレジンセメント面を同一平面に仕上げることが可能であり、優れた技工操作として推奨されている (図2)¹⁾。ただし、鋳接法よりわずかにスペースが必要となることが唯一の難点といえる。

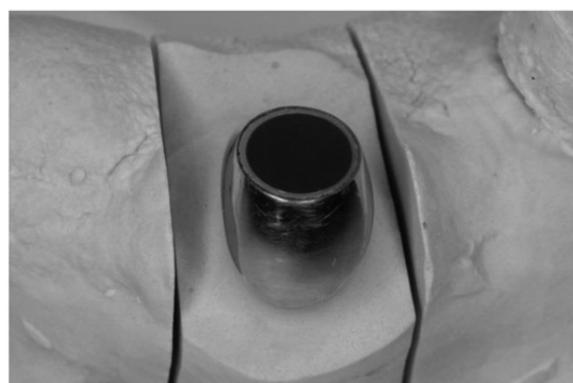


図1. キーパーボンディング法

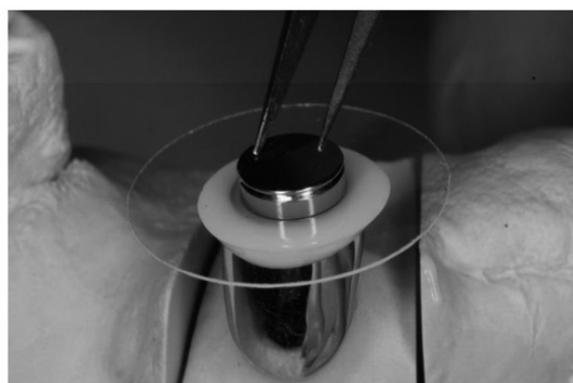


図2. カバーガラスを介して磁石構造体に吸着させた状態で合着操作

4) レジンルートコーピング法

最近ではハイブリッド型コンポジットレジンを用いたルートコーピングにキーパーを組み込むことで、加熱操作もなく、鋳接法と同様のスペースで製作が可能な方法が開発されている。本法の応用により、義歯床や人工歯部での金属色の透過も防止できる²⁾。

2. ハウジング

磁石構造体を義歯床と一体化させる際には、ハウジングを用いてあらかじめ磁石構造体を包含しておき、少量のレジンで組み込むことができる。チェアーサイドでの磁石構造体の取り付け操作が非常に簡便となるだけでなく、使用するレジン量が少ないことから重合収縮も小さく、磁石構造体の変位も最少限に抑制することが可能となる。

1) レジンハウジング

磁石構造体表面に接着処理を施した後、常温重合レジンで構築する。技工室で製作されるため磁石構造体の接着効果も高く、位置変化の少ない固定が図れる。ハウジングの厚さは0.5mm程度まで調整可能であるが、義歯床にはその分のリリーフが必要となるため、若干大きなスペースを要することになる³⁾ (図3)。



図3. レジンハウジング

2) メタルハウジング

メタルハウジングはレジンハウジングに比較して、製作ははるかに面倒であるが、臨床上的利点が多い。基本的に磁石構造体の取り付け部は義歯の凹面となり、取り付けには常温重合レジンを使用するため、重合度も低く、不潔になりやすい。金属でハウジングを製作することにより、ハウジング内面を研磨できることから清潔であり、十分な堅牢性も有している (図4)。またリラインの際にも、磁石構造体とハウジングを一塊として撤去可能なため、磁石構造体を傷つけることなく、そのまま再利用が可能となる³⁾。



図4. メタルハウジング

III. 磁性アタッチメントの教育

磁性アタッチメントに関する十分な知識や技術がないまま適用すると、期待する結果が得られない場合が多い。そうした失敗経験は磁性アタッチメントに対してネガティブなイメージを抱かせる誘因にもなる。対策としては、デンタルインプラントに関する歯学部学生や研修医に対する教育が重視されているのと同様に、磁性アタッチメントについても学生や研修医に対する講義や実習がきわめて有効と考えられる。

中林晋也先生は日本大学歯学部における臨床研修医に対する教育システムの細密を紹介されている。講義では磁性アタッチメントが吸着面に対して垂直に引っ張られることにより最大の吸引力が得られるという特徴を説明し、実習では磁石構造体の合着操作で誤差が生じた場合には吸引力が極端に低下する事象を経験させている。加えて、磁性アタッチメントがMRIに及ぼす影響を教授することにより、適応症の選定や患者指導、放射線技師への説明を習得させていることは非常に有益と考えられる。

磁性アタッチメントの実習では合着操作だけでなく、シミュレーション模型上での根面形成や技工操作を含めた実習が実施できれば、教育アウトカムの向上に繋がると想像できるが、人的資源や経済的問題も伴うため実現は容易ではない。今後はインプラント同様、メーカーによる実習用の磁性アタッチメントの無償提供など、経済面でのサポートを期待したい。

磁性アタッチメントのさらなる普及を考えると、「急がば回れ」のコンセプトで、学生あるいは研修医への教育に力を傾注する効果は予想以上に大きいのではないだろうか。加えて、中林論文

に述べられているように、技工士専門学生への教育や歯科技工士への啓蒙活動も、磁性アタッチメントの臨床レベルを向上させるために非常に重要と考えられる。

IV. 磁性アタッチメントの特徴と臨床応用例

神原 亮先生は愛知学院大学歯学部附属病院に開設されているマグネットデンチャー外来の概要を紹介されるとともに、専用パンフレットやシミュレーション模型を用いた患者説明の現状を解説している。中でも、若手歯科医師が附属病院内にある歯科技工部の技工士から直接指導を受けられる環境は、磁性アタッチメントの臨床技術を向上させる上で理想的と考えられ、マグネットデンチャー外来が教育現場としても有効に機能していることが伺える。

これまでの臨床経験と基礎的研究に裏打ちされた磁性アタッチメントの特徴として、①支台歯に無理な荷重がかからない、②維持力の選択が可能、③臨床操作が容易、④優れた審美性、⑤安定した機能、⑥患者自身による取り扱いが容易、⑦広い適用範囲、⑧再利用が可能、等が列挙されている。適応症を間違えることなく基本的な技工操作と臨床操作が遂行されれば、これらの特長がそのまま実現するはずである。

また、基本的な適用法の他に、マグノテレスコピック (MT) 冠と歯冠外アタッチメントとしての応用法が紹介されている。実際の臨床応用症例を提示するだけでなく、これら応用例に対する力学的検討が行われ、安全性も検証されている。さらに、支台歯形成や印象採得など磁性アタッチメントの基本的術式と口腔清掃法が詳細に解説されており、タイトル通りに「成功させるため」の要訣が確認できる。また5年経過の機能的、審美的な補綴処置を行った全顎的補綴症例を供覧し、磁性アタッチメントのアドバンス的応用例と補綴設計の具体的考え方が提示されている。結論として、磁性アタッチメントを成功させるため、①磁性アタッチメントの選択、②支台歯形成、③印象採得、④口腔清掃のそれぞれについて留意すべき点を挙げており、非常に大きな示唆に富んでいる。

V. 二次カリエスの予防法

永田和裕先生は、磁性アタッチメントの支台歯

の予後調査結果から、二次カリエスの発生頻度が比較的高いことに注目し、原因と誘因、予防法、対処法について解説されている。

原因・誘因としては、磁性アタッチメントが口腔清掃の不良な高齢者や多数歯欠損症例に適用されていることが多く、支台歯を被覆するために自浄性に劣り二次カリエスが発生しやすい環境にあることを指摘している。一方、辺縁歯肉の開放は必ずしも二次カリエスの予防を担保するものでは無く、サベイラインを超えて義歯床縁を顎堤のアンダーカット領域に延長することは避ける必要があると述べている。

また予防法として、歯肉縁上および縁下のプラークコントロールを徹底させることが基本であり、術者による定期的な口腔内清掃や、局所的なフッ化物の適用の有効性も示唆している。さらにコーピングのデザインや製作法についても論及し、歯肉溝を封鎖するシーリングタイプとアンダーカットゥアに製作するサンタリータイプを提示するとともに、二次カリエスの予防と歯周病の管理において、両者は異なった特徴を有すると考察している。

他方、すでに二次カリエスに罹患した場合の対処法としては、歯質とコーピングマージン境界の軟化象牙質を除去し、コンポジットレジン充填を行うことを推奨している。充填後の経過はおおむね良好で、定期的な管理さえ行われれば、重篤な問題は回避できると推察されている。なお万が一、広範囲な二次カリエスが発生した際にも根管維持が十分であれば、コーピングの継続的な使用が可能であることから、コーピング製作時には、ポストの長さを短くせず、根管維持が十分に得られるよう形成することを推奨している。

VI. おわりに

磁性アタッチメントを使用している一般の臨床家から「期待どおりの維持力が得られない」との声聞く。しかし製品としての磁性アタッチメントは、小型にして驚くほど大きな吸引力を有している。その吸引力が口腔内で発現されないということは、技工上あるいは臨床上、何らかの誤差が生じているからに相違ない。こうした誤差を少しでも回避するため、技工操作、臨床操作、教育、経過観察とその対応に関して、若い先生方を中心

にディスカッションした今回の教育シンポジウムは貴い意義があったと思われる。利用者が皆、磁性アタッチメントの基本術式を熟知し、注意深い操作を行うことにより、最大限の効果が得られることを期待したい。

一方、磁性アタッチメントの普及をさらに拡大させるためには、技工上あるいは臨床上の操作をより簡便に改良すると同時に、初心者でも十分な吸引力を発現させることができるような、術式と材料の開発を行うことも必要ではないかと考えている。

謝 辞

磁性アタッチメントの症例写真は本学歯科技工

研修科 前田祥博先生からご提供いただいた。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 平野智一, 杉山浩一, 水野行博, ほか: ダイレクトボンド法による磁性アタッチメントの技工術式の検討, 日磁歯誌 2003; 12: 40-45.
- 2) 前田祥博, 高山慈子, 大久保力廣, 土田富士夫, 細井紀雄: ハイブリッド型コンポジットレジンを用いたキーパー付き根面板の製作, 日磁歯誌 2012; 21: 133.
- 3) 大久保力廣, 市川正幸, 三山善也, 伊原啓祐. 即!実践 臨床技工テクニカルヒント. 東京: 医歯薬出版; 2014, 36-37.



特集 Feature
磁性アタッチメントの基礎から臨床まで

『磁性アタッチメントの基礎から臨床まで』
失敗しないための基本的技工操作

横江 誠¹, 伊藤太志¹, 岡田通夫¹, 神原 亮², 中村好徳², 田中貴信²

¹愛知学院大学歯学部附属病院 歯科技工部

²愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

Basic laboratory procedures for successful magnetic dentures

Makoto Yokoe¹, Futoshi Ito¹, Michio Okada¹, Ryo Kanbara²,
Yoshinori Nakamura² and Yoshinobu Tanaka²

¹Laboratory of Dental Hospital, Aichi-Gakuin University

²Department of removable prosthodontics, School of dentistry, Aichi-Gakuin University

要旨

磁性アタッチメントは1992年に発売されて以来、技工操作が比較的簡便であることや、維持力が長期間安定していること、支台歯に負担が少ないことなどから臨床現場で広く利用されている。現在では改良も進み、より小型・薄型となり、適応範囲は拡大している。

しかし、日常の臨床では、キーパーの設置位置や高さ、角度などが不適切なキーパー根面板が装着されていることが散見される。これらは製作者の未熟な技術や認識によるものと、支台歯の根面形成に問題があることも少なくない。

磁性アタッチメントを応用した義歯を失敗しないためには、適切な支台歯形成、使用する磁性アタッチメントのサイズとクリアランスの関係、支台歯周囲歯肉と調和した形態のキーパー根面板が必要とされるため、今回、それらの術式を再認識するとともに、製作法における基本的な要点を紹介する。

Abstract

Magnetic attachments have been widely used since their introduction in 1992 due to their easy handling, stable long-term retentive force, and low stress on abutments. The present magnetic attachments have become smaller and thinner as compared to the original models, and the range of their application has been expanded. However, copings with inappropriate locations, heights, and keeper angles are encountered in clinical practice. The problem is often caused by fabricators' lack of skill and knowledge and poor root surface preparation of abutments.

Proper abutment preparation, relationship between the magnetic attachment size and clearance, and keeper coping shape in harmony with the gum around the abutment are necessary for fabricating magnetic dentures successfully. The present study was performed to review the denture-making procedure and to introduce key points of the fabrication method.

キーワード

(Key words)

磁性アタッチメント (magnetic attachment), 支台歯形成 (preparation for abutment tooth), キーパー根面板 (keeper root cap), 鋳接法 (the welding method), KB法 (keeper bonding method)

1. はじめに

磁性アタッチメントは1992年に発売されて以来、国内・外の臨床現場で広く利用されている¹⁻³⁾。現在では、基本的な根面板形態の利用はもとより、有髄歯に歯冠外としての利用、コーヌスクローネに類似した形態のMT冠、また、インプラントのカスタムアバットメントやバーに応用するなど、多様な支台装置として用いられるようになり、適応範囲は順次拡大している。

しかし、日常の臨床では、キーパーの設定位置や高さ、角度などが不適切なキーパー根面板が散見される。これらは歯科技工士の認識不足や未熟な技術によるものと、歯科医師による支台歯形成に問題があるとも考えられる。義歯の製作過程における不適切な根面板形態は、磁石構造体のクリアランス不足や、人工歯排列などの技工操作に支障を来すことになる。

磁性アタッチメントを応用した義歯の製作を失敗しないためには、適切な支台歯形成や、適切に製作されたキーパー根面板が必要不可欠である。そのため、本稿では、それらの術式および製作法を再認識すると共に、その要点について一連の技工操作を通じて紹介する。

2. 基本的な支台歯形成

支台歯形成は、通常根面形成に準ずるが、磁石構造体を収める垂直的なスペースの確保と支台歯に為害作用をもたらす側方力の負担を軽減させるため、可及的に低い位置に設定する必要がある。形成方法は、まず歯冠部を切断し、根面の高さを歯肉等縁に設定する。この際、一部でも突出した歯質が存在すると、その部位が基点となりキーパーの設定位置が高くなってしまふ。また、垂直的なスペースの確保に関しては、ギガウス診断用ゲージ（ジーシー）を用いて対合歯との垂直的なスペースを確認することが推奨されている（図1-a）。

ポスト孔部の形成は、根管形成用のバーを用いて、テーパ角 2° 、深さは5mm程度とする（図1-a）。次に根面板辺縁部の把持や適合性を高めるため、根面全周にベベルを付与する。その後、根面板のポスト周辺の金属の厚みを確保するため、ポスト孔周囲を凹面に形成する（図1-b）。最後に脱離防止と正しい位置に合着できるように、回転防止溝を2mm程度ポストと平行に付与して、支台

歯形成を終了とする（図1-c）¹⁻³⁾。

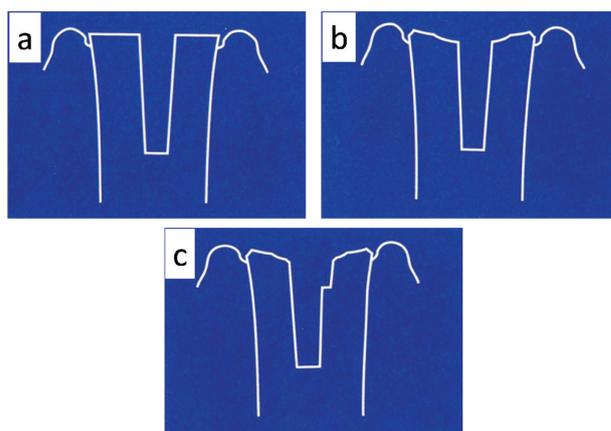


図1. 支台歯形成（キーパー根面板）
a：根面形成およびポスト孔形成
b：全周ベベルの形成およびポスト孔周囲の凹面形成
c：回転防止溝の形成

3. キーパー根面板の製作

1) キーパーのサイズ選択と設定位置について

キーパーのサイズについては模型上で確認を行う。根面の形状や大きさを考慮し、根面に収まる可能な限り大きいサイズのキーパーを選択する。

キーパーの設定位置は、基本的には咬合平面と平行に設置することが望ましい。義歯の維持力や安定を図るためにも有効である。

キーパーを咬合平面と平行に設定するためには、残存歯や顎堤の基準点を含んだ、全顎での印象採得が望ましい（図2）。また、専用のマンドレル（ジーシー）を用いることで、少数歯や多数歯症例においても簡単に同一平面上での設置が可能である（図3）。

キーパーの水平的な位置決めについては、支台歯のやや舌側寄りに設置することで、義歯製作の際、人工歯の唇頬側の厚みが得られやすい¹⁻³⁾。

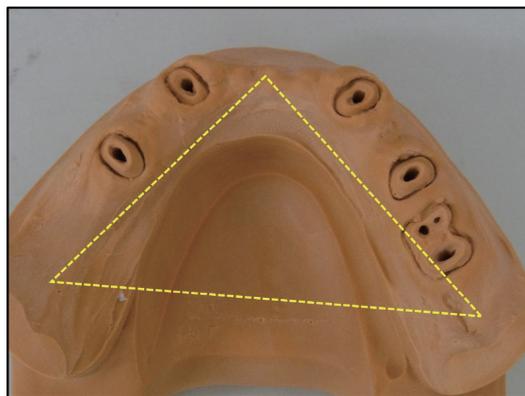


図2. 全顎印象採得による作業用模型



図3. 同一平面上でのキーパー位置の設定

2) キーパー根面板の形態について

理想的な根面板形態は、歯肉辺縁との関係が重視されるため、根面板の辺縁部は歯周ポケットを無理なく塞いだ形態とする(図4-a)。それにより自浄性がよく、歯肉退縮も起きにくいとされている。図4-bに示すように根面板形態がアンダーカットゥアーでは、歯周ポケット部に空隙があるため、この部分に食査、プラークが沈着し、歯肉辺縁部は不潔になりやすい。また、図4-cのように、歯周ポケット上部にアンダーカットがある形態では、同様に不潔になりやすい。さらに、義歯に磁石構造体を装着する際、このアンダーカットに常温重合レジンが流れ込むと、義歯と根面板が嵌合して、撤去が困難となりトラブルを引き起こす原因となる¹⁻³⁾。

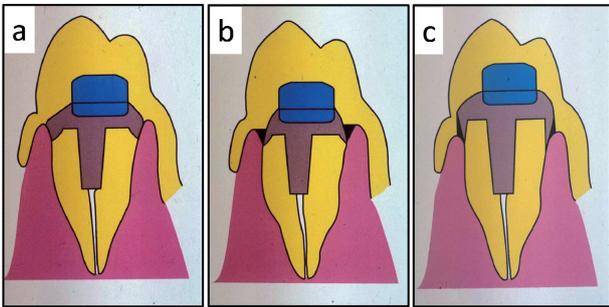


図4. キーパー根面板形態

- a : 歯周ポケットを無理なく塞いだ形態
- b : アンダーカットゥアーで歯周ポケットに空隙がある形態
- c : 歯周ポケット上部にアンダーカットがある形態

3) ガム模型の製作について

キーパー根面板を製作するにあたり、歯周組織と調和のとれた形態をワックスパターン製作時に付与する必要がある。そのため、キーパー根面板のワックスアップに関しては、作業用模型上で支台歯のトリミングを行ってマージン部を明示する必要がある為、歯肉辺縁形態を保存できるガム模型の製作が必要不可欠である。図5-a,bにキーパー根面板製作時におけるガム模型を示す。このガム

模型を用いることで、ワックスアップを行う際に、歯周組織と調和のとれた理想的なキーパー根面板が製作可能となる。しかしながら、ガム模型を利用して、印象採得時の圧排や、形成後の歯肉退縮などにより、実際の口腔内の歯肉辺縁の形態は再現されていないことも少なくはない。そのため、最終的なキーパー根面板の形態は、口腔内に試適して歯周組織と調和を図るように調整が必要となる¹⁻³⁾。

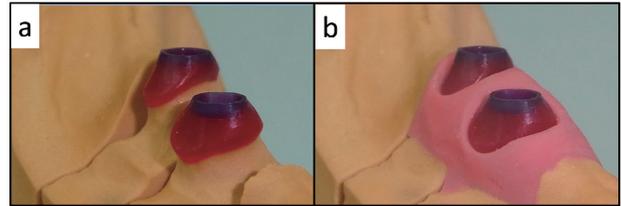


図5. キーパー根面板のワックスアップ

- a : トリミングされた支台歯でのワックスパターン
- b : ガム模型を用いたワックスパターン

4. 鑄接法とKB法について

1) 鑄接法について

キーパー根面板の鑄接法における製作手順は、まず、維持棒のついた鑄接用キーパーを前述の設定方法に従い、根面上に位置決め後、周囲にワックスを盛り上げ、ワックスパターンを製作する¹⁻³⁾。ワックスアップに関して、図6-aに示す臼歯部のような根面の大きな場合は、キーパー周囲のワックスが十分確保できるため特別な考慮は必要ないが、図6-bのようにキーパー周囲にワックスの厚みが得られない場合には、鑄造時にキーパーが、冷やし金の働きをするため、同部位に鑄造欠陥を起こし易いため注意が必要である。また、図6-cのようにキーパー上面へワックスを付着させることや、盛り上げることは禁忌である。図7に完成したワックスパターンを示す。

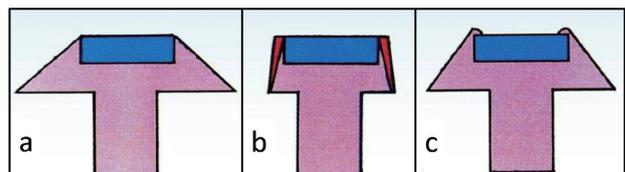


図6. キーパー根面板のワックスアップ(鑄接法)

- a : キーパー周囲に十分なワックスの厚みがあるワックスアップ
- b : キーパー周囲に十分なワックスの厚みが得られていないワックスアップ
- c : キーパー上面にワックスの付着や、ワックスの盛り上げがあるワックスアップ

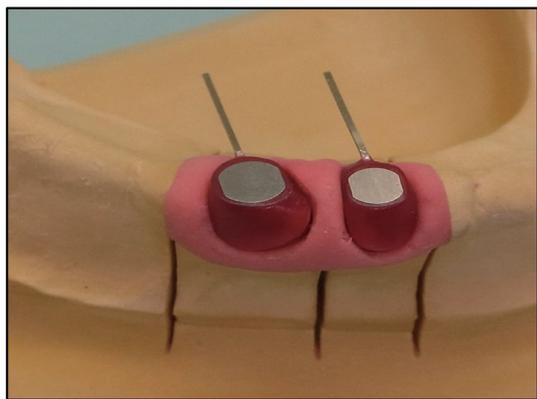


図7. 鋳接法におけるキーパー根面板のワックスパターン

完成したワックスパターンを埋没、鋳造を行う。まず、キーパーの維持棒を屈曲し、埋没材内に位置決め固定をできるようにする。ワックスパターン焼却時には、キーパーの過度な酸化を防ぐため、リングの高温、長時間の加熱は避ける。鋳造後の酸化膜は必ず除去する必要があるため、通法に従い酸処理を行う。耐食性に優れているステンレス鋼も、強酸、特に塩酸の類にて腐食し易いため、ここで誤った操作を行うと、キーパー表面に過大な面荒れが生じてしまう。通常は使用金属にかかわらずパラクリーン（ジーシー）を使用すると良い。

鋳接法では、鋳込まれた歯科用合金がキーパーを取り囲んだ状態で硬化するため、鋳造収縮によるキーパーの変形が指摘されている（図8）。そのため、酸処理後、鋳造体のキーパーに磁石構造体を吸着させて、キーパー吸着面が吸引力を十分に発揮出来得る表面形状であるか確認する必要がある。磁石構造体がキーパー上で簡単に回転してしまい、十分吸引力が得られない場合には、キーパー吸着面の変形が考えられる。その対処法として、キーパー根面板を常温重合レジンで包埋し、耐水ペーパー1000～1200番を使用して、吸着面が平滑になるよう慎重に研磨を行う。過度な研磨は、吸引力が低下するため、削り過ぎないように注意する（図9）。鋳接法におけるキーパー吸着面の研磨について、岡田⁴⁾は鋳造収縮によって凸面となった吸着面を、研磨操作により平滑にすることで、キーパーの変形量を改善でき、同時に吸引力の低下を防止できると報告している（図10）。研磨後、完成したキーパー根面板を図11に示す。

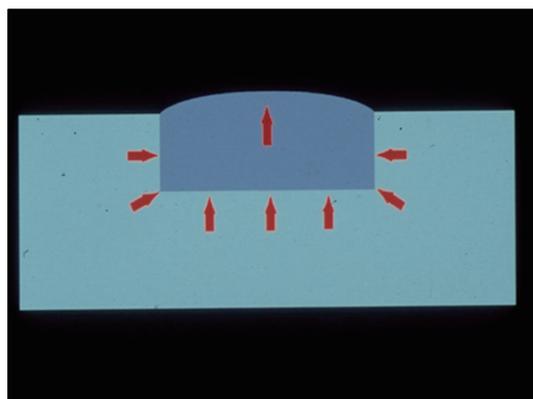


図8. 鋳造収縮によるキーパー吸着面の変形



図9. キーパー吸着面の研磨

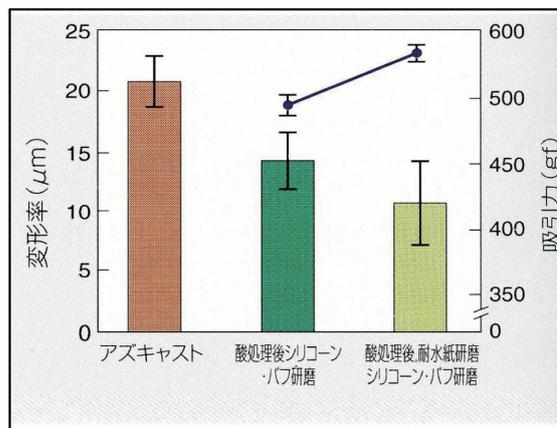


図10. キーパーの変形量と吸引力の変化



図11. 鋳接法により製作したキーパー根面板

2) KB法について

キーパー根面板のKB法における製作手順は、プラスチックパターンのキーパートレー（ジーシー）を、鑄接法と同様に、根面上に設定後、周囲にワックスアップを行い、ワックスパターンを製作する¹⁻³⁾。ワックスアップの際には、トレー内面にワックスを付着させないこと。また、トレーはポリエチレン製であるため、加熱したスパチュラをトレーに接触させ、トレーを熱変形させないように注意が必要である。完成したワックスパターンを図12に示す。

次にワックスパターンを埋没する際、界面活性剤を使用すると面荒れが生じ易いため使用は控え、トレー内面に気泡を迷入させないように注意を払う必要がある。リング加熱時には、ワックスと同時にトレーも焼却されるため、鑄接法と比べて鑄造欠陥は起こりにくい。鑄造後は通法通り酸処理を行い、酸化膜を除去する。

酸処理後、トレー内面の気泡や面荒れは、キーパー合着時の浮き上がりの原因となるので、顕微鏡などを用いてフィッシャーバー等で調整を行い、キーパーが根面板トレー内に収まることを確認する。その際、キーパーにはあらかじめ粗面化処理が施してあるため、キーパーは直接手指で触れないようにキーパーキャリア（ジーシー）などを使うと良い。鑄造体のトレー内面には50 μ 程度のアルミナサンドブラスト処理を行い、合着のための前処理とする。

キーパーの合着に関しては、根面板トレー内面とキーパーの合着面に金属接着用プライマー（メタルプライマー、ジーシー）を一層塗布し、その後、流動性に優れた歯科接着性レジンセメントで合着を行う。トレーの内径は、キーパーの外径より、若干大きく設定されているため、合着時には、キーパーの沈み込みを防止するため、カバーガラスを介在させると良い（図13）。

合着操作でキーパーとトレー部にステップが発生した場合、キーパーを傷つけないようにトレー辺縁を慎重に削る。合着後、余剰なセメントを除去し、吸着面にはセメントが付着していないことを確認し完成とする。KB法により製作したキーパー根面板を図14に示す。

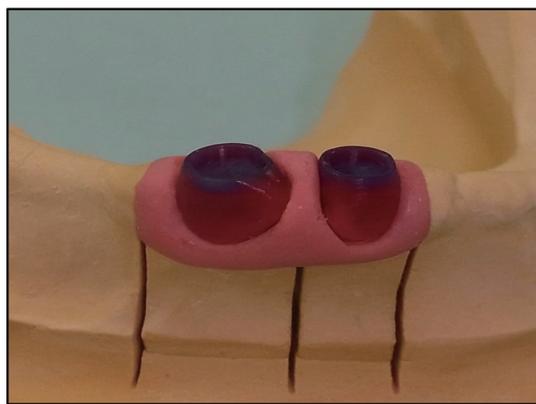


図12. KB法におけるキーパー根面板のワックスパターン

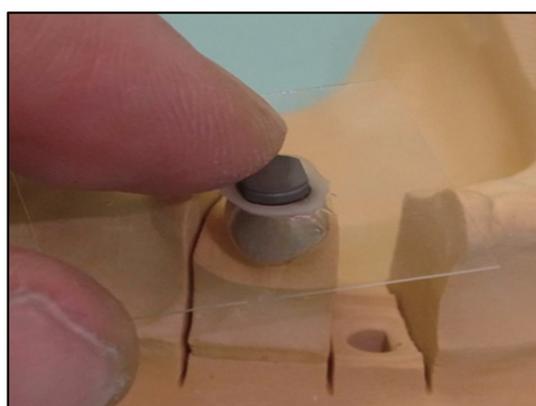


図13. キーパーの合着操作



図14. KB法により製作したキーパー根面板

3) 鑄接法とKB法の利点・欠点

鑄接法の利点としては、技工操作が簡便であることや、キーパーの設定位置を低くすることができる。また根面板上面を小さくすることができるため、下顎前歯などにも適応しやすいことが挙げられる。対して、鑄接法の欠点としては、鑄造時の加熱によるキーパーの酸化や腐食の危険性や鑄造収縮によるキーパーの歪み、酸処理による面荒れなどによる吸引力の低下が挙げられる。

KB法の利点は、キーパーを合着するため、製作工程におけるキーパーへの影響は皆無で、製造時の吸引力が得られることが挙げられる。KB法の欠点としては、キーパー合着などの技工操作が煩雑であることや、キーパーの垂直的な設定位置が鋳接法と比べて高くなり易いことが挙げられる¹⁻³⁾。

5. 義歯製作

磁性アタッチメント義歯は、キーパー吸着面に対して適切な位置に磁石構造体が設置されて初めて最大限吸引力を発揮するものであるため、義歯製作の際には、磁石構造体が適切な位置に過不足なく収まるスペースを確保する必要がある。そのため、図15に示す様に、装着されたキーパー根面板の大きさに合致したサイズの石膏スペーサーを、作業用模型上の的確な位置に瞬間接着剤を用いて固定し、その上から蠟義歯製作を行う。その際、キーパー根面板と磁石構造体の大きさに対して、義歯床や人工歯の厚みや位置関係が適当かどうか確認することができる。その後、重合研磨を行い義歯の完成とする。完成した義歯を図16に示す。キーパー根面板に対応する義歯床粘膜面には磁石構造体が過不足なく収まるスペースが確認できる。このことにより磁石構造体の装着の際、常



図15. 作業用模型上での石膏スペーサーの設置



図16. 完成した磁性アタッチメント義歯

温重合レジン量を必要最小限にとどめることができ、それによりレジンの重合収縮による磁石構造体の位置ずれも防止することが可能となる¹⁻³⁾。

6. 義歯への磁石構造体の装着

磁石構造体の義歯への装着方法は、前準備として義歯の審美的、機能的に問題のない位置に直径2mm程度の通路を付与することにより、余剰な常温重合レジンを外側へ流出させ、磁石構造体の位置ずれを防止する(図17)。次に磁石構造体を口腔内のキーパー根面板に吸着させた後、石膏スペーサーにより確保された義歯内のスペースに常温重合レジンを満たし、口腔内の所定の位置に義歯を装着し、術者の手指にて常温重合レジンが確実に硬化するまで保持する。硬化後、吸着面にバリがないことを確認し、通路部から流出した常温重合レジン修正して磁石構造体の装着を完了とする(図18)。

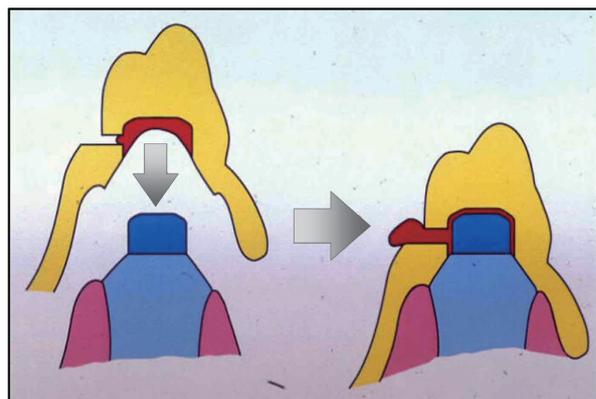


図17. 磁石構造体の装着方法

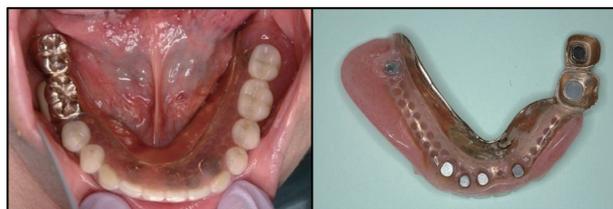


図18. 磁石構造体の義歯への装着

7. おわりに

磁性アタッチメントを応用した症例を失敗しないためには、今回、紹介した支台歯形成やキーパー根面板の製作などに、基本的な知識と正確な技工操作が必要不可欠であると思われる。

また、術前の審査、診断、設計など、担当医との連携を密にすることにより、より良い補綴装置を提供できると考えられる。

参考文献

- 1) 田中貴信. 磁性アタッチメントー磁石を利用した新しい補綴治療ー. 東京：医歯薬出版；1992.
- 2) 田中貴信. マグフィット・システムーその臨床活用の要点ー. 東京：デンタルダイヤモンド；1993.
- 3) 田中貴信. 続・磁性アタッチメントー108問108答ー. 東京：医歯薬出版；1995.
- 4) 岡田通夫. 臨床でいきる研磨のすべて. 歯科技工別冊：136-145, 2002.



特集 Feature
磁性アタッチメントの基礎から臨床まで

歯科医師臨床研修医に対する磁性アタッチメントの教育

中林晋也, 石上友彦

日本大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座

Education regarding the magnetic attachment for dental residents

Shinya Nakabayashi, Tomohiko Ishigami

Department of Partial Denture Prosthodontics,

Nihon University School of Dentistry

要旨

磁性アタッチメントは学生教育の一部に組み込まれたが、残念ながら机上での学問であり歯科医師臨床研修医は磁性アタッチメントの特徴などを十分に理解出来ていないのが現状である。

磁性アタッチメントの有用性と術式が理解しないと十分な機能を発揮されず、将来磁性アタッチメントが治療方法の一つとして応用されない可能性がある。そのため、我々は磁性アタッチメントが治療法の基本的選択肢の一つとして広めたいと考えているので、当講座では歯科医師臨床研修医制度が導入されてから部分床義歯の教育プログラムの中に磁性アタッチメントの教育を取り込んでいる。磁性アタッチメントの特徴を含め、適応症や術式を研究結果と臨床例を踏まえて紹介すると共に、臨床上の注意点を示し、顎模型を用いて磁性アタッチメントの簡単な実習を行い、磁性アタッチメントを臨床に正しく活用できるよう教育を行っているので、このプログラムの概要を紹介する。

Abstract

Although we have been educated regarding magnetic attachments in classes and clinical practice, the fact is that those who became dental residents do not always understand or remember their features or proper use.

The magnetic attachment is a clinically useful device. If dentists do not understand the correct form and method of magnetic attachment, they may not notice its usefulness; the concern is that magnetic attachments may not be chosen as a treatment method in the future. Therefore, we believe that the educational process that helps dental residents and undergraduate students understand magnetic attachments was important and have developed an appropriate program whereby, by lectures and simple practices based on research achievements, they might understand them sufficiently.

Thus, since postgraduate clinical training programs were established, we have included opportunities to practice magnetic attachment as part of the education regarding partial dentures. This paper introduces educational content for these lectures and simple practices.

キーワード

(Key words)

歯科医師臨床研修医 (dental residents), 磁性アタッチメント (magnetic attachment), 教育 (education), 研究成果 (research achievements), 実習 (practice)

I. はじめに

磁性アタッチメントは、オーバードンチャーの支台装置として注目され普及し、近年では顎顔面補綴装置やインプラント補綴装置のアタッチメントとして臨床で幅広く応用されている。そして著者も含め多くの臨床歯科医師はこの磁性アタッチメントの有用性を実感していると考える。

その有用性から臨床における治療法の一つとして確立され、平成22年歯科医師国家試験出題基準¹⁾に磁性アタッチメントに関わる項目が挙げられた。そこで磁性アタッチメントは学生教育の一部に組み込まれ、国家試験受験生に必要な知識となり、学生への補綴学教育の一部に組み込み始めた。しかし、国家試験に合格した歯科医師臨床研修医(以下研修医)は、残念ながら机上で学んだだけであり磁性アタッチメントの特徴などを十分に理解出来ていないのが現状である。

若い歯科医師が磁性アタッチメントの有用性と術式を十分理解していないと、治療方法の一つとして応用されない可能性がある。そのため、我々は以前より磁性アタッチメントの有用性を広報し、一般臨床の治療法の基本的選択肢の一つとして広めたいと考えてきた。

そこで、当講座では歯科医師臨床研修医制度が導入された8年前から研修医に対して専門教育を目的とした部分床義歯の教育プログラムの中に磁性アタッチメントの教育を取り入れてきた。

教育を行う立場では、磁性アタッチメントを講義で教えることが主体となるが、研修医の立場から考えると、知識や術式を理解して身に付けることが主体である。

そこで、我々は、「正しい磁性アタッチメントを臨床に活用できる教育」を行うことを目標とし、「まず磁性アタッチメントの特徴を理解させ、臨床技術を身に付けさせる」教育を心がけ、講義と実習を取り入れたプログラムを考えた。

具体的には、磁性アタッチメントの特徴を含め、適応症や使用方法について我々の研究結果と臨床例を交えて説明すると共に、临床上の注意点を示し、顎模型を用いて磁性アタッチメントの簡単な実習を行い、正しい磁性アタッチメントを臨床に活用できるよう教育を行っている。今回はこのプログラムの概要を紹介する。

II. 講義

1. 磁性アタッチメントの特徴

磁性アタッチメントは、オーバードンチャーに対する根面アタッチメントとして使用し、①半永久的な吸引力、②吸着面に対して垂直的方向に最大の吸引力を発揮するといった特徴が挙げられる。①の吸引力は義歯の維持力として有用である。従来の義歯の維持力は弾性や摩擦力によるもので、物理的に減衰が生じるが、磁性アタッチメントは保磁力が強いネオジウム磁石であり、半永久的に磁力の減衰がない。②においては、垂直的方向に最大の吸引力が発揮し、水平的方向の吸引力は1/7程度になる特徴があるが、この特徴により有害な側方力に対して抵抗せず、支台歯にやさしい支台装置になることが挙げられる^{2,3)}(図1)。

しかし、垂直的方向の吸引力の最大値には、磁石構造体とキーパーとの距離と吸引力の減増関係を示す Air Gap 曲線が関係している。この曲線は磁石構造体とキーパーの間隙が μm 単位で生じただけで、磁石構造体の吸引力が大きく減衰すること示している。このことより臨床の場で磁石構造体を義歯側に合着する際の操作によって、吸引力を十分に引き出すことが出来ない危険性があることを理解させる必要がある(図2)。

磁性アタッチメントの特徴を知ることは大事であるが、その特徴がどのように臨床で活かされるのか、磁性アタッチメントを活かすために、何を知らなければならないのかを研究データを基に裏付けし臨床的根拠を理解させ、義歯の破損や支台歯の歯周組織の悪化等の原因となりうることを含めて、習得させる。

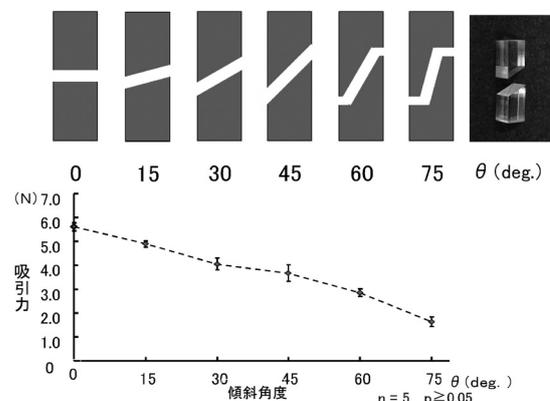


図1. キーパー傾斜角度と磁性アタッチメントの吸引力

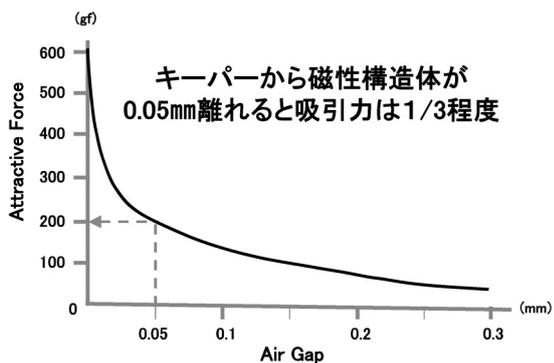


図2. Air Gap 曲線

2. 磁性アタッチメントの形態と分類

磁性アタッチメントは根面アタッチメントが主であり、形態によっては歯周組織に悪影響を与える可能性もある。磁性アタッチメントの形態は術後経過を左右する重要な要素を含んでいる。したがって、キーパー付根面板の適切な形態を求めて研究を行い、その研究成果を講義内容に加えている。

キーパー付根面板形態はキーパーの位置で変わるので、キーパーの設置位置を高さや水平的位置の違いによる支台歯への影響を実験し、キーパー付根面板の適切な形態を検討した。実験の結果、根面板の高さは低いほど、またキーパーの位置は中央から舌側に設置することで支台歯の変位量が小さくなる知見を得た^{4,5)}。すなわち、キーパーの位置は人工歯の排列位置を考慮して舌側寄り設置し、高さは立ち上がりを付けないように可及的に低く設置することで支台歯にとってやさしい設計になることを研修医に理解させる。つまり、キーパー付根面板の形態は顎堤に即した形態が重要であることを理解させる必要がある(図3)。

磁性アタッチメントは根面アタッチメントへの応用が最も多く、主に失活歯に応用されることが多い。そのため健全な生活歯への応用が難しかったが、アタッチメントを根面から歯冠外に設置することで生活歯でも磁性アタッチメントの応用が可能となった(図4)。しかし、アタッチメントを歯冠外に設置すると欠損側に延長する形態となるので、咬合圧は歯冠と延長部の連結部に応力の集中が生じ、破損が起きる可能性⁶⁾と、延長部の下部はプラークコントロールが困難な形態になるので、支台歯のう蝕および歯周病のリスクが高くなる欠点があげられる。決して利点のみならず、

欠点を知ったうえで磁性アタッチメントの形態を考える必要があることを理解させる。



図3. 磁性アタッチメントの形態



図4. 磁性アタッチメントの使用方法による分類

3. キーパー付根面板の製作法

主に応用される根面アタッチメントのキーパー付根面板の製作法は、キーパーをワックパターンに組み入れて同時に埋没し铸造する方法(以下鑄接法)と、キーパートレーをワックスパターンに組み入れて、埋没・铸造後、接着性レジンセメントでキーパーをトレー内に接着するキーパーボンディング法(以下KB法)の2種類がある(図5)。

鑄接法は铸造収縮によってキーパーの表面が歪み、Air Gapが生じて吸引力が発揮されない問題があるが、KB法はキーパーを铸造後に装着することで、铸造収縮によるキーパー表面のゆがみを解決し吸引力の低下を防ぐこと出来る方法である。しかし、KB法はキーパートレーを設置することで根面板形態が高くなる傾向があり、キーパーの設置位置の制限やサイズを小さくする場合があるのに対して、鑄接法は、キーパートレー使用しないことでキーパーの設置を根面寄りに低く、ま

たキーパーの位置を舌側寄りに設置できるという臨床上的特徴を含んでいる。鑄接法とKB法の利点、欠点が表裏関係であることは、実際に臨床や技工に臨んで初めて実感することが多い。

鑄接法



キーパーボンディング(KB)法



図5. キーパー付根面板の製作法による分類

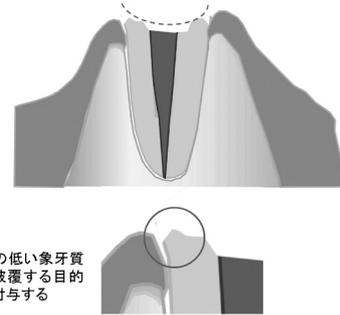
4. 磁性アタッチメントの形成と合着

キーパー付根面板の支台歯形成と磁石構造体の合着操作の2項目は、磁性アタッチメントの使用において重要な操作と考える。

キーパー付根面板の形態は可及的に低く、かつキーパーの設置位置は舌側寄りとなるように配慮するのは前述した通りである。したがって、このキーパー付根面板の完成形態を明確にイメージして支台歯形成に臨まなければならない。すなわち、磁性アタッチメント適用歯に対する支台歯形成は、キーパーを設置するスペースを確保し根面板形態が高くなならないような凹面形態に形成することが重要であることを理解させる(図6)。

レジン床への磁石構造体の合着操作は、常温重合型レジンを用いて Air Gap が生じないように義歯粘膜面側に取り付ける操作となる(図7)。磁石構造体の合着に用いる常温重合型レジンには、歯冠修復や歯冠補綴に使用するセメント類と比べて硬化時に収縮する性質があり、粉液比によって硬化時間が異なり、また高い発熱を生じる材料である。吸引力の低下の原因の一つである Air Gap が生じないように適切な操作で合着するための注意点を知る必要がある。原因を理解させるために常温重合型レジン填入量と吸引力の関係⁷⁾と、常温重合型レジンにおける硬化時間と発熱温度の比較検討⁸⁾を習得させる。

キーパーを設置するために凹面形態となるように形成



う蝕抵抗性の低い象牙質はメタルで被覆する目的でベベルを付与する

図6. 磁性アタッチメントのキーパー付根面板の支台歯形成

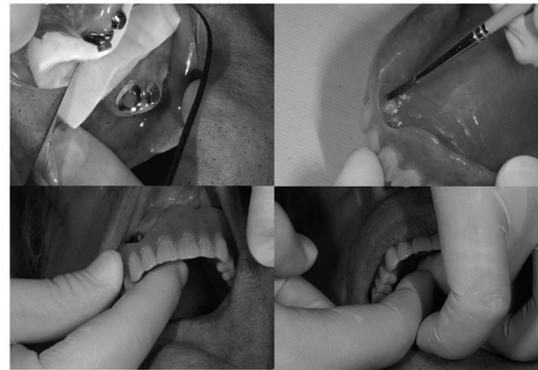


図7. 磁性アタッチメントの合着時の注意点

5. 良好な術後経過を得る

根面板の軸面の立ち上がりがなく、ブラッシングが困難になるため、プラークによる炎症のコントロールが問題となり得る。実際、根面板形態は辺縁歯肉との調和を考慮して製作しないと、人工的なポケットが形成されプラークコントロールが困難になり、慢性的炎症が生じ支台歯を失う結果を招く可能性がある(図8)。ブラッシング指導はブラシヘッドが大きく、毛先が根面板辺縁に届く刷掃法を理解させる。

良い例



悪い例

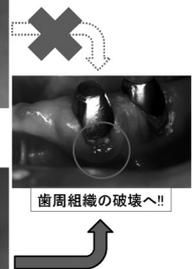
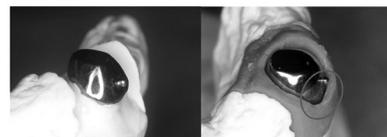


図8. 磁性アタッチメントの形態に注意

6. 磁性アタッチメントとMRI

MRIの普及に伴い体内金属が、人体へのどのような影響を与えるかが問題となっている。歯科領域では、種々の金属を使用した治療が多く行われるので、当講座では、根面アタッチメントである磁性アタッチメントに使われるステンレス製のキーパーを含め、国際規格（ASTM規格）に準じて、MRI検査の安全性について実験および検討を行った⁹⁻¹⁷。その結果、キーパーは口腔内で装着された状態では、危険性はないものと結論づけられたが、MRI撮像時に金属のアーチファクトがキーパーの周囲約8cmの範囲に生じ、口腔内領域の診断を困難にさせる問題があることも認識させた（図9）。しかし、当講座では、診断の障害となるキーパーがMRI撮影前に綺麗に撤去できれば、撮影後に再装着することが可能であろうという発想から、キーパーを撤去可能にした通路付根面板を考案した¹⁸⁻²⁰（図10, 11）。この通路付根面板はMRI対応策として患者や歯科医師、MRI撮影する技術者に対して経済的に心理的に負担が軽減されることも研修医に紹介している。

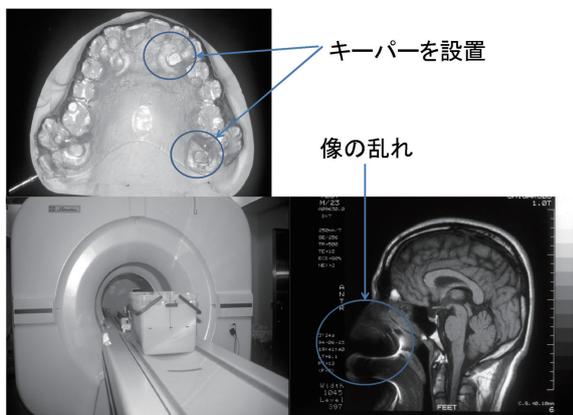


図9. 磁性アタッチメントのキーパーによる障害陰影

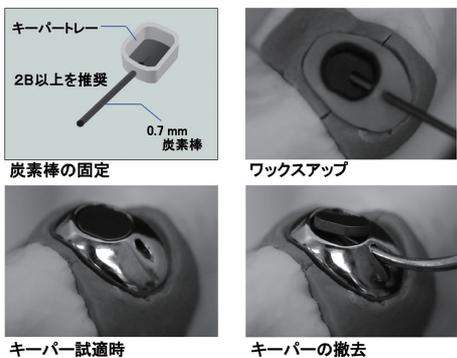


図10. キーパー撤去を可能にした磁性アタッチメントを考案

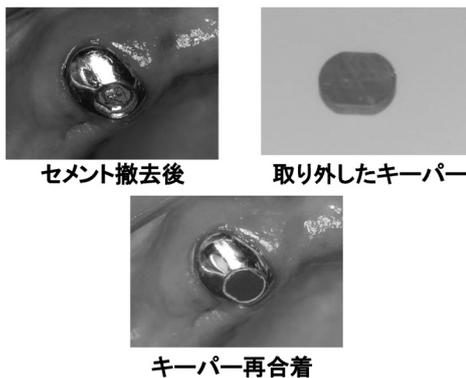


図11. 撤去したキーパーを再合着

III. 磁性アタッチメントの実習

実習は、磁性アタッチメントの吸引力や合着操作を経験させることが目的でもあるが、実際に操作や吸引力を経験することで磁性アタッチメント自体や術式に対する理解が深まり、有用な装置であることを認識させること、さらに疑問や知識の追及などの自発的行動が起きることを期待している（図12, 13）。



図12. 磁性アタッチメントの実習風景



図13. 磁性アタッチメントの形成実習風景

顎模型実習を通じて、意欲的に質問するようになる研修医は多かった。診療技術は、自分で実践

して初めて気づいたり，理解したり，そして身につくようになる．この実習は研修医がエビデンスに基づいた磁性アタッチメントの特徴や形態などを理解し，また顎模型実習で磁性アタッチメントの操作の難しさを経験したことで，今後の臨床に活かし，患者のQOLの向上に貢献してほしいと考えている．

IV. 今後の展望

我々は磁性アタッチメントの研究で得られた知見を医局員で共有し医局員全員で教育にあたっている．しかし，磁性アタッチメントは非常に有用なアタッチメントであることを学生や歯科医師臨床研修医だけでなく，技工士専門学生や技工士までに伝える機会が少ないのが現実であり，また教育を続けるにあたり，顎模型や磁性アタッチメントを確保する費用や人員や教育時間を確保することが困難な場合もあるが，医局員全員で今後も続けていきたいと考えている．

参考文献

- 1) 平成22年度歯科医師国家試験出題基準 歯科医学総論. <<http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/tp0527-1.html>> ; 2009 [閲覧日 2013. 09.09].
- 2) 國分麻由, 梅川義忠, 永井栄一, 大谷賢二, 藤本俊輝, 片倉祐輔ほか. キーパーの傾斜が磁性アタッチメントの吸引力に与える影響. 日磁歯誌 2007 ; 16 : 46.
- 3) Umekawa Yoshitada, Ishigami Tomohiko. Foreign Dental Magnetic Attachment Influence of keeper tilt angle on retentive force. J J Mag Dent 2008 ; 17 : 98-100.
- 4) 藤本俊輝, 石上友彦, 大谷賢二, 大山哲生, 澤野宗如, 高村昌明ほか. キーパー根面板の高さがオーバードンチャーの支台歯に及ぼす影響. 日磁歯誌 2006 ; 15 : 29-34.
- 5) 藤本俊輝, 石上友彦, 大谷賢二, 大山哲生, 高木有哉, 澤野宗如ほか. 磁性アタッチメントキーパーの設置条件がオーバードンチャーの支台歯に及ぼす影響. 補綴誌 2005 ; 49 : 362.
- 6) Kumano H., Nakamura Y., Ishida T., Masuda T., Miyata T., Ando A. et al. Stress analysis of extra coronal magnetic attachment using Finite Element Method. J Mag Dent 2007 ; 16 : 44-48.
- 7) 中林晋也, 滝本博至, 石上友彦, 大山哲生, 豊間 均, 永井栄一ほか. 磁石構造体合着時に使用する常温重合レジンの量と吸引力の関係について. 日磁歯誌 2005 ; 14 : 39-42.
- 8) 鴨川紫乃, 中林晋也, 石上友彦, 深瀬康公, 永井栄一, 大谷賢二ほか. 常温型重合レジンにおける操作性の検討 発熱温度と硬さの経時変化. 補綴誌 2013 ; 5 : E122.
- 9) 長谷川みかげ, 永井栄一, 梅川義忠, 石上友彦. 磁性アタッチメントのサイズと角度における吸引力と漏洩磁場の検討. 日大歯学 2009 ; 83 : 197.
- 10) 長谷川みかげ, 宮田和幸, 阿部有希, 梅川義忠, 齋藤秀雄, 山中大輔ほか. 3.0T-MRI 装置の歯科用磁性ステンレスキーパーの RF 発熱と偏向力の検討. 日磁歯誌 2010 ; 19 : 102-103.
- 11) 宮田和幸, 長谷川みかげ, 石上友彦. 3.0T-MR 装置における歯科補綴装置の安全性について. 日大歯学 2010 ; 84 : 142-143.
- 12) 長谷川みかげ, 宮田和幸, 阿部有希, 永井栄一, 中川有紀, 鈴木奈央未ほか. MR 装置における鋳造用磁性合金の安全性についての検討. 日磁歯誌 2011 ; 20 : 92-93.
- 13) 阿部有希, 長谷川みかげ, 宮田和幸, 永井栄一, 田所里美, 木内美佐ほか. 3.0T-MR 装置の機種別 RF 発熱の比較 キーパー付きインプラントと根面板における比較. 日磁歯誌 2011 ; 20 : 94.
- 14) 長谷川みかげ. 【MR 撮像時における磁性アタッチメントの影響—MR 撮像時の安全基準マニュアルの作成に向けて—】MRI におけるキーパーの安全性試験の結果について. 日磁歯誌 2011 ; 20 : 27-31.
- 15) 阿部有希, 長谷川みかげ, 宮田和幸, 石上友彦. 3.0T-MR 装置における磁性アタッチメントの安全性について. 日大歯学 2011 ; 85 : 170-171.
- 16) 長谷川みかげ, 阿部有希, 宮田和幸, 石上友彦, 梅川義忠, 中林晋也. 3.0 T-MRI 装置における歯科補綴装置の安全性の検討. 補綴

誌 2012；4巻特別号：105.

- 17) 阿部 有希. 3T MRIにおける金銀パラジウム合金製補綴装置の安全性およびアーチファクトの評価. 日大歯学 2013；87：25-32.
- 18) 阿部有希, 長谷川みかげ, 宮田和幸, 梅川義忠, 豊間 均, 中林晋也ほか. MRI対策としてのKB法キーパー着脱方法とセメントのキーパー維持力検討. 日磁歯誌 2010；19：88.
- 19) 阿部有希, 長谷川みかげ, 内田天童, 木内美佐, 諸隈正和, 秋田大輔ほか. キーパーボンディング法におけるセメントのキーパー維持力の検討. 日磁歯誌 2011；20：37-43.
- 20) 阿部有希, 長谷川みかげ, 宮田和幸, 石島学, 塩野目尚, 安田裕康ほか. MRI対応策としてのキーパー着脱が容易な根面板の考案. 日磁歯誌 2012；21：37-41.



特集 Feature
磁性アタッチメントの基礎から臨床まで

初めての磁性アタッチメントを成功させるために

神原 亮, 中村好徳, 田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

To the success of the magnetic attachment for the first time

Ryo Kanbara, Yoshinori Nakamura and Yoshinobu Tanaka

Department of removable prosthodontics, School of dentistry, Aichi-Gakuin University

要旨

磁性アタッチメントが開発され、臨床に応用されるようになって既に20余年が経過した。当講座においては、開発当初から多くの基礎研究、臨床研究が行なわれ、現在まで数多くの良好な臨床実績を上げてきている。また、愛知学院大学歯学部附属病院においては、日本磁気歯科学会の認定医を中心としたマグネットデンチャー外来が設置されており、この外来では、磁性アタッチメントを積極的に用いた補綴治療が行われ、数多くの患者の満足を得ている。

近年の超高齢社会を考慮すると、今後有床義歯の需要は必然的に増加し、それに伴う歯科用磁性アタッチメントの利用頻度も増加することが予想される。

本論文は、磁性アタッチメントの概要および基本的な臨床手技を紹介することで、比較的臨床経験の少ない我々の世代が磁性アタッチメントの特徴を十分理解し、適切にかつ有効に臨床応用できる事を目的としたものである。

Abstract

Dental magnetic attachment have been developed more than twenty years have passed since it have been applied to clinical practice. In our laboratory, extensive basic and clinical research has been done since the beginning of development. Therefore, we have demonstrated a good record of clinical performance until now.

Aichi-Gakuin University Dental Hospital features a magnetic denture clinic that certifies physicians of the magnetic Dental Society. In this clinic, prosthetic treatment with magnetic attachments has been actively carried out, causing the satisfaction of many patients.

In our super-aged society of recent years, an increasing demand for dentures is inevitable. Accordingly, the frequency of the use of dental magnetic attachments is also expected to increase.

Our goal in this manuscript is to help our generation, with little clinical experience, to fully understand the characteristics of dental magnetic attachments and that it is possible to effectively and appropriately master the clinical applications for dental magnetic attachments. Therefore, we would like to introduce the basic clinical technique along with an overview of magnetic attachment.

キーワード (Key words)

磁性アタッチメント (magnetic attachment), 支台歯形成 (preparation for abutment tooth), 印象採得 (impression taking), 臨床教育 (clinical education), マグネットデンチャー外来 (magnet denture clinic)

I. はじめに

歯科用磁性アタッチメントが開発され、臨床に応用されるようになって既に20余年が経過した。この歯科用磁性アタッチメントについては、当講座において以前より数多くの基礎研究、臨床研究がなされており、現在まで数多くの良好な臨床成果を上げている¹⁻²²⁾。

歯科用磁性アタッチメントは、磁石構造体にネオジム磁石を用いることで、小型でありかつ強力な吸引力を持つアタッチメントである^{1-3,13)}。この歯科用磁性アタッチメントは、部分床義歯の支台装置として頻用されるクラスプと比べ、金属色が露呈しない為、審美的に優れ、また機能面に関しても、機械的に維持するクラスプとは異なり支台歯に最も為害作用がある側方力を緩和する特徴から、力学的に支台歯に優しい支台装置であり、現在に至るまで良好な予後成績が報告されている¹⁾。また、この歯科用磁性アタッチメントは、有床義歯による補綴治療だけでなく、その優れた特徴から様々な症例に適応され、その適用領域は、インプラント補綴や、顎顔面補綴分野にも活用されている^{13,20-24)}。

現在の日本では、有床義歯による補綴治療は、健康保険適応義歯だけでも年間、部分床義歯650万床、全部床義歯300万床が供給されている²⁵⁾。さらに、近年の超高齢社会を考慮すると、有床義歯の需要はさらに増加し、それに伴い歯科用磁性アタッチメントの利用頻度も増加することが予想される。

本論文は、私自身を含む未だ臨床経験の少ない若い歯科医師を対象とし、今後さらなる需要の高まりが予想される歯科用磁性アタッチメントの特徴や基本的な臨床手技について臨床例を通じて紹介することにより、歯科用磁性アタッチメントを十分理解し、適切かつ有効に臨床応用できる事を目的としたものである。

また、本学歯学部附属病院では、特殊外来としてマグネットデンチャー外来を設置している。ここでは、歯科用磁性アタッチメントを用いた機能的かつ審美的な補綴治療が数多く行われているだけでなく、実際の臨床を通して若手歯科医師の教育、指導も行われているので、このことについても紹介したい。

II. マグネットデンチャー外来

1. 概要

マグネットデンチャー外来は、愛知学院大学歯学部附属病院の4階にある補綴科（部分欠損修復）内にあり、科長を有床義歯学講座の中村好徳とし、医員は日本磁気歯科学会認定医を中心とした合計12名で構成されている。この外来では、歯科用磁性アタッチメントを用いた機能的でありかつ審美的な補綴治療が数多く行われているだけでなく、実際の臨床を通じて若手歯科医師の教育、指導も行われている。また、歯科用磁性アタッチメントの啓蒙活動の一環で、本学附属病院1階にある総合受付では、来院患者をはじめとする多くの人々に歯科用磁性アタッチメントを認知してもらえよう様、専用のパンフレットを配置している（図1）。その効果として、来院患者の中には歯科用磁性アタッチメントに興味を持った患者も少なくはなく、その際は、図2に示すような説明用模型を用いて説明を行い、実際に磁性アタッチメントがどのようなものであるか具体的に理解してもらうことに役立っている。

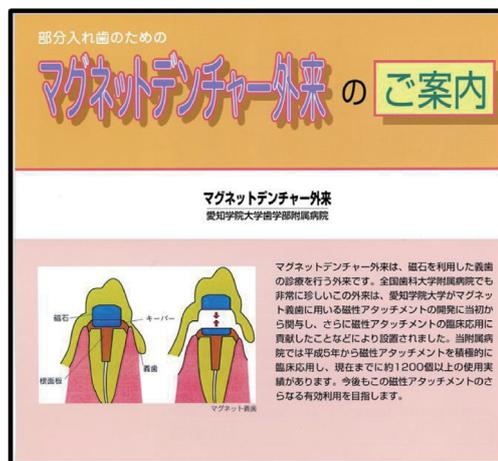


図1. マグネットデンチャー外来パンフレット



図2. マグネットデンチャー患者説明用模型

2. 若手歯科医師の教育、指導

マグネットデンチャー外来では、歯科用磁性アタッチメントを活用した臨床症例は勿論のこと、これら臨床を通じて歯科用磁性アタッチメントに関する教育も行っている。教育方法および内容としては、若手歯科医師が日本磁気歯科学会認定医のもと、臨床現場において共に共通の臨床症例に臨み、その中で磁性アタッチメントの基本的な構造、術式、活用法など具体的な指導が行われている(図3)。更には、歯科技工分野においても、自分で採得した印象や模型、製作物について附属病院内にある歯科技工部の技工士に直接指導を受け、様々な角度から若手歯科医師に対する教育が行われている(図4)。

マグネットデンチャー外来は、若手歯科医師にとって、臨床経験を重ね、具体的な目標として日本磁気歯科学会の認定医取得を目指した教育現場であるとともに、日本磁気歯科学会認定医、若手歯科医師、歯科技工士と多くの人が密接に関わる活気あふれた外来である。



図3. マグネットデンチャー外来での指導



図4. 歯科技工部での指導

Ⅲ. 磁性アタッチメントの特徴と応用

1. 磁性アタッチメントの特徴

磁性アタッチメントにおける特徴を以下に示す^{1-3,24)}。

1) 支台歯に無理な荷重がかからない

磁石の吸引力は、距離の3乗に反比例すると言われている。磁性アタッチメントは、磁石構造体とキーパーが密接することで、垂直的には数百gfの維持力が働くにも関わらず、水平的には、ほとんど維持力が働かない機構となっている。また、磁性アタッチメントは両者間に少しでも間隙が生じると、その吸引力は急激に減衰することも特徴である。そのため、他の支台装置と比べ、支台歯に最も為害作用のある側方力を緩和させることで、支台歯にとって優しい支台装置である。中村¹²⁾はこれら磁性アタッチメントの力学的作用を、有限要素法を用いて検討し、磁性アタッチメントがもたらす応力緩和機構を示した。

2) 維持力の選択が可能

歯科用磁性アタッチメントは、支台歯の大きさ、形状に適応したサイズや吸引力が多種存在する。また、これらを歯種、症例に合わせて選択することによりアタッチメントの維持力の調整が可能である。

3) 臨床操作が容易

臨床に用いる際には、磁石構造体は義歯床へ、キーパーは根面板へと組み込むだけであり、特別な材料、器材等が必要なわけではない。また、磁性アタッチメントの特徴の一つでもあるが、この磁性アタッチメントには義歯の着脱などに代表される方向性に関する規制が無い為、義歯の設計を格段に容易にさせるものである。

4) 優れた審美性

磁性アタッチメントは、金属クラスプなど一般的な支台装置とは異なり義歯表面に露出しない為、審美性に優れている。

5) 安定した機能

磁性アタッチメントは、永久磁石(ネオジム磁石)を用いているため、金属クラスプなどの機械的な支台装置にみられる経年的な維持力の低下などが無く、長期にわたり安定した機能を有する。

6) 患者自身による取り扱いが容易

磁性アタッチメントは着脱方向に規制が無い
ため、患者自身による義歯の着脱や清掃が
容易である。すなわち、患者が高齢、手指の
不自由な場合でも、取り扱いが非常に容易で
ある。

7) 適用範囲が広い

磁性アタッチメントは、基本的にどのよう
な欠損形態でも対応可能なため、適用範囲が
広い。

8) 再利用が可能

磁性アタッチメントの吸引力は安定してい
るため、操作を誤らない限り、義歯を新製す
る際にも旧義歯に使用していた磁性アタッチ
メントを再利用することが可能である。

2. 歯科用磁性アタッチメントの応用

1) 積極的利用法：マグノテレスコピッククラウン (MT冠)

図5に磁性アタッチメントの積極的利用法
であるMT冠の模式図を示す。このMT冠は、
比較的臨床状態の比較的良好な支台歯に対
して、磁性アタッチメントを積極的に用いた方
法である。このMT冠は、コーヌス様の支台
装置ではあるが、コーヌステレスコープのよ
うな複雑な技工操作は必要とせず、磁性アタ
ッチメントの維持力を用いて維持をさせる比
較的シンプルな支台装置であり、リジットサポ
ートによる審美的な補綴治療を可能としたも
のである^{6,13,19,23,24)} (図6)。

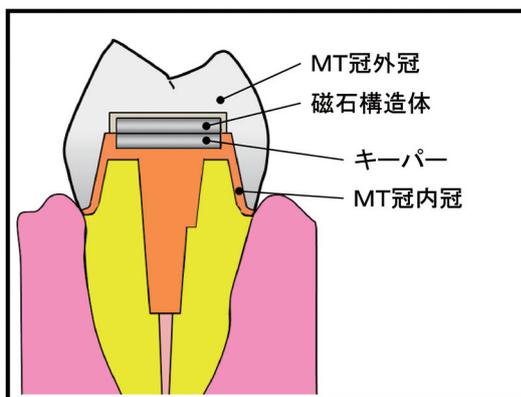


図5. Magnotelescopic Crown (MT冠) 模式図



図6. Magnotelescopic Crown (MT冠)

2) 生活歯への利用：歯冠外磁性アタッチメント

磁性アタッチメントを生活歯に適応させた
歯冠外磁性アタッチメントの模式図を図7-a
に示す。この歯冠外磁性アタッチメントは、
EC キーパー (図7-b) を歯冠補綴物
に組み込み製作するものであり磁性アタ
ッチメントの最後のバリアーとされてきた生活
歯への適応を可能とした支台装置である^{6-8,14)}。
しかしながら、この歯冠外磁性アタッチメン
トは必然的に構造上カンチレバーになる為、
その構造や形態、支台歯の連結歯数など、こ
れまで力学的検討が行われ、その安全性が確
認されてきた¹⁵⁻¹⁷⁾。歯冠外磁性アタ
ッチメントを用いた代表的な臨床例を図8に示す。

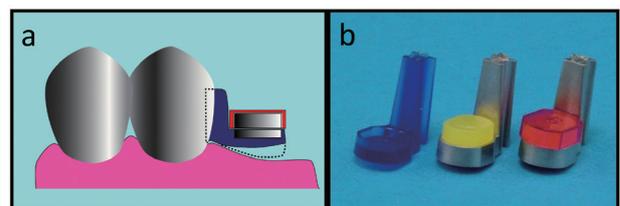


図7. 歯冠外磁性アタッチメント
a: 歯冠外磁性アタッチメント 模式図
d: EC キーパー (ジーシー)



図8. 歯冠外磁性アタッチメント

3. 支台歯の臨床状態に合わせた磁性アタッチメント形態の選択

磁性アタッチメントの形態は、根面板型、MT
冠、歯冠外型が挙げられる。これらの特徴を最大

限に活用するためには、それぞれの支台歯の臨床状態に合わせた最適な磁性アタッチメント形態を選択する必要がある。そのため、磁性アタッチメントを適用する支台歯に関しては、動揺度、BOPの有無、X線写真による周囲組織の診査、診断が必要不可欠であり、臨床状態が良い支台歯にはMT冠、生活歯には歯冠外型を、臨床状態が不良な支台歯では為害作用のある側方力を可及的に避けることが可能な、高さの低い根面板型が妥当ではないかと考える。

IV. 歯科用磁性アタッチメントの基本的術式

1. 支台歯形成について

1) キーパー根面板

キーパー根面板における支台歯形成を図9に示す。支台歯形成の手順としては、まず支台歯を歯肉等縁まで形成した後、歯質とキーパー根面板との適合性と把持効果の向上の為、支台歯全周にベベルの付与を行う(図9-a)。次に、キーパースペースの確保の為、支台歯上面を凹面形成し(図9-b)、最後に回転防止溝を付与する(図9-c)。この回転防止溝は、キーパー根面板の回転や片付き、さらに、合着時の浮き上がり防止に有効である¹⁻³⁾。

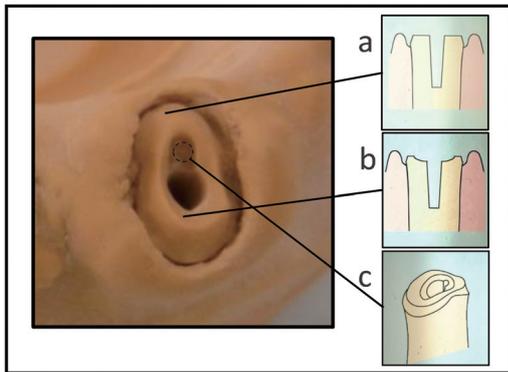


図9. 支台歯形成 (キーパー根面板)

- a : 全周ベベルの付与
- b : 凹面形成
- c : 回転防止溝の付与

2) MT冠

MT冠形成について図10に示す。MT冠形成に関しては、キーパー根面板とは異なり側方力に対して拮抗する支台歯形態の為、支台歯形成時に残存歯質を可能な限り残した形成が望ましい。MT冠形成の留意すべき事項の

一つとして、対合歯とのクリアランス量の確保が挙げられる。必要なクリアランス量の目安としては、キーパーとキーパートレー、磁石構造体とハウジングの厚径が合計約3.0mmであり、さらに、その上部の補綴物におけるクリアランス量も2.0mm以上必要であり、少なくとも合計5.0mm以上の対合歯とのクリアランスが必要になると考えられる(図11)。軸面における支台歯形成量については、MT冠は内冠及び外冠の二重冠構造のため、通常の歯冠補綴物における支台歯形成量に加えて、内冠の厚み分約0.5mmさらに深く形成する必要がある。また、基本的に支台築造窩洞形成に準じて歯質の厚さは1.0mm以上必要とする。マージン形態については、内冠が適合しやすいシャンファー形態が望ましい。形成量については、クリアランス量と同様に最終補綴物を想定した形成量が必要となるため、陶材等を前装した外冠となる場合は、さらに多い形成量が必要となる。



図10. 支台歯形成 (MT冠)

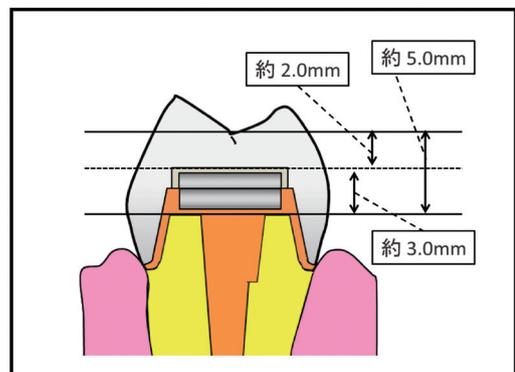


図11. MT冠に必要なクリアランス

複数の支台歯にMT冠を適応する場合、各支台歯の内冠の平行性が必要となる。支台歯の平行性の確保の為に、支台歯軸面のテーパや高さに注意が必要であり、各々症例に合わせた最適な支台歯形成を行う必要がある。

2. 印象採得について

キーパー根面板の印象採得については、その印象の細部再現性は勿論のこと、後に製作する磁性アタッチメント義歯に対してキーパー吸着面をどのような位置や角度に設定するべきか配慮が必要である。キーパー根面板は、当然磁性アタッチメント義歯床下に位置するものであるため、キーパー吸着面の位置や角度については、磁性アタッチメント義歯の人工歯排列の妨げにならず、かつ適切な人工歯とのクリアランスを確保できることなどから、咬合平面に対して平行になるように設定することが望ましいとされている¹⁻³⁾ (図12)。そのため、キーパー根面板の印象採得に関しては、咬合平面が不明瞭な局部印象ではなく、支台歯数に関わらず咬合平面の指標となるランドマークを明確に示すことが可能な全顎印象にて印象採得を行うべきである。

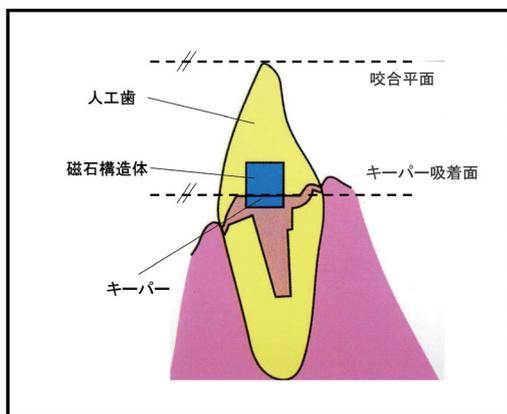


図12. キーパー吸着面の設定位置と人工歯との関係

3. 口腔清掃について

磁性アタッチメントに限らず歯科補綴物全般は、日々の口腔清掃の如何により、その予後成績が大きく左右されることは周知の事実である。磁性アタッチメントは、比較的形態が単純なものから、複雑な構造を有するものまで様々な形態があり、これらを用いることで機能的、審美的な補綴処置を可能とし、多くの患者から満足を得てきている。

しかし、機能面、審美面を追求するあまり、口腔清掃が困難な口腔内になってしまうことしばしば見受けられる。磁性アタッチメントの形態の種類としては、根面板型、MT冠、歯冠外型に分かれる。根面板型に関しては、形態は比較的単純ではあるが、天然歯の形状とは大きく異なり、歯冠長が低く、どこに位置しているのか、磨けているか否か曖昧であることなどから清掃を困難なものとしている。また、歯冠外型は、グループやインターロックなど複雑な形態を有しており、この構造がセルフケアを困難なものとしているのも事実である。MT冠は、根面板型とは異なり、義歯床下に位置しないことや、歯冠外型と比較して複雑な形態を有していないことから、口腔清掃に関しては少なからず有利な様式、形態と考えられる。しかしながら、そのMT冠に関しても天然歯の形状とは大きく異なることは事実であり、口腔清掃の必要性は言うまでもない。これらのことを踏まえ、当病院では、補綴処置の終了した患者に定期的な口腔清掃指導を行うことにより可能な限り徹底した口腔管理を行い、PCRが20パーセント以下になり、定期的な口腔清掃指導の効果が見られた症例も報告されている²⁶⁾。

それ故に、磁性アタッチメントを活用する際には、機能的、審美的な治療を可能とする反面、口腔内をプラークが堆積しやすい環境に成りかねないことを念頭に入れておく必要があり、出来る限り患者には定期的な口腔清掃指導、メンテナンスを行う必要があると考える。

V. 歯科用磁性アタッチメントを用いた臨床例

歯科用磁性アタッチメントを用いて、機能的、審美的な補綴処置を行った全顎的補綴症例を紹介する。本症例は最終補綴物装着後5年経過した現在、6ヶ月毎の口腔清掃指導およびメンテナンスを受けており、良好な予後経過を示している²⁷⁾。

1. 初診時口腔内診査

初診時の口腔内写真を図13に、パノラマX線写真を図14に示す。患者は「歯並びが悪い」、「良く噛めない」ということを主訴に来院した。初診時の口腔内状況は、義歯の不適合により下顎義歯を装着していない状態で、両側臼歯部の咬合支持の喪失に加え、歯周疾患の進行による前歯部の歯列

不正や、咬合平面の乱れが確認された。患者は、審美的、機能的な治療を希望していることから、上下顎に磁性アタッチメントを用いた全顎的補綴治療を行うことになった。



図13. 初診時口腔内写真

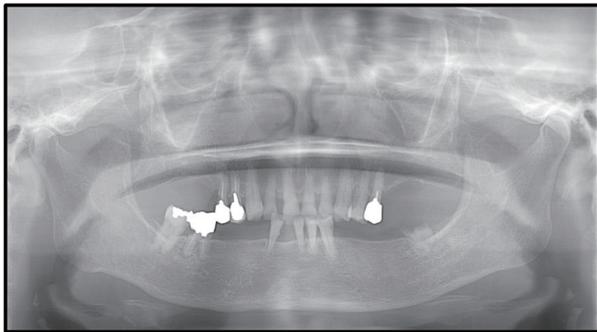


図14. 初診時パノラマX線写真

2. 歯科用磁性アタッチメントの選択・補綴設計

1) 下顎補綴設計

下顎における補綴設計を図15に示す。下顎右側第一大臼歯および第二大臼歯はいずれも動揺はないが、第一大臼歯の根分岐部周囲に透過像が観察され、また、歯冠部歯質も少なく歯冠補綴困難と診断し、根面板型磁性アタッチメントを選択した。また、第二大臼歯は根尖部に透過像があるが、臨床状態は良好であり根管治療後MT冠を選択した。下顎前歯は、動揺度がM1～M2で、顕著な歯槽骨吸収が確認された。これら下顎前歯については、臨床状態が不良の為、歯冠歯根長比の改善が可能な根面板型磁性アタッチメントを選択した。下顎左側第二大臼歯は、動揺度はM1で、骨植状態も悪く、下顎左側第二大臼歯についても歯冠補綴は困難なため根管治療後根面板型磁性アタッチメントを選択した(図14参照)。

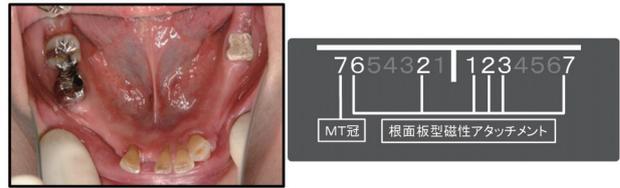


図15. 下顎補綴設計

2) 上顎補綴設計

上顎残存歯については動揺もなく、上顎両側中切歯に軽度な歯槽骨吸収が見られるが、犬歯、第一第二小臼歯については骨植も良く、臨床状態は良好であった。上顎補綴設計としては、両側第二小臼歯は失活歯だが、安藤ら¹⁷⁾の報告を参考に犬歯から第二小臼歯まで3歯連結を行い、遠心側に歯冠外磁性アタッチメントを用いた補綴設計とした。しかし、上顎左側第二小臼歯については、根管治療の際に歯根破折を認め、保存不可能と判断し抜歯となった。その為、上顎左側に関しては、犬歯、第一小臼歯の臨床状態が非常に良好であるため力学的に問題ないと判断し2歯連結にて歯冠外磁性アタッチメントを用いた設計とした。最終的な上顎補綴設計を図16に示す(図14参照)。



図16. 上顎補綴設計

3. 最終補綴物装着

図17には上顎に歯冠外磁性アタッチメント、下顎には、キーパー根面板とMT冠内冠を装着した口腔内写真を示す。根面板型磁性アタッチメントやMT冠内冠に用いる金属に関しては、その適合精度や生体親和性の面から最適と考えられる白金加金合金を選択した²⁸⁾。

図18には上下顎磁性アタッチメント義歯を図19に上下顎最終補綴物装着時の口腔内写真を示す。患者からは義歯装着時、口腔内で義歯の位置が正確に決まり、今まで使用していた義歯と比べ、簡単に着脱できる面、また、審美的、機能的な面に関しても高い満足が得られた。また、本症例に限

らず、磁性アタッチメントを用いたアタッチメント義歯に関しては、義歯破折の防止、剛性の向上のことを考慮に入れると、金属床が望ましいと思われる。



図17. 上下顎磁性アタッチメント装着時口腔内写真
(上顎：歯冠外磁性アタッチメント，下顎：MT冠内冠，キーパー根面板)



図18. 上下顎磁性アタッチメント義歯



図19. 最終補綴物装着時口腔内写真

VI. まとめ

初めての磁性アタッチメントを成功させるために留意すべきポイントを以下に示す。

1. 磁性アタッチメントの選択について

支台歯の動揺度，歯周状態，X線写真などから適切に診査，診断し，臨床状態に合わせた磁性アタッチメントを選択すること。

2. 支台歯形成について

キーパー根面板では支台歯全周にベベルを付与すること，根面上部を凹面形成すること，回転防止溝を付与すること。また，MT冠では最終補綴物を想定し，適切なクリアランスと形成量を必要とすること。

3. 印象採得について

補綴物の事も考慮に入れ，アタッチメントの数にかかわらず全顎にて印象採得を行うこと。

4. 口腔清掃について

磁性アタッチメントの形態は様々であり，セルフケアが困難なため，定期的な口腔清掃が必要であること。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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；1993.
- 3) 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.
- 4) Tanaka Y., Nakamura Y. and Hoshiai K.. General remarks concerning magnetic attachments in dentistry. Proceedings of the Japan Academy 2002；May：97-105.
- 5) 田中貴信, 中村好徳, 星合和基, 石田 隆, 長谷川信洋. 磁性アタッチメントによる新しい磁気補綴学. 補綴誌 1999；43：422-431.
- 6) 田中貴信, 星合和基, 金澤 毅, 中村好徳, 出崎義規, 津田賢治, 宮田利清, 岡崎祥子, 連 直子, 岡田通夫, 石上友彦. 磁性アタッチメントの臨床とその展望 —更なる臨床活用への提案—. 日磁歯誌 2001；10(1)：31-44.
- 7) 田中貴信, 星合和基, 中村好徳, 今泉洋子, 岡田通夫, 長谷川明. 磁性アタッチメントの新たな適応症を求めて —歯冠外アタッチメントへの挑戦—. 日磁歯誌 2006；15(1)：1-13.
- 8) 岡田通夫, 中村好徳, 田中貴信. 歯冠外アタッチメントとしての有髄歯への適応. 日磁歯誌

- 2010 ; 19(1) : 29-38.
- 9) 中村好徳, 田中貴信, 石田 隆, 岸本康男, 金澤 毅, 出崎義規, 佐藤 徹, 松本一幸, 今泉 章, 本蔵義信. 磁性アタッチメント「マグフィット®」の脱落防止に関する基礎的検討. 日磁歯誌 1998 ; 7(1) : 52-58.
 - 10) 小木曾太郎, 中村好徳, 神原 亮, 安藤彰浩, 秦 正樹, 増田達彦, 田中 孝, 岡田通夫, 大野友三, 今岡勢喜, 高田雄京, 田中貴信. キーパートレー材料の違いによる鑄造精度への影響. 日磁歯誌 2010 ; 19(1) : 61-68.
 - 11) 星合和基, 田中貴信, 長谷川信洋, 川北雅子, 藤波和華子, 若山浩一郎, 彦坂達也, 平井秀明, 宮田利清, 熊野弘一, 坂根 瑞. 金属床義歯における磁性アタッチメントの術後調査. 日磁歯誌 2004 ; 13(1) : 1-8.
 - 12) 中村好徳. 有限要素法によるオーバーデンチャーと磁性アタッチメントの力学的解析. 補綴誌 1998 ; 42 : 234-245.
 - 13) 田中貴信. 「蝶々に育った毛虫さん」—磁性アタッチメント開発秘話—. 日磁歯誌 2013 ; 22(1) : 1-12.
 - 14) 中村好徳. 歯冠外型磁性アタッチメントを用いた補綴症例. 補綴誌 2011 ; 3(3) : 284-287.
 - 15) 増田達彦, 熊野弘一, 中村好徳, 宮田利清, 安藤彰浩, 庄司和伸, 中村浩子, 田中貴信. 三次元有限要素法を用いた歯冠外アタッチメントの応力解析. 日磁歯誌 2007 ; 16(1) : 18-22.
 - 16) Ohno Y, Kanbara R, Nakamura Y, Masuda T, Kumano H, Hayashi K, Nakamura H, Iwai T, Ohno Yu, Takada Y, Tanaka Y. Mechanical Analysis of Extracoronary Magnetic Attachment using Three-dimensional Finite Element Method. J J Mag dent 2012 ; 21(2) : 29-35.
 - 17) 安藤彰浩, 中村好徳, 神原 亮, 大野芳弘, 田中貴信. 三次元有限要素法による歯冠外磁性アタッチメント支台歯周囲組織の応力解析. 日磁歯誌 2009 ; 18(1) : 32-41.
 - 18) 中村浩子, 中村好徳, 田中貴信. 光弾性実験を用いた各種磁性アタッチメント義歯の応力解析. 日磁歯誌 2009 ; 18(1) : 42-51.
 - 19) 熊野弘一, 中村好徳, 増田達彦, 坂根 瑞, 金野弘靖, 白石浩一, 板倉 崇, 大野友三, 高田雄京, 田中貴信. Magno-Telescopic Crown (MT 冠) を用いた補綴症例. 日磁歯誌 2012 ; 21(1) : 70-74.
 - 20) 平井秀明, 吉岡 文, 尾澤昌悟, 浅見和哉, 服部正巳, 田中貴信. 反対咬合症例に磁性アタッチメントを利用して補綴処置を行った1例. 愛知学院歯学会誌 2012 ; 50(3) : 261-265.
 - 21) 坂根 瑞, 田中 孝, 浅見和哉, 岡田通夫, 尾澤昌悟, 服部正巳, 田中貴信. 磁性アタッチメントを連結部に用いた分割顎義歯の製作法について. 顎顔面補綴 2013 ; 36(1) : 46-53.
 - 22) 尾澤昌悟. 磁性アタッチメントのインプラントへの適用—顎顔面補綴治療ガイドライン作成の経験から— 日磁歯誌 2012 ; 21(1) : 28-31.
 - 23) 石上友彦. 磁性アタッチメントの失敗と対策. 日磁歯誌 2013 ; 22(1) : 24-29.
 - 24) 鱒見進一. 磁性アタッチメントの適用はどのような点に有効か. 日磁歯誌 2013 ; 22(1) : 30-35.
 - 25) 厚生労働省大臣官房統計情報部. 社会医療診療行為別調査. 東京 : 厚生統計協会 ; 2004.
 - 26) 榊原由希子, 安井智美, 松下和子, 山口みどり, 増田達彦, 安藤彰浩, 庄司和伸, 中村好徳, 川口卓行, 大野友三, 田中貴信. アタッチメント磨けてますか?—歯科衛生士による磁性アタッチメント義歯利用患者への口腔衛生指導—. 日磁歯誌 2011 ; 20(1) : 76-80.
 - 27) Nakamura Y, Kanbara R, Shoji K, Sakane M, Konno H, Takada Y, Tanaka S, Ohno Yu, Tanaka Y. Full mouth prosthetic case applying magnetic attachments in various shapes. J J Mag Dent 2013 ; 22(2) : 1-11.
 - 28) 関 淳, 竹田利成, 岡小百合, 河村達也. 鑄接工程に適した白金加金を用いたインプラント上部構造製作の技工操作—機械的性質・生体親和性・鑄接強さの向上を実現した白金加金の臨床応用(後編) 新しい白金加金を用いた臨床例—. 歯科技工 2009 ; 37(10) : 1264-1273.



特集 Feature
磁性アタッチメントの基礎から臨床まで

「支台歯の二次カリエスの予防法」

永田和裕

日本歯科大学新潟病院総合診療科

Prevention of secondary caries in magnetic copings

Kazuhiro Nagata

Comprehensive care, Niigata hospital, The Nippon dental university

要旨

磁性アタッチメント支台歯の術後調査において、多くの支台歯で二次カリエスを認め、積極的な対策が必要なことが確認された。本解説では、二次カリエスの発生に注目し、原因、予防、対処法について解説する。原因：磁性アタッチメントは口腔清掃が不良な、高齢者や多数歯欠損に適用されることが多く、支台歯を被覆する形態のために、二次カリエスが発生しやすい状況にある。予防：縁上、縁下のプラークコントロールを徹底させることが基本だが、術者による定期的な口腔内清掃や、局所的なフッ化物の適用が必要かつ効果的な場合もある。またコーピングの製作に当たっては、長期的な歯周組織の破壊を避けるため、Biological widthを阻害しない位置にマージンを設定する必要がある。対処：二次カリエスが確認された場合は、コーピングマージン部の軟化象牙質を除去し、コンポジットレジン充填を行う。

Abstract

Background : In our recent long-term investigation of magnetic dentures, we have found that many magnetic denture abutment teeth suffer from secondary caries. Here, I will explain the cause, prevention, and treatment of secondary caries with magnetic dentures.

Cause : Magnetically attached dentures are most often used by the elderly and by individuals with multi-tooth coloboma and poor oral hygiene. With this type of denture, most of the denture covers the marginal tissue of the abutments, so that secondary caries can easily occur, in many cases.

Prevention : The first choice for preventing secondary caries is supergingival or subgingival plaque control. If the progress of the caries is rapid, supportive periodontal therapy (SPT) or a direct drug delivery system (DDDS) with fluoride may be useful. The margin of the magnetic coping must be located so that it does not destroy the biologic width of the teeth.

Treatment : When secondary caries has been detected, the soft dentine must be removed completely, and the resulting space must be filled completely with a composite resin.

キーワード (Key words)

部分床義歯 (Removable partial denture), 磁性アタッチメント (magnet attachment), 二次カリエス (secondary caries), 予防 (prevention)

I. はじめに

支台歯の力学的な負担を軽減する磁性アタッチメントの使用は、支台歯に対して保護的に働き、支台歯と義歯の寿命を延長すると考えられている。しかし、長期症例において、支台歯のトラブルを認めることは希では無く、これらを放置した場合、支台歯を喪失する可能性も推察される。

図1は、著者らが報告した磁性アタッチメント支台歯の術後調査結果である¹⁾。Kaplan-Meier法による5年間の観察を行った204本の支台歯のうち、図2で示すような充填などの処置を必要とした二次カリエスが39.5%、ポケットが1mm以上あるいは動揺度1度以上の歯周病の増悪が35.2%、支台歯の喪失が12.4%で確認され、これらに対して積極的な対策が必要ことが確認された。

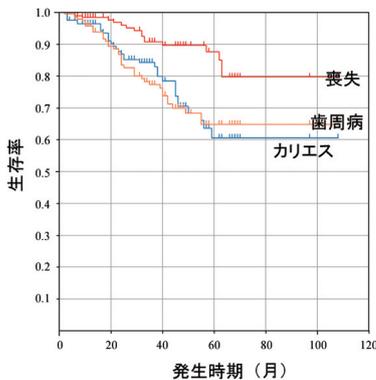
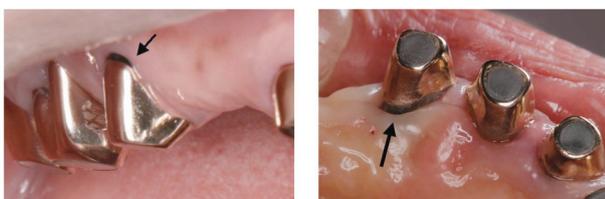


図1. 長期術後調査で確認された支台歯のトラブル
二次カリエス、歯周病の増悪、喪失の三種類の中で、二次カリエスが最も多く観察された。



a オーバーデンチャー(OD)症例 b テレスコープ(MT)症例

図2. 頬側および舌側のマージン部に確認された二次カリエス

支台歯の生存率に関しては星合ら²⁾、また歯周ポケットの増加では、星合³⁾、Miwata⁴⁾、Ito⁵⁾らが詳細な報告を行っている一方で、二次カリエスの発生に関する術後調査は少なく、わずかに水谷らがアンケートによる調査結果⁶⁾を示すに限られる。著者らの調査結果では、水谷らの10%よりも高い二次カリエスの発生率を示しているが、両者の研究では、診査方法(アンケート vs

口腔内視診)や集計法(全患者に対する発生率 vs 未来院中断を考慮した Kaplan-Meier 法)が異なるため、評価結果の比較は困難であり、術後調査において統一したフォーマットの必要性が推察される。

なお、コーヌスの長期術後調査では、後藤らが10年以上経過症例の二次カリエスの発生を5~13%と報告しているが⁷⁾本研究では211症例のうち、調査時に義歯を使用中の152例のみを対象とし、中断・脱落症例の影響が除かれているため、本結果も著者らの結果との比較は困難である。

以上の状況を踏まえて、本稿では支台歯のトラブルの中で、最も多く観察された二次カリエスの発生に注目し、その原因、予防、対処法について解説を行うこととする。

II. 二次カリエスの原因と誘因

磁性アタッチメント義歯は、高齢者の多数歯欠損症例に適用される場合が多いが、高齢者では、口腔清掃困難や唾液の分泌量の減少のために、齶蝕が生じやすい環境であることに注意する必要がある。表1は二次カリエスの原因と誘因をまとめたものであるが、プラークコントロールの不良が第1の原因と考えられるものの(図3)、コーピングのマージン位置の不良など(図4)、複数の因子が複合的に二次カリエスの発生に関与すると推察される。



図3. 支台歯のプラークコントロールの不良



図4. マージンの設定位置の不良(セメント質の露出)に伴う、二次カリエスの発生

なお二次カリエスは、Over Denture (OD)だけでなく(図1-a)、周囲歯肉を被覆しない Magneto-Telescope (MT 冠)でも発生するため

(図1-b), 歯周病の増悪とは異なり (図5), 辺縁歯肉の開放は二次カリエスの予防を担保するものではないことに留意する必要がある (図6). しかしながら, サベラインを超えて, 義歯床縁をアンダーカットエリアに延長することは, 義歯床のシーリングを著しく低下させ, 義歯床内への食渣の停滞を引き起こすことから, 可能な限り避ける必要がある (図7).

表1. 二次カリエスの原因と誘因

<p>■患者側の因子</p> <ul style="list-style-type: none"> ・口腔・義歯の清掃不良 ・唾液の減少と口腔乾燥症 ・齶蝕の活動性の高さ ・義歯の機能時に生じる, コーピング歯頸部への機械的なストレス <p>■コーピングの不良</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マージン部分の形態, 位置の不良 ・歯肉の退縮と根面の露出 <p>■義歯床辺縁の不良</p> <ul style="list-style-type: none"> ・義歯床縁のアンダーカットエリアへの拡大 ・義歯床による支台歯辺縁歯肉の被覆

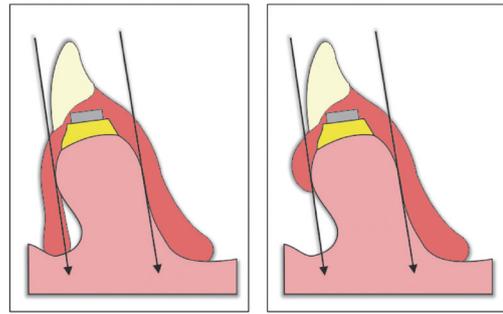


図7. 義歯床縁の被覆範囲

Ⅲ. 二次カリエスの予防法

原因・誘因の項目で述べたように, 二次カリエスの発生には, 複数の因子が複合的に関与するため, 予防においても, 各因子すべてを配慮して義歯の製作・管理を行っていく必要がある.

義歯製作に関わる対処では, コーピングの適合不良や, 不適切なマージン位置の設定に伴う根面の露出が, 二次カリエスの誘因となる場合がある. また患者側の因子に対する対処では, 歯肉縁上, 縁下のプラークコントロールが第1目標となるが, 残存歯に接触する義歯床内面に付着するプラークも軽減する必要がある. 高齢者の場合, 加齢に伴うブラッシングの不良や口腔乾燥状態によって, 齶蝕が好発する傾向があるため, 通常のプラークコントロールに加えて, 術者が定期的に口腔内清掃を実施する Supportive Periodontal Therapy (SPT) や, 局所に継続的にフッ化物を適用する Local Drug Delivery System (LDDS) など (図8), より積極的な方法が必要な場合も考えられる (表2).

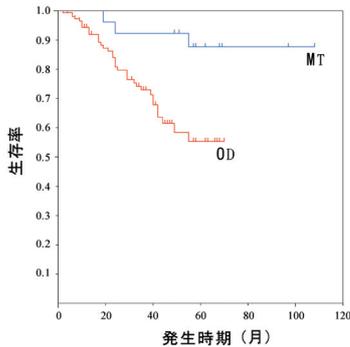


図5. 歯周病の増悪
歯周病の増悪の5年発生率は MT=12.3%, OD=44.7%で, MTが有意に少なかった.

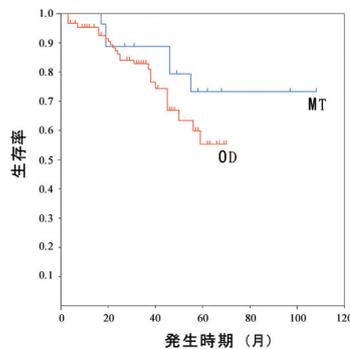


図6. 二次カリエスの発生
二次カリエスの5年発生率は MT=26.7%, OD=44.8%で, MTが少ない傾向を示したが, 有意差は認めなかった.



図8. Local Drug Delivery System (LDDS) の適用
義歯装着時に, フッ化物を適用することで支台歯の二次カリエスの抑制を図る.

表2. 二次カリエスの予防, 対処法

<p>1. 義歯製作に関わる因子に対する対処</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biological width を遵守したコーピングマージン位置の設定 • コーピングの適合向上とコーピングデザインへの配慮 • 咬合力の分散化による, 支台歯 abfraction の防止 <p>2. 患者側の因子に対する対処</p> <ul style="list-style-type: none"> • リコールプログラムや, SPT を活用した口腔内管理の徹底 • 義歯清掃剤を使用したデンチャープラークコントロール • LDDS による, 支台歯へのフッ化物の局所応用

なお, 根面の露出を防止するために, 縁下深くにマージンを設定すると, 歯肉の炎症を誘発し, 長期的に歯周組織の破壊を生じる可能性もあるため, セメント質の露出を避け, かつ Biological width を阻害しない適切な位置にマージンを設定する必要がある (図9). さらに, 歯肉の炎症の管理が不良な状態で印象を行うと, マージンが不適合となることから, 印象前の歯肉の管理も十分に行う必要がある. 以上の一連の操作を確実にを行うためには, 歯科用顕微鏡の使用が有効であり, 二次カリエスの減少に役立つと考える (図10).

さらに, コーピングのデザインに関しては, 内縁上皮接触させて, 歯肉溝を封鎖することで歯肉縁下でのプラークの付着を予防するシーリングタイプと, アンダーカントアーに製作し, 患者による清掃を容易とするサニタリータイプが存在し (図11), 二次カリエスの予防と, 歯周病の管理において, 両者は異なった特徴を有すると考えられる. 予防的な観点からどちらのタイプが優れているか現時点で明確な結論は得られていないが, 義歯の把持, 安定への影響も踏まえて, 長期的な予後データに基づき, 適切な形態を判断していく必要があると考える.

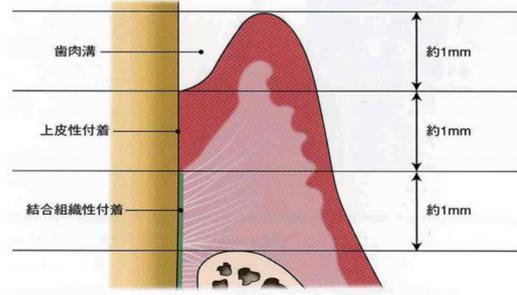


図9. Biological width (BW) 生物学的幅経
修復等によって BW が阻害されると, 長期的に, 歯槽骨の破壊に繋がる持続的な歯肉の炎症を生じる. そのため, マージンの設定位置は, 根面の露出を避け, かつ BW を阻害しない狭い領域に限定される.

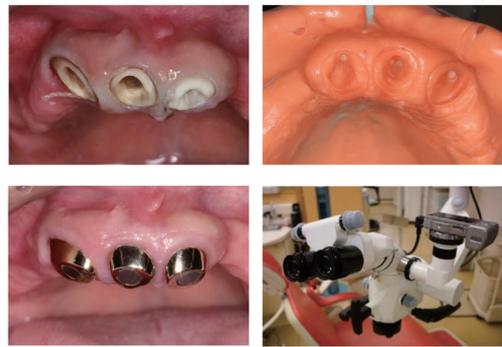


図10. 歯科用顕微鏡を応用したコーピングの製作.

	シーリングタイプ	サニタリータイプ
清掃性	×	○
二次カリエス予防	○	△
歯周病管理	×	○
二次カリエス充填	△	○

図11. コーピングのデザインと口腔衛生上の特徴.

IV. 二次カリエスの対処法

口腔乾燥症の症例, 歯肉の状態が不良でコーピングを製作した症例, リコールやメンテナンスを受けない (受けられない) 症例では, 二次カリエスの発生が避けられない場合がある. 二次カリエスは, 出来るだけ早期に発見し, 改めて予防指導を徹底する必要があるが, すでに発生した齶窩への対処としては, コーピングマージン部の軟化象牙質を除去し, コンポジットレジン充填を行う (図12). その際, 磁性アタッチメント義歯において, 通常コーピング上方は開放されており, 軸面の傾斜も大きいため, 充填処置は容易かつ正確に行

うことが可能である。修復処置後、経時的なコンポジットレジン劣化や脱離のため、再補修が必要となる場合もあるが、充填後の予後はおおむね良好で、定期的な管理を行っている患者では、支台歯の喪失や義歯の再製に直結する、重篤な問題とはならないと推察される。

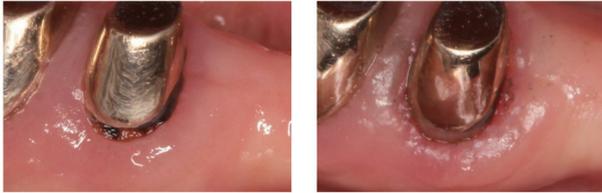


図12. マージン部二次カリエスのコンポジットレジン修復.

なお、広範囲な二次カリエスが発生した際にコーピングが脱落することがあるが、個人的な経験では、根管内維持が十分であればコーピングが脱落することは希で、たとえマージン部全周がレジんに置き換わった場合でも、コーピングの継続的な使用は可能と考える。

以上のように、磁性アタッチメント義歯において、二次カリエスが発生する頻度は少なくないが、二次カリエスの発生状況を細かく調査すると、すべての患者で均等に発生するのではなく、特定の患者に集中する傾向が認められる。したがって、二次カリエスの予防を考える際には、図2で示すように、義歯製作に関わる一般的な対処で十分な症例と、口腔清掃状態の不良や口腔乾燥状態といった患者側の因子に問題があり、SPT、義歯清掃剤、LDDSの併用など、より積極的な対応が必要とされる症例に分けて管理を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 笠間 匠, 永田 和, 椋沢 裕, 堀 慧, 中澤 孝, 赤坂 定, et al. 磁性アタッチメントを使用した部分床義歯における, 支台歯の長期予後の評価. 日補綴会誌. 2014; 6 (123rd special issue) : 159.
- 2) 星合 和, 田中 貴, 長谷川信, 川北 雅, 藤波 和, 若山 浩, et al. 金属床義歯における磁性アタッチメントの術後調査. 日本磁気歯科学会雑誌. 2004; 13: 1-8.
- 3) 星合 和, 伊藤 瑠, 三輪田衛, 田中 貴, 石上 友, 石橋 寛, et al. 磁性アタッチメントの術後調査 支台歯のプロービング値との関係についての検討. 日本磁気歯科学会雑誌. 2011; 20: 68-75.
- 4) Miwata M, Ito R, Hoshiai K, Tanaka Y, Ishigami T, Ishibasi K, et al. Longitudinal Study of Magnetic Attachments: Investigation of Probing Depth on Abutment Teeth Part. 2. 日本磁気歯科学会雑誌. 2011; 20: 73-78.
- 5) Ito R, Miwata M, Hoshiai K, Tanaka Y, Ishigami T, Ishibasi K, et al. Longitudinal Study of Magnetic Attachments: Investigation of Probing Depth on Abutment Teeth Part. 3. 日本磁気歯科学会雑誌. 2011; 20: 69-72.
- 6) 水谷 紘, 中村 和, 藍 稔. 術者へのアンケートによる磁性アタッチメント使用義歯の追跡調査. 日本補綴歯科学会雑誌. 1997; 41: 902-909.
- 7) 後藤 忠, 五十嵐順. コーヌステレスコープの長期経過 (第1報) 長期経過の調査. 日本補綴歯科学会雑誌. 1995; 39: 688-695.



特集 Feature

インプラント VS 天然歯への磁性アタッチメント適用

ガイドライン策定経緯と遊離端義歯への磁性アタッチメント適用の診療ガイドライン

秀島雅之

東京医科歯科大学歯学部附属病院回復系診療科快眠歯科（いびき・無呼吸）外来

Procedure for formulating clinical practice guidelines (CPGs) for magnetic attachment (MA) applications and CPGs for MA applications in free-end saddle denture cases

Masayuki Hideshima

Dental Clinic for Sleep Disorders (Apnea and Snoring), Oral and Maxillofacial Rehabilitation, University Hospital of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

要旨

近年の人口構成および疾病構造の急速な変化、人権および医療を選ぶ権利の明確化への社会への説明責任として、根拠に基づく医療の必要性・質の向上が求められ、各学会で診療ガイドラインの作成が行われている。日本磁気歯科学会の医療委員会でも磁性アタッチメント適用の診療ガイドラインについて、臨床上の疑問(CQ)のアンケート調査から代表的な12題を選定し、各施設に依頼して策定を進め、さらにエビデンスの少ないCQについてはデルファイ法によるアンケート調査も行った。またガイドライン策定に並行して、第21回学術大会では「磁性アタッチメントの診療ガイドライン策定」のテーマでシンポジウムを開催し、第22回学術大会では「磁性アタッチメントで困ったら」のテーマで副理事長、理事長による教育シンポジウムを開催した。

以上の診療ガイドライン策定の経緯を踏まえて、第23回学術大会のシンポジウムでは「インプラント VS 天然歯への磁性アタッチメント適用」のテーマで、臨床報告、研究等の文献数の比較的多いインプラントオーバーデンチャーへの磁性アタッチメント適用について、天然歯への磁性アタッチメント適用と対比して、医療委員に診療ガイドラインの検討を依頼した。

これまでの診療ガイドライン策定の経緯と、CQ6の遊離端義歯の天然支台歯へのMAの有効性についての診療ガイドラインの概要を解説し、インプラント支台と天然歯支台のMA適用の比較について得られたコンセンサスを報告する。

Abstract

In an era of drastic changes in population composition and disease structure, evidence-based medicine and improved QOL are demanded for accountability in clarifying human rights and medical care options. Since developing clinical practice guidelines (CPGs) has become an important task for each academic society, the Council for Dental Care of the Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry (JSMAD) administered a questionnaire survey to assist in developing CPGs for magnetic attachments (MAs); 12 typical clinical questions (CQs) for CPGs were selected. The council asked the department for each CQ to formulate corresponding CPGs. As for CQs with less evidence, the committee asked clinical experts to reply to a questionnaire using the Delphi method.

Concurrently, the council organized a symposium titled "Formulating Clinical Practice Guidelines for Magnetic Attachment Applications" at its 21st annual academic meeting, and an educational symposium of clinical merit, demerit, and troubleshooting tips for magnetic attachment applications was held by the president and vice president at the 22nd annual academic meeting.

With this background, a symposium titled "Magnetic Attachment Applications for Implant Abutments versus for Natural Tooth Abutments" was held by the council at the 22nd annual academic meeting. CPGs for MA applications for implant overlay dentures, for which a number of case reports and studies were available, were discussed with council members, comparing MA applications for conventional dentures with those for natural tooth abutments.

In this article, the procedure for formulating CPGs for MA applications and CPGs for CQ6, "Validity of MA applications in free-end saddle denture cases," is described. Some consensuses

reached at the "MA Applications for Implant Abutments versus for Natural Tooth Abutments" symposium are also reported.

キーワード (Key words)

診療ガイドライン (Clinical Practice Guidelines), 臨床上の疑問 (Clinical Question), デルファイ法 (Delphi Method), インプラントオーバーデンチャー (Implant Overlay Denture), 遊離端義歯 (Free-end Saddle Denture)

I. 目的

日本磁気歯科学会の医療委員会では、磁性アタッチメント適用の診療ガイドラインについて、第21回学術大会で「磁性アタッチメントの診療ガイドライン策定」のテーマでシンポジウムを開催し、第22回学術大会では「磁性アタッチメントで困ったら」のテーマで副理事長、理事長による教育シンポジウムを開催した。

そうした経緯を踏まえて第23回学術大会では「インプラント VS 天然歯への磁性アタッチメント適用」のテーマで、臨床報告、研究等の文献数の比較的多いインプラントオーバーデンチャーへの磁性アタッチメント適用について、天然歯への磁性アタッチメント適用と対比して診療ガイドラインを検討するシンポジウムを企画した。

本企画の目的はインプラントと天然歯とで、磁性アタッチメント (MA) 適用の違いを検討し、診療ガイドラインに反映する、診療ガイドラインを臨床にどのように生かすか検討し、ガイドラインの意義を認識し周知を図る、新しい医療技術 (インプラント) に比べ、従来法 (天然歯) の客観データが少ないため、本学会のテーマとして取り組む等にある。

II. 方法

医療委員会では3期に渡って診療ガイドラインの策定を進め、まずI期では臨床上の疑問となるCQを調査し、147題を収集して、その中から代表的なCQとしてインプラント4題、欠損様式3題、咬合・歯周疾患3題、支台配置・形態2題、管理・他2題の計14題を選定した。II期目にはGRADEシステムに準拠した診療ガイドライン策定を8講座に依頼した。

また策定中のCQの中で関連文献の見当たらない、もしくはエビデンスの質の低い9題について、MAの有効性を維持力、咀嚼、発音、審美性、

快適性、対応性、耐久性、歯周組織の健康、負担、害、コストの11のアウトカムについて、-5～+5までの11段階で評価するデルファイ法のアンケート調査を実施した。調査の依頼対象にはコンセンサスグループの評価委員として会員36名、非会員35名を選定し、アンケート調査をメールもしくは郵送にて行った。2回のアンケート調査でインプラントを含む全設問への回答は25名、一般補綴のみ回答は13名の計38名より回答を得た。

CQ14題中、欠損様式の2題は1題のCQにまとめ、その他のMRIに関するCQはTA (Technology Appraisals) に該当するため除外し、CQ12題について診療ガイドライン案を策定した (表1)。III期にはその評価をデルファイ法アンケート調査を行ったコンセンサスグループに依頼し、その内容をフィードバックしてブラッシュアップされたガイドライン案を、さらに他学会の外部評価者に最終評価を依頼した。

III. 結果と考察

1. 遊離端義歯の天然支台歯へのMAの有効性

天然歯へのMA適用に関するCQ6「遊離端欠損症例へのMAの適用は、他装置 (クラスプ義歯等) よりも有効か?」について、検索された代表的な文献の概要を表2に、アウトカム別の評価表とその推奨プロファイルを表3に示す。

文献的には遊離端義歯の支台装置にMAを適用した場合と、他装置を適用した場合との経過について、科学的に比較、分析した研究は無い。しかし表2のようにMA適用の金属床義歯100床以上 (遊離端義歯84%) を10年間に渡り経過観察した結果、支台歯の生存率は5年で95%、10年で88%となり、他者の報告によるコーヌス義歯と同等、クラスプ義歯よりも良い経過が得られたと報告されている。また両側犬歯支台のオーバーデンチャーで、MA、根面板、無歯顎の3タイプの義歯を比

表1. 選定したCQ (クリニカル・クエスション) 12題
(MA: Magnetic Attachment, DM: Delphi Method)

<p>I. インプラント</p> <p>1. インプラントオーバーデンチャーへのMAの適用は、他装置よりも有効か？</p> <p>2. インプラントオーバーデンチャーへのMAの適用は、天然歯適用よりも経過がよいか？ (DM)</p> <p>3. 上顎インプラントオーバーデンチャーへのMAの適用は、下顎よりも経過がよいか？ (DMのみ)</p> <p>4. インプラントオーバーデンチャーの複数支台へのMAの適用は、単独支台よりも有効か？ (DM)</p>
<p>II. 欠損様式</p> <p>5. 下顎少数歯残存のオーバーデンチャーへのMAの適用は、他装置 (クラスプ義歯等) よりも有効か？</p> <p>6. 遊離端欠損症例へのMAの適用は、他装置 (クラスプ義歯等) よりも有効か？ (DM)</p>
<p>III. 咬合・歯周疾患</p> <p>7. すれ違い咬合症例へのMAの適用は、他装置よりも経過がよいか？ (DMのみ)</p> <p>8. 咬合平面の乱れた症例では、MAの適用による咬合再構成は他装置より有効か？ (DMのみ)</p> <p>9. 歯周疾患を伴う支台歯へのMAの適用は、他装置よりも経過がよいか？</p>
<p>IV. 支台配置・形態</p> <p>10. オーバーデンチャーで複数支台を使用する際は、左右対称の配置が非対称より有効か？ (DM)</p> <p>11. オーバーデンチャーでのMAの根面板形態は、平坦型の方がドーム型より有効か？</p>
<p>V. 管理・他</p> <p>12. MAを義歯に付着する際は、加圧状態の方が無圧よりも経過がよいか？ (DMのみ)</p>

表2. CQ6「遊離端欠損症例へのMAの適用は、他装置 (クラスプ義歯等) よりも有効か？」に関する文献検索例.

<p>1. Hoshiai K, et al: Longitudinal Study of Metal Plate Denture with Magnetic Attachments in removable partial denture. JJ Mag Dent 13, 26-29, 2004.</p> <p>* MA義歯の支台歯経過の長期観察研究. 金属床義歯の支台歯生存率は10年で88%にて、他者報告のコース義歯と同等、クラスプ義歯よりも良い経過が得られた (後ろ向き研究).</p>
<p>2. Jonkman RE et al.: An analysis of satisfaction with complete immediate (over) Denture. J Dent 25: 107-111, 1997.</p> <p>* 下顎即時オーバーレイ義歯の満足度の比較. 両側犬歯支台のMA, 根面板, 無歯顎の3義歯を比較し、義歯の安定性, 咀嚼効率, 患者満足度を分析. 3者に有意差は無く、義歯の安定性の影響が大きい (RCT研究).</p>

較して、義歯の安定性, 咀嚼効率, 患者満足度を分析したRCT文献では3者に有意差は無く、装置よりも義歯自体の安定性の影響が大きいと考察している⁵⁾.

表3のように文献的にはエビデンスレベルの高いアウトカムは3項目のみだが、10のアウトカムで評価を得られた。またデルファイ法による調査では、義歯の維持, 審美性, 快適性, 対応性 (修理等) では有効に収束したが、歯周組織の経過に

ついては否定的な意見も多く、文献的にもポケット深度は増加傾向にあった^{1~5)}.

以上より総合的な推奨プロファイルとして、遊離端義歯へのMAの適用は義歯の維持, 審美性, 快適性, 対応性, 耐久性等の観点から推奨してもよいとの、弱いレベルでの推奨となった。

2. 遊離端義歯へのMA適用の利点, 欠点

遊離端義歯へのMAの適用の利点としては、歯冠切断することで歯冠歯根長比は改善され、着力点も低くなるため支台歯の動揺が軽減し、支台歯の延命 (耐久性), 義歯の安定が図れると言える。また工業技術の向上に伴いMAの閉路回路は磁力の減衰が低く、長期に安定した維持力が得られ、小型化して人工歯内に収まるため審美性に優れ、装着時のフィット感も良く快適性も備えている。さらに破損時の修理も簡便に行えるため、対応性にも優れると考えられる。

一方、MA適用の問題点としては、オーバーデンチャー形態となるため、支台歯の清掃性が悪く、定期的な清掃指導が必須となり、またコスト面でも保険適用外のため、経費や経過を考慮すると奨めにくい場合もある。

3. 遊離端義歯MAの臨床適用

臨床的には欠損に隣在する小臼歯, 犬歯に適用する頻度が高い。そのため健全歯の場合は骨植に不安があるか、歯冠形態に著しい不調和を伴う以

表3. CQ6 「遊離端欠損症例へのMAの適用は、他装置（クラスプ義歯等）よりも有効か？」の推奨プロファイルと評価プロファイル

【CQ6】 遊離端欠損症例へのMAの適用は、他装置（クラスプ義歯等）よりも有効か？
 （両側遊離端欠損で支台歯は、左右の小臼歯もしくは犬歯とする。）

【推奨プロファイル】

遊離端義歯へのMAの適用は、義歯の維持、審美性、快適性、対応性、耐久性等の観点から推奨してもよい（弱いレベルの推奨）。

アウトカム	エビデンスの質	評価（有効性等）	デルファイ法評価
①維持	H	P	P
②咀嚼機能	H	U	U
③発音機能			U
④審美性	L	P	P
⑤快適性（違和感，装着感）	H	P or U	P
⑥対応性（修理）	L	P	P
⑦耐久性（支台歯の延命，etc）	M	P	U
⑧歯周組織の健康	L	U or N	U
⑨負担	S, L	P or U	U
⑩害（歯のダメージ，疼痛）	M	P or U	U
⑪コスト	M	N	U
推奨度	全体としての判断 P		

外はクラスプ義歯の適用が多く、MAは適用しにくいと考えられる。

支台歯が根管治療、歯冠修復等の要処置歯の場合は、歯冠修復してクラスプ義歯を適用するか、根面板形態のMAを適用するかを選択となり、個々の症例毎の対応となる。歯肉が退縮し歯冠歯根長比のバランスが悪い、咬合が不安定、咬合力が強い、対合歯列が連結固定されている等の症例では義歯の動揺、支台歯の負担過重が予想されるためMAの適用が望ましい。ただし歯の動揺、歯周組織の不良な症例では、MA装着により症状が悪化するため適用外となる。

なお、歯冠修復処置には支台歯の補強を図った連結冠の適用も推奨され、さらに連結冠に歯冠外アタッチメントしてMAを適用する場合もあり、模型実験、臨床報告等もある。

以上の点を踏まえ、支台歯・口腔内の状況（支台歯、歯周組織、咬合状態etc.）患者の要望、心理的側面、身体・社会的背景等を配慮し、総合的に判断することが推奨される。

4. インプラント VS 天然歯のMA適用

本企画については他の医療委員の報告（インプラント、咬合平面の再構成）も供覧頂きたい。インプラント支台へのMA適用の経過に関する文献は近年徐々に増えており、専門家による臨床報

告からもMAはインプラント支台への過重負担が少なく、予知性も高く経過が良い傾向にある。

一方、天然歯のMA適用の経過に関する文献は少なく、動揺歯の延命処置としてMAを適用する場合もあるため、弱い推奨で有効ではあるが、インプラント支台に比べると予知性、経過は劣ると言える。

したがって本企画ではインプラント支台へのMAの方が、天然支台歯よりも予知性が高く、経過が良いとのコンセンサスを得られた。

なお、CQ全12題に関する診療ガイドラインについては、コンセンサスグループ、外部評価委員から文献が少なく時期尚早との意見も頂いてはいるが、現時点の当学会の情報、方向性を学会員、臨床医に呈示する責務があるので、最新版をホームページ等で開示し、歯科医学会等に提出し評価を仰ぐ予定である。会員、コンセンサス委員等の関係諸兄のこれまでの協力で感謝するとともに、さらなる支援を切に願う次第である。

参考文献

1) 秀島雅之：磁性アタッチメントで困ったら：診療ガイドラインを踏まえて。日磁誌 2013；22：19-23.
 2) Hideshima M., Ichikawa T., Koshino, H.,

- Hoshiai K., Tanaka, J., Ozawa, S., Suzuki, Y. Umekawa, Y., Ishigami T., Nagao K., Sone M., Kono M., Wada J., Wadachi J., Nishiyama A. : Formulating clinical practice guidelines for magnetic attachment applications: The process and results of a survey using the Delphi method. J J Mag Dent 2013 ; 22 : 47-53.
- 3) 秀島雅之: 磁性アタッチメントの診療ガイドライン策定. 日磁誌 2012 ; 21 : 16-21.
- 4) Hideshima M., Igarashi, Y., Ichikawa T., Tanaka J., Kochi T., Ishigami T., Andoh T., Nishiyama A. : Preliminary Questionnaire Survey for formulating Clinical Practice Guidelines for Magnetic Attachments Applications - Analysis and Selection of the Clinical Questions (CQ) -. J J Mag Dent 2010 ; 19 : 29-34.
- 5) Hideshima M., Igarashi Y., Ichikawa T., Tanaka J., Kochi T., Ishigami T., Andoh T., Nishiyama A. : Questionnaire Survey for formulating Clinical Practice Guidelines for Magnetic Attachments Applications - Analysis and Selection of the Clinical Questions (CQ) -. J J Mag Dent 2011 ; 20 : 5-10.
- 6) Jonkman RE, van Waas MA, van't Hof MA, Kalk W: An analysis of satisfaction with complete immediate (over) Denture. J Dent 1997 ; 25 : 107-111.
- 7) Ito R., Hoshiai K., Tanaka Y., Ishigami T., Ishibashi K., Bando E., Sasaki H. : Longitudinal Study of Magnetic Attachments - Investigation of Probing Depth on Abutment teeth -, J J Mag Dent 2010 ; 19 : 35-39.
- 8) Shigemori T., Hoshiai K., Watanabe K., Ito R., Kawaguchi T., Yokoyama T., Miwata M., Kimura N., Tanaka Y. : Longitudinal Study of Magnetic Attachments - Characteristic of Long-term Success Cases -. J J Mag Dent 2010 ; 19 : 40-42.
- 9) Hoshiai K., Tanaka Y., Hasegawa N., Kawakita M., Fujinami W., Wakayama K., Imaizumi, Y. Matsumoto T., Sakane M. : Longitudinal Study of Metal Plate Denture with Magnetic Attachments. J J Mag Dent 2004 ; 13 : 26-29.
- 10) 星合和基, 田中貴信, 長谷川信洋, 川北雅子, 藤波和華子, 若山浩一郎, 彦坂達也, 平井秀明, 宮田利清, 熊野弘一, 坂根瑞: 金属床義歯における磁性アタッチメントの術後調査. 日磁誌 2004 ; 13 : 1 - 8 .



特集 Feature

インプラント VS 天然歯への磁性アタッチメント適用

咬合平面再構成の症例への磁性アタッチメント適用の診療ガイドライン —— デルファイ法評価の分析 ——

河野 舞, 會田英紀, 豊下祥史, 川西克弥, 佐々木みづほ, 越野 寿

北海道医療大学歯学部咬合再建補綴学講座

Clinical practice guideline for application of the magnetic attachment in cases of occlusal reconstruction for correcting the occlusal plane: Analysis of a consensus-building process using the Delphi method

Mai Kono, Hideki Aita, Yoshifumi Toyoshita, Katsuya Kawanishi,
Mizuho Sasaki, Hisashi Koshino

Department of Oral Rehabilitation, Division of Occlusion and Removable Prosthodontics,
Health Sciences University of Hokkaido

要旨

我々が担当したCQは「咬合平面の乱れた症例では、磁性アタッチメントの適用による咬合再構成は他装置より有効かどうか」というものである。このような症例は病態も多種多様であり、複雑な治療体系が必要とされるが、本CQでは磁性アタッチメントの適用が他の支台装置と比較して良好であるか否かの指標を作成することを目的としている。

しかし、本CQに合致するエビデンスを収集した結果、咬合再構成に関する文献のすべてが磁性アタッチメントをインプラントオーバーデンチャーに適用した症例報告であり、本CQに合致した良質な文献が検索されなかった。そこで、本CQではコンセンサスを得る手法として、デルファイ法を採用しアンケート調査を行った。その結果、多くの専門家から価値のある情報を得られ、現時点における推奨度の決定に至ることができたので報告する。

Abstract

In cases of occlusal reconstruction to correct the occlusal plane, is magnetic attachment more effective than other retainers? At first, we searched and assessed the better scientific evidence to answer the clinical question (CQ) above using electric databases and manual searches. No relevant study was discovered because magnetic attachment was a relatively new retainer method that was not a health insurance-approved treatment. We employed the Delphi method to achieve group consensus for this CQ. A questionnaire survey was conducted in which experts were asked to grade recommendations for each outcome. After a baseline set of ratings was obtained from the first survey, the modified questionnaire survey was conducted again to build consensus. This article introduces the consensus-based positive recommendation for the application of magnetic attachments to cases of occlusal reconstruction to correct the occlusal plane.

キーワード

(Key words)

磁性アタッチメント (Magnetic Attachment), 咬合平面 (Occlusal Plane),
咬合再構成 (Oral Rehabilitation), 診療ガイドライン (Clinical Practice Guideline),
デルファイ法 (Delphi Method)

I. はじめに

近年、歯科の様々な領域において、安心・安全で質の高い医療を提供するための指針となる「歯科診療ガイドライン」が作成されている。この診療ガイドラインは、エビデンスに基づいた医療、EBM (Evidence-based Medicine) の実践を目指して作成されるものであり、その特徴はエビデンスに基づいて推奨がなされていることと、エビデンスの検索・評価・推奨プロセスが明示されていることである。適切に作成された診療ガイドラインは、医療従事者だけでなく医療消費者においても有用な情報源となり得る。

本学会においても「磁性アタッチメント適用の診療ガイドライン」の策定にあたり、12題のClinical Question (CQ) を選定し、コンセンサスを得るべく作業が進められている^{1,2)}。今回、我々が担当したCQは「咬合平面の乱れた症例では、磁性アタッチメントの適用による咬合再構成は他装置より有効かどうか」というものである。このような症例は病態も多種多様であり、複雑な治療体系が必要とされるが、磁性アタッチメントの適用が他の支台装置と比較して良好であるか否かの指標を作成することを目的とした。

II. エビデンスの検索

診療ガイドラインの策定法には様々な方法があるが、GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) システム³⁾に準拠して、エビデンスの評価と推奨度を決定する方法が世界的に標準となっている。そこで、まず始めに担当したCQに合致するエビデンスの収集、その後アウトカム別にエビデンスの質の評価を行うことにした。

診療ガイドラインのエビデンスとなるランダム化比較試験 (RCT) やシステマテックレビュー (SR) などの文献収集をするために、国内文献は医学中央雑誌、外国文献はPubMedを用いて系統的な検索を行った。また、MEDLINEやEMBASEなども参考にし、ハンドサーチを補助的に行った。検索期間は、1969年以降の全期間とした。

検索式の組み込み基準は、①磁性アタッチメント (Magnet Attachment)、②咬合再構成・口腔リハビリテーション (Occlusal Reconstruction・

Oral Rehabilitation)、③咬合平面・咬合 (Occlusal Plane/Plane of Occlusion・Occlusion) とした。除外基準として、インプラントオーバーデンチャー (Implant Overdenture) とした。

III. デルファイ法を用いたコンセンサスの形成

磁性アタッチメントは補綴歯科治療法の中でも新しい支台装置である。また、保険診療に導入されていないため制約が多く、全般的に良質なエビデンスが少ないのが現状である。本CQに関して、咬合再構成に関する文献のすべてが磁性アタッチメントをインプラントオーバーデンチャーに適用した症例報告であり、本CQに合致した文献が検索されなかった。そこで、磁性アタッチメントに関して臨床経験の豊富な専門家により、デルファイ法を用いてコンセンサスがどの程度あるかを定量的に検証することにした。

デルファイ法とは、同一内容の質問を同一対象者に対して数回繰り返すことによって、回答者が有する将来見通しの明確化と意見の収れんを図る方法であり、価値観に関わるような意見の整理に極めて適した方法である^{4,5)}。デルファイ法の最大の特色は、2回目以降のアンケートで、前回の調査結果を回答者にフィードバックし、回答者が全体の意見の傾向をみながら設問を再度評価する点にある。

1. コンセンサスグループ

日本磁気歯科学会診療ガイドライン作成委員会が、補綴歯科学会評議委員・磁気歯科学会役員の中から、磁性アタッチメントに精通した臨床経験の豊富な専門家を会員・非会員問わずに選定した。計71名をコンセンサスグループとし、アンケートを送付した。回収率は1回目が46%、2回目が53%であった (図1)。

2. アンケート用紙

アンケートの内容は、磁性アタッチメントの有効性を維持力、咀嚼、発音、審美性、快適性、対応性、耐久性、歯周組織の健康、負担、害、コストの計11のアウトカムに対する影響の程度を、-5 (悪影響である) ~ +5 (好影響である) の11段階で評価を依頼した。

今回は、合計2回の調査を実施した。1回目の

アンケート調査において、コンセンサスグループから、「回答法がわかりにくい、症例の具体的な欠損状況や支台装置を記載して欲しい」等の意見があり、2回目のアンケートでは設問に具体的な症例内容「上顎遊離端・中間欠損で、挺出した小臼歯もしくは前歯を支台歯とする」を追記した。また、1回目の回答結果の度数分布を回答欄に呈示し、これを参考に2回目の回答を行うように依

頼した。図2に2回のデルファイ法調査による11のアウトカム別各評価の度数分布を示す。その結果、1回目では分散していた回答が、2回目のアンケートでは、0（影響なし）に収束する傾向が認められた。

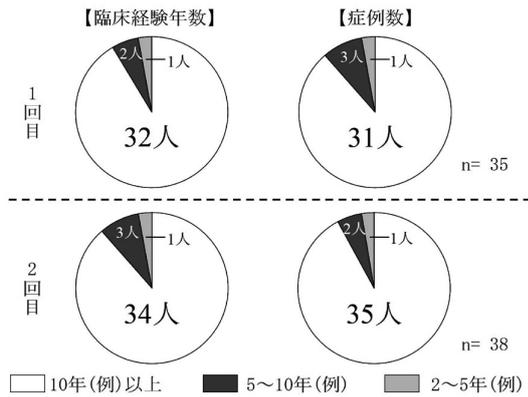


図1. 回答者の臨床経験年数と症例数

3. 推奨度の選択

デルファイ法による推奨度は2回目のアンケート結果より、意見の収束度と中央値によって決定した(表1)。収束度は度数が2以下のものを除外したときの分布範囲によって決定した。また、中央値は比例配分により算出した。図3に、推奨度の選択を行ったアウトカムの1例を示す。このアウトカムでは、度数が2以下のものを除外したときの分布範囲内が6であり、収束度は中程度、中央値は-1.05という結果になった。

4. 結果

表2にアンケートの結果を示す。「審美性、快適性(装着感・違和感)、対応性(管理・修理等)

咬合平面の乱れた症例へのMAの適用による咬合再構成は、次のどの点に有効、もしくは影響があると思いますか？
(上顎遊離端・中間の複合欠損で、挺出した小臼歯もしくは前歯を支台歯とする)

	悪影響 -5	影響なし 0	好影響 5
補綴装置の維持(力)	0 0 1 0 2 9 2 6 7 3 3	0 0 0 0 0 18 0 3 13 0 4	
咀嚼機能	0 0 0 0 0 12 2 3 10 3 3	0 0 0 0 0 9 2 6 7 3 3	
発音機能	0 0 1 0 0 16 4 4 6 1 1	0 0 1 0 0 21 1 5 8 0 3	
審美性	0 0 0 0 0 8 3 5 4 5 8	0 0 0 0 0 10 0 2 9 5 12	
快適性(装着感, 違和感)	0 0 0 0 0 6 2 5 12 6 2	0 0 0 0 0 7 1 4 22 1 3	
対応性(管理, 修理等)	0 0 0 2 0 9 5 3 8 5 1	0 0 0 1 0 14 1 2 18 0 2	
耐久性(支台歯・義歯の延命, 歯周疾患・ウ蝕)	0 0 1 0 0 10 3 6 9 3 1	0 0 0 0 0 18 1 4 12 2 1	
歯周組織の健康	0 0 1 1 2 7 4 5 10 1 2	0 0 0 0 0 18 1 3 14 0 2	
負担(患者・術者の肉体的・時間的負担)	0 0 2 1 2 16 2 4 5 1 0	1 0 1 3 0 27 1 3 2 0 0	
害(切削による歯のダメージ, 疼痛等)	0 0 2 4 2 14 4 4 0 2 1	1 0 3 2 0 29 1 2 0 0 0	
コスト軽減に有効である	3 2 5 4 2 10 1 3 2 0 1	3 1 5 3 2 23 1 1 1 0 0	

上段: 1回目の回答 下段: 2回目の回答

図2. デルファイ法調査の結果

に有効である」という3項目において、P：推奨してよい（positiveな弱い推奨）という推奨度となったが、その他の項目ではU：判断不能という結果になった。しかし、11項目すべてのアウトカムにおいてnegativeな推奨には至らなかった。

本CQに対する最終的な推奨度は、診療ガイドライン作成委員会の会議において、これらの11項目の結果から総合的に判断し、P：推奨してよいという見解に収束した。

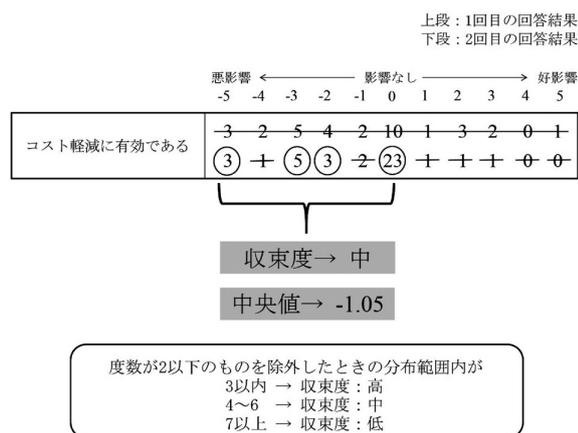


図3. 推奨度の一例

表1. デルファイ法による推奨度の選択

	中央値 ≤ -2	-2 < 中央値 < +2	+2 ≤ 中央値
収束度：高	NN	U	PP
収束度：中	N	U	P
収束度：低	U	U	U

【推奨度の表現】

- PP：推奨する（positiveな強い推奨）
- P：推奨してよい（positiveな弱い推奨）
- N：推奨しない方がよい（negativeな弱い推奨）
- NN：推奨しない（negativeな強い推奨）
- U：判断不能

表2. アンケート結果

アウトカム	中央値	収束度	評価
補綴装置の維持（力）	1	中	U
咀嚼機能	1	中	U
発音機能	1	中	U
審美性	3	中	P
快適性（装着感、違和感）	2	中	P
対応性（管理、修理等）	2	中	P
耐久性（支台歯、義歯の延命、歯周疾患、う蝕）	1	中	U
歯周組織の健康	1	中	U
負担（患者・術者の肉体的・時間的負担）	0	中	U
害（切削による歯のダメージ、疼痛等）	0	中	U
コスト軽減に有効である	-1	中	U
CQに対する推奨度		全体としての判断	P

IV. まとめ

診療ガイドラインは、エビデンスに基づいた信頼性の高い指針であることが基本となるが、磁気歯科学会診療ガイドラインにおいては、CQに合致する関連文献が少なく、策定に苦慮しているのが現状である。しかしながら、エビデンスがないとして推奨を提示しないことは臨床現場に混乱を起こす可能性が高く、診療ガイドラインを作成する目的から考えても好ましくない。そこで、本CQではコンセンサスを得る手法として、デルファイ法を採用しアンケート調査を行った。その結果、多くの専門家から価値のある情報を得られ、現時点における推奨度の決定に至ることができた。

しかし、本CQが想定している「咬合平面が乱れて咬合再構成が必要な患者」というモデルは、重度の歯周病の罹患や、歯冠崩壊を伴うカリエスが多数歯にわたり進行しているなど、重症度が高く予後不良となる症例を多く含むと考えられる。これらの患者に対し、良質なエビデンスを得るためにランダム化比較試験を行うことは倫理的にも問題があると考えられるので、本CQに合致する関連文献を検索できないものと思われる。また、欠損歯列の病態によっては磁性アタッチメントの適用可否や患者の満足度等のアウトカムに違いがでるものと考えられるが、CQが対象とする病態を規定する歯の欠損様式にはKennedy分類やEichner分類などがあり、一律に単純化することはできない。

診療ガイドラインは、医療現場において適切な診断と治療を補助することを目的として作成された指標であるが、治療法の進歩と医学研究の発展に伴い、常に内容が加筆修正され、更新されていかななくてはならない。今後、より多くのエビデンスの蓄積が必要であるが、多くの課題を抱えているため、苦慮する状況は続いていくものと思われる。エビデンスの質を低下させる要因を明確にし、良質なエビデンスを得るための具体的な対処法について、磁気歯科学会だけでなく、歯科医学会の各分科学会が積極的に議論することも必要だと思われる。

最後に、アンケート調査の回答にご協力いただいたエキスパートパネルの皆様にご感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 秀島雅之. 磁性アタッチメントの診療ガイドライン策定. 日磁歯誌 2012; 21(1): 16-21.
- 2) 秀島雅之. 磁性アタッチメントで困ったら. 日磁歯誌 2013; 22(1): 19-23.
- 3) 相原守夫, 三原華子, 村山隆之, 相原智之, 福田眞作, GRADE ワーキンググループ, 他. 診療ガイドラインのための GRADE システム. 弘前: 凸版メディア株式会社; 2010, 2-21.
- 4) 永尾 寛, 後藤崇晴, 石田雄一, 市川哲雄. デルファイ法とは. 日磁歯誌 2012; 21(1): 32-36.
- 5) Rowe, G., Wright, G., Bolger F. Delphi-A Revaluation of Research and Theory. Technol Forecast Soc Change 1991; 39: 235-251.



特集 Feature

インプラント VS 天然歯への磁性アタッチメント適用

磁性アタッチメントを適用したインプラントオーバーデンチャーの臨床 ～診療ガイドラインを踏まえて～

田中譲治

日本インプラント臨床研究会
MACS 研究会

Clinical application of magnetic attachments for implant-supported overdentures: Toward the development of clinical practice guidelines

Jyoji Tanaka

Clinical Implant Society of Japan
MACS Implant Center

要旨

現在、診療ガイドライン策定がおこなわれており、インプラント関連としては4題のクリニカルクエスション (CQ) が選定されデルファイ法も用いて検討されている。天然歯との大きな違いは支台の位置や本数を術者が自由に決められる能動的補綴が可能で、咬合支持の改善や積極的顎堤保全に有利と考えられた。

他支台装置より有効かについては、日本製の高性能磁性アタッチメント (MA) の研究は少なく苦慮しているが、快適性、歯周病予防に有効で、加えて、特に長寿社会を考慮すると定期的支台装置交換が不要、植立方向不良でも適応しやすい、取り外しやメンテナンスが容易、咬傷予防など高い有用性があげられた。経過についての天然歯との比較は、推奨してもよいと判断。上顎への適用の下顎との比較は判定不能であったが、MA 専用ミニインプラントが開発されている。複数支台と単独支台の比較は、複数支台が維持力で有効と示された。

世界最速で高齢化が進んでいる日本においてインプラントオーバーデンチャー (IOD) への MA 診療ガイドラインを構築し、世界へ発信することが期待された。

Abstract

Clinical practice guidelines are currently under development. In this process, 4 implant-related clinical questions (CQs) have been selected and explored using the Delphi method and others. The main difference between implants and natural teeth is that the former allows for active adjustment of prostheses, giving dentists more freedom in deciding the number and position of abutments; this is considered helpful for improving occlusal support and proactively preserving the residual alveolar ridge.

Finding an answer to the question of whether magnetic attachment (MA) is more effective than other retaining methods is difficult because studies on Japanese-made high-performance MA systems are scarce. However, these systems are comfortable and effectively prevent periodontal disease. In addition, for a nation with a large elderly population, MA offers many advantages, such as no need for the periodic replacement of retainers, tolerance for poor implant orientation, easy detachment and maintenance, and effective prevention of occlusal trauma. Using MA for implants has been considered preferable to using it for natural teeth. The result of the comparison between using MA for the upper jaw or the lower jaw was inconclusive; however, the recent development of mini implants may be helpful. Regarding the comparison between multiple abutments and a single abutment, the former was found to be more effective in terms of the retentive force.

As Japan is the nation with the most quickly aging population in the world, we are expected to establish clinical practice guidelines for using MA for implant overdentures (IOD) and share them with the rest of the world.

キーワード (Key words)

磁性アタッチメント (Magnetic attachment), インプラント (Implant),
インプラントオーバーデンチャー (Implant overdenture),
診療ガイドライン (Clinical practice guidelines), デルファイ法 (Delphi method)

I. はじめに

世界最速で高齢化が進んでいる我が国において健康長寿をいかに延ばすかが、これからの医療において最重要課題となってきており、その鍵ともなる口腔機能の維持、改善の重要性が再認識されてきている。このような中、無歯顎・多数歯欠損で悩まれている患者への治療選択肢の一つにインプラントオーバーデンチャー（以下IOD）があらためて注目されてきている。そして、その支台装置として磁性アタッチメント（以下MA）が広く普及してきており、それにともない診療ガイドラインが求められている。MAにはさまざまな利点があるが¹⁻³⁾、日本磁気歯科学会医療委員会では、GRADEシステムに準拠してMAの診療ガイドライン策定がおこなわれており⁴⁻⁶⁾、Clinical Question (CQ)としては、アンケート調査により収集した147題より代表的な14題が選定された。アウトカムとしては11種類（維持、咀嚼機能、発音機能、審美性、快適性、対応性、耐久性、歯肉組織の健康、負担、害、コスト）を対象としている。エビデンスを収集後、構造化抄録を作成し⁷⁾エビデンスの質のグレーディングをおこなうとともに、コンセンサスグループの評価や外部評価により推奨度を判定している⁵⁾。そこで、実際の臨床症例をもとに、長寿社会における欠損補綴アプローチを考慮して、診療ガイドラインを踏まえたIODへのMAの適用について検討してみたい^{8,9)}。

II. インプラント vs 天然歯

MA診療ガイドライン策定にあたり、インプラント関連のCQについては4題が選定されたが、そのうち3題は関連した文献が少なく⁷⁾、専門家を対象にアンケート調査してコンセンサスを得るデルファイ法¹⁰⁾を用いてガイドライン策定が進められている。

ここで、インプラントにおけるMAの適用を考えるにあたり、特に考慮すべきインプラント

と天然歯の違いについて表1に示す。磁性アタッチメントを扱うにあたり重要となることに、キーパーと磁石構造体を密着させることがあげられるが¹¹⁾、この点においては天然歯の方が扱いが有利と考えられる。なぜなら天然歯においては歯根膜があるため、インプラントと比較すると義歯のわずかな動きに同調でき、また、わずかなエアギャップであれば涎出により補正されることが期待できると考えられる。

表1. インプラントにおけるMA適用にあたり、特に考慮すべきインプラントと天然歯の違い

インプラント	天然歯
歯根膜なし	歯根膜あり
被圧変位なし	被圧変位あり
挺出なし	(生理的動揺)
う蝕なし	挺出あり
	う蝕あり
追加支台を利用	残存歯を利用

しかし、設計上で最も異なることに、天然歯においては支台は残存歯を利用するのに対して、インプラントは骨量・コスト等の問題がなければ理想的な位置や本数を術者が自由に決め支台とすることができることが挙げられる。図1にすれ違い症例をIODを用いて補綴治療した症例を示すが、インプラントを用いることで咬合支持を改善することができ、アイヒナーの分類でいえばC1をB2に改善するのと同等の効果があると考えられる。また、インプラントは支台を追加で作ることができるので顎堤保全にも有利に働くと考えられる。すなわち「有床義歯における顎堤・顎骨の吸収は患者自身がバイオロジカルコスト（生物学的代償）を払っている」という概念をZarbが提唱しているが¹²⁾、それを抑制するのに有効な治療法が残存歯を利用したオーバーデンチャーであり、さらに積極的な治療法がIODと考えられる^{13,14)}。このようにインプラントは能動的補綴が可能であり、外科的侵襲、コストについては天然歯より不利であるが、補綴介入の効果として高い有用性があると

いえよう。

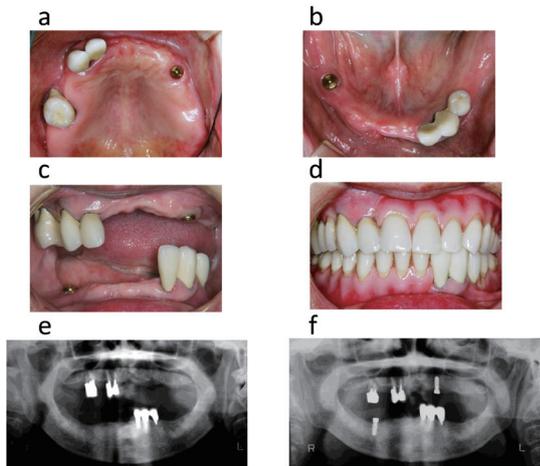


図1. 75歳女性. 術後の口腔内写真およびパノラマエックス線写真

a : 咬合面観 (上顎), b : 咬合面観 (下顎),
c : 正面観, d : 正面観 (補綴装置装着時)
e : パノラマエックス線写真 (術前),
f : パノラマエックス線写真 (術後5年経過時)

アイヒナーの分類C1をB2に改善するのと同等の効果があり, すれ違い咬合であるが, 義歯安定も良く経過良好. インプラントによるMA適用は, 咬合支持の改善や顎堤保全に有利となる能動的補綴治療が可能と考えられる.

Ⅲ. CQ1 IODのMAの適用は他装置よりも有効か?

IODのMAの適用は他装置よりも有効かというCQについては, エビデンスの収集により関連文献が多く検索され, バーアタッチメント, ボールアタッチメントと比較したエビデンスレベルの高い論文もあげられ, デルファイ法を用いずに検討されている(図2). 推奨プロファイルとしては, 維持力や咀嚼機能においてはやや劣るものの快適性や歯周組織の健康維持の面において有効性が評価され, IODの支台装置として該当する症例において推奨されると判断された. ただし, 論文のほとんどが維持力, 大きさ, 耐久性などに劣るMAでの研究で, 現在日本で使用されている高性能MAでないことが注釈されている. 加えて, 観察研究としてはエビデンスレベルの高いクロスオーバー研究においても数か月でアタッチメントを交換しているため長期着脱に伴う維持力の減衰がないMAの優れた長が反映することができず, 推奨度の決定にあたってはこれらのことも考慮する必要があると考えられた¹⁵⁾.

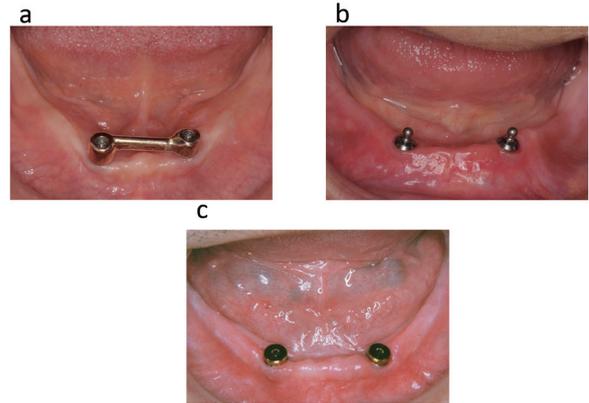


図2. インプラントオーバードンチャーにおける各種アタッチメント

a : バーアタッチメント,
b : ボールアタッチメント
c : 磁性アタッチメント

エビデンスレベルの高い各種アタッチメントの比較論文もあるが, 現在, 日本で使用している高性能MAを用いた研究ではないことを, 診療ガイドライン策定においては十分考慮する必要がある.

エビデンスレベルの高いランダム化比較研究としてNaert Iら^{16,17)}の研究があげられ, 完全無歯顎患者36名におこなった下顎2本IODに対して, ボール, バー, MAを装着し, 4ヶ月, 12ヶ月, 60ヶ月, 120ヶ月で患者追跡をおこなっている. 10年後における維持力はボール(1327g), バー(1067g), マグネット(219g)と示されているが, 装着時の維持力がボール(655g), バー(1667g), マグネット(370g)と示されており¹⁷⁾, ボールは交換回数も多く, 新しい製品に交換した症例が多いと推測される. そのため各アタッチメントの評価として単純に比較できず, また, 現在の高性能インプラント用MAの維持力は約750gであり, 現在のMAにはあてはめられない研究と考えられる. 一方で興味ある結果として10年後の骨吸収がバーが1.15mm, ボールが0.9mm, マグネットが0.53mmと報告されており, 歯周組織の健康に有効と考えられた¹⁶⁾. 5年観察においては, バー群の維持力が最も高いが, 歯肉の増殖が他よりみられたと報告されている¹⁸⁾. また, 維持力はMAが低かったものの患者満足度の各群の有意差はみられなかったと報告があり, 高性能MAを使用すれば優れた結果が得られる可能性があるとして推測された. Ellis JSら¹⁹⁾のクロスオーバー比較試験においては, 下顎2本IODにおいてボールまたはマグネットを3ヶ月使用したのち, もう一方のア

タッチメントに交換し、その後どちらを選択したかを調査している。結果としては、16名中11名がボールを選択し、5名がMAを選択した。MAを選択したのは女性が多く、快適性や清掃性を評価していた。また、ボールにおいてはメール部が突き出しているため、舌のヒリヒリ感を訴えた患者が複数あったと報告されており、後述する要介護を見据えた補綴を考えるにあたり注目すべきことといえよう。なお、MA選択者が少ない結果となったが、研究にあたりIOD製作中全員がヒーリングアバットメントのかわりにボールを使用しており、患者がボールに対してバイアスをもたらした可能性があり、また、結果において16名中12名は2番目に使用したアタッチメントを選択しており、わざわざ1番目のアタッチメントに交換したいと考えるほどアタッチメント間に大きな差がなかったとも推測される。

次に下顎2本のIODを考えるにあたり上顎への影響についても検討する必要がある。この点においてはAdb El-Dayemらが完全無歯顎患者に対して下顎2本IODにおいてバーによるIOD群がMAによるIOD群よりも上顎骨吸収が多かったと報告している²⁰⁾。バーにおいては、スリーブの規制によりほとんど遊びのない蝶番運動が繰り返されるため遠心部に過大な加圧がかかり、加えて、前咬みになりやすいため上顎骨吸収をまねきやすいのに対して、MAによるIODは自由度のある動きをする狭義のフレキシブルIODであるため、MAの方が問題を併発しづらいのではないかと著者は考えている^{9,15)}。上顎への影響については、前述したNaert I¹⁷⁾の研究においてもMAやボールによる下顎IODに比較して、バーによる下顎IODが上顎義歯の安定性と快適性が有意に低いと示されており、Rutkunasら²¹⁾による下顎2本IODの上顎全部床義歯の転帰に関するシステムティックレビューにおいても、バーを使用した下顎IODについては、上顎全部床義歯の患者満足度が低下するというリスクがあることを指摘している。

ここで、これからの補綴設計を考えてみたいが、それにあたっては、長寿社会を十分考慮して検討することが肝要となってきている。表2に長寿社会を考慮したMA適用の特長を示す。歯科補綴治療において定期検診が重要であり、一般的に

IODにおいても当然メンテナンスは不可欠と考えられる。しかし、長寿社会を迎え、菊谷ら²²⁾がいうように要介護などを考えるといつかは歯科医院に通院できなくなることを想定すべきである。この観点からMAは、通常の機械的維持力発現機構を利用しているアタッチメントと異なり、磁力という特殊な維持力発現機構を用いているため、長期使用に伴う維持力の減衰がないという優れた特長がある²³⁾。すなわち、バーやボールは定期的な維持力の調整やアタッチメントの交換が必要であるが、MAについては必ずしも必要としない。実際に著者の施行した10年以上経過症例においても、ほぼすべてキーパーおよび磁石構造体ともに一度も交換せずに使用しており(図3)。長寿社会にとって非常に高い有用性があると考えられる。また、無歯顎・多数歯欠損症例においては骨吸収が進んでいることも多く、骨造成しなければ理想的方向にインプラントを植立することが難しいことも多い。しかし、無歯顎・多数歯欠損症例においては、免荷期間中も審美性、機能性から義歯使用が必要となることが多く、負荷を避けることが重要である骨造成をおこなうには、高度な技術をとまってしまう。この点、他の支台装置と比較してMAは着脱方向の制限がないため、植立方向が不良な場合や支台歯間の平行性が不良であっても骨造成せずに適用できる(図4)。ボールの支台相互間の許容範囲は10°程度で、ロケーターも含めメーカーによっては許容範囲が広いとうたっていることもあるが、把持を必要とする機械的維持機構を用いている限り、埋入方向が不良の場合には、維持力のコントロールが難しくなったり、早期のアタッチメントの交換が必要となってしまうことが危惧される。

表2. 長寿社会を考慮したMA適用の特長

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 支台に優しい • 歯周組織の健康維持に有利 • 維持力の減衰がない
定期的アタッチメント交換が不要 • インプラントにおいて植立方向不良でも適応しやすい
骨造成などの外科的侵襲が抑えられる • 取り外しが容易
手が不自由であったり、片麻痺でも片手で外せる • メンテナンスが容易
要介護においても口腔内清掃の一環として容易に清掃できる • 咬傷予防として有利 |
|---|

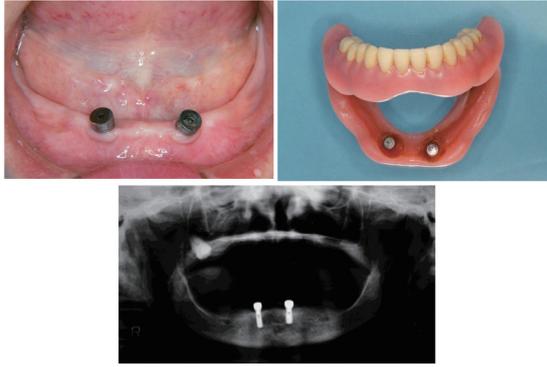


図3. 65歳女性の装着16年経過後の口腔内写真とパノラマエックス線写真
磁石構造体，キーパーともに一度も交換していないが，経過良好．長寿社会を迎え，一生涯通院することができるとは限らず，定期的な維持調整や交換を必要とするボールやバーと比較して，維持力の減衰がないMAは高い有用性がある．



図4. 71歳女性．10年経過後の口腔内写真とパノラマエックス線写真
磁石構造体，キーパーともに一度も交換なし．MAは他支台装置と比較して支台間の平行性の許容性が高く，残存骨の状態で植立方向が不良な場合でも経過良好．

次に，長寿社会を迎えて高齢に伴う手の不自由さや，要介護も見据えた検討が重要となってきており，認知症の問題や脳疾患により片麻痺になることも多く，片手で外せるなど，取り外しが楽で使いやすい，すなわちユニバーサルサポート（デザイン）²⁴⁾の補綴装置が望まれてきている⁹⁾．図5aに示すようにロケーターを用いた場合には片手で外すことは難しいのに対して，MAにおいては，図5bに示すように手が不自由であっても片手で簡単に外すことができる．MAはユニバーサルサポートのIODとすることができ有利といえよう．また，要介護になった場合のプラークコントロールは，歯周病やう蝕予防というより誤嚥性肺炎予防が重要な目的になるが，口腔清掃を拒むようになることもあり介護者にとって口腔清掃もしやすい補綴が望まれる．MAは，図6に示すように口腔の清掃の一環として顎堤とともに

MA部を容易に清掃できるため有用である．さらに，要介護を考慮した補綴として咬傷予防も十分考慮する必要がある，この点においてもMAは他の支台装置に比べてシンプルで，粘膜を傷つけにくい形態であるMAは有利といえよう^{9,25)}．

以上，MAの他の支台装置との比較について述べたが，エビデンスとしては，維持力や咀嚼機能においてもMAはやや劣るが快適性，歯周組織の健康の面においては海外のMAの研究においての有効性が報告されており，加えて，長寿社会を考慮することでMAは他の支台装置に比較して高い有効性があるといえよう．

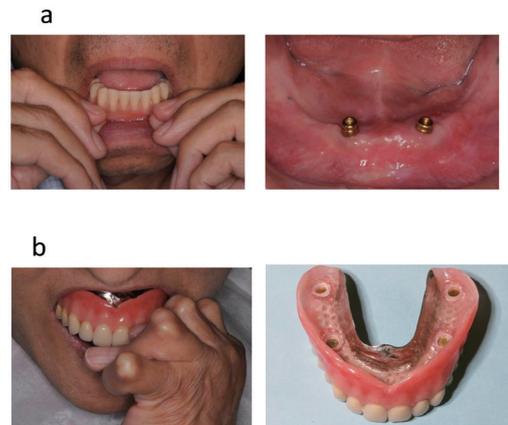


図5. ロケーター使用とMAの使用
a：ロケーターの使用
b：MAの使用

ロケーターにおいては通常外すのに両手を必要とするが（図5-a），MAを用いた場合，リウマチで手が不自由であっても，簡単に片手で外すことができる（図5-b）．長寿社会を迎え，手の不自由さや要介護をも考えると，容易に取り外しができる義歯が望まれ，この点においても片手で容易に外せユニバーサルサポートのIODとすることができるMAの適用は優れる．



図6. 要介護を見据えたアタッチメント
要介護になった場合は誤嚥性肺炎予防が重要な目的となる．MAは口腔内清掃の一環として顎堤とともにMA部を容易に清掃でき，また，MAはシンプルであるため咬傷の予防の点でも有利である．図6右（上）：介護用ハブラシ，図6右（下）：手が不自由な方用の柄の太いハブラシ．

IV. CQ2 IOD の MA の適用は天然歯適用よりも経過が良いか？

このCQについての研究はほとんどなくエビデンスが不足していたためデルファイ法を用いている。デルファイ法の調査により維持力についてP(弱い推奨)と評価され、咀嚼機能については、中央値が3で収束度も高くPP(強い推奨)となった。なお、見解を統一するにあたり2回目調査においては「下顎両側遊離端・中間の複合欠損で、支台歯は欠損に隣接する小臼歯もしくは前歯とする」を追加して調査している。また、同時におこなわれた「経過不良の時期はどれくらいで生じると思われますか？」という回答の平均値は、比較的簡単な全部床義歯では8.8年/13.1年(天然歯/インプラント以下同様)、難しい全部床義歯症例(顎堤の吸収が大きい)では6.1年/9.2年、比較的簡単な部分床義歯では8.7年/13.4年、遊離端欠損の部分床義歯では6.3年/10.4年、難しい部分床義歯(すれ違い咬合)では4.5年/8.1年という結果となった。これらのことよりIODへのMAの適用は天然歯適用よりも維持力、咀嚼機能等の観点から推奨してもよいと判断されている。下顎両側遊離端・中間の複合欠損症例ではないが、インプラントの方が経過が良いことを示唆するインプラントと天然歯を併用した症例を図7, 8に示す。抜歯となった天然歯支台にはインプラント

にてリカバリーし経過良好。ただし、実際の臨床においてMAを天然歯に応用する場合、他の支台装置では適応しにくい状態の不良な支台を利用することも多く、インプラントの方が長期予後が良いと判定するにはさらなる検討が必要と考えられた。

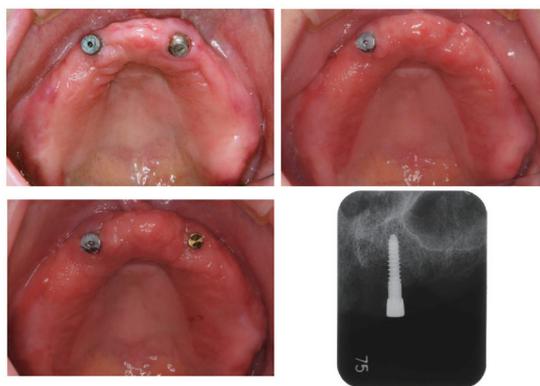


図8. 69歳女性. 23の天然歯および13部のインプラントにMAを適応した症例。

9年後、天然歯においては予後不良で抜歯となった。その後、インプラントにてリカバリーし、経過良好。

V. CQ3上顎IODへのMAの適用は下顎よりも経過がよいのか？

一般的に上顎のインプラントは下顎のインプラントより不利と言われており免荷期間においても下顎より長くとることが多い。システムティックレビューをはじめ多くの論文をもとにまとめられた荷重プロトコールからも²⁶⁾、上顎が不利ということが推測される。これは骨質の違いが関与していると推測されるが、それとともに骨量の違いも大きく関与していると考えられる。図9に上下無歯顎の口腔内写真とCT画像を示すが、不良の義歯を長期に使用している場合には、特に上顎においてこのように骨幅が少なくなっていることが多い。CQ3「上顎IODへのMAの適用は下顎よりも経過がよいのか？」について、このようなことも加味して骨量の条件を同じにして経過を比較することで結果が異なってくると考えられるが、そのような報告は少ない²⁷⁾。そしてMAを適用した場合の比較研究は存在しないため、デルファイ法のみを用いて検討されたところ、すべてのアウトカムに対して判断不能となり収束度も高く、明確な差は認められないと判断された。

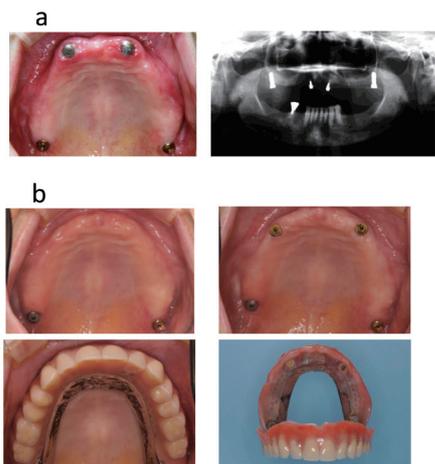


図7. 61歳女性. 天然歯とインプラントの併用した症例

- a : 上顎前歯部残存歯および上顎結節に植立したインプラントにMAを適用した症例
- b : 7年経過時、前歯天然歯は予後不良で抜歯、その後インプラントを植立しMAを適用。

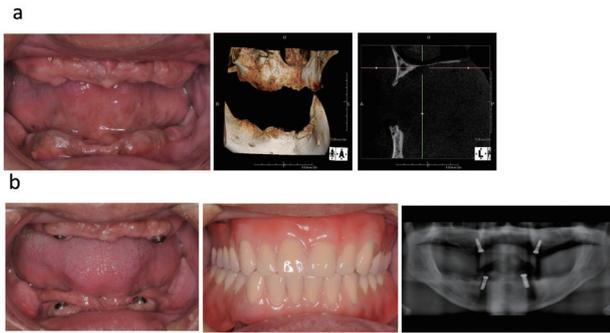


図9. 上顎と下顎の骨幅の比較と MA を適応した症例.

- a : 上下顎の骨幅の比較,
b : 上下にインプラントを植立し MA を適応した症例

上下とも比較的顎堤は良好であるが、CT で診断すると上顎の骨幅が少ないことが認められる。このように特に上顎においては不良な義歯の長期使用により骨幅がなくなっていることが多い (図9-a)。義歯の安定と顎堤保全のため上下にインプラントを植立し MA を適応し経過良好。長期的に慎重に経過をおっていききたい (図9-b)。

さてこのような中、 $\phi 2.6\text{mm}$ の磁性アタッチメント専用ミニインプラントが開発され、骨幅の狭い症例にも対応しやすくなってきている²⁵⁾。図10にミニインプラントを使用した症例を示す。臼歯部において上顎洞の関係で骨量がなく、前歯部に4本のミニインプラントを用いた無口蓋義歯であるが維持安定もよく経過は良好である。前歯部において骨幅が少なかったがミニインプラントの使用により骨造成せずに行ってきた。今後はこのような磁性アタッチメント専用ミニインプラントも含めたガイドラインも検討する必要があると考えられた。

次にデルファイ法調査において「上顎無歯顎に2本のインプラント支台のオーバーデンチャーを製作する場合、支台装置として MA を選択する」という設問に対して、強い同意と同意しない2つのグループにわかれたが、強く同意するが多かった。これは上顎無歯顎に2本しかインプラントを使用しないのであれば他の支台装置より MA の方が推奨されるという意図からではないかと推測される。同意しないのは上顎インプラントにオーバーデンチャーを使用する場合には4本以上を推奨することが多いためと著者は推測している。インプラントの本数については、無口蓋にするかどうかによって異なってくると考えられる。さらに、インプラントを義歯の安定のためだけでなく顎堤

保全^{12~14)}のために利用するという考え方も含め、さらなる検討が必要と考えられる。すなわちインプラントによる顎骨吸収の予防概念¹³⁾が以前からあり、加えてメール・フィメールが平面で咬合力を受けとめやすい MA の適応は顎堤保全に優れる。このことを利用することで IOD を用いた MA の適応症は大幅に広がると考えられる。

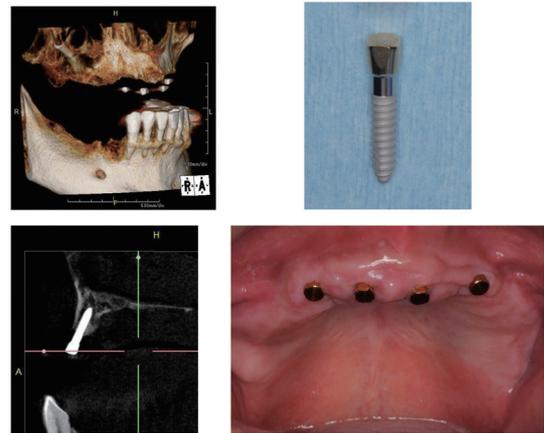


図10. 磁性アタッチメント専用ミニインプラントの使用症例.

上顎において骨幅が狭いことが多いが、磁性アタッチメント専用ミニインプラント ($\phi 2.6\text{mm}$ 愛知製鋼, プラトン) が開発され、適応症が広がることが期待される (図10右上)。

VI. CQ4 インプラント複数支台への MA の適用は単独支台よりも有効か?

下顎 IOD については、McGill コンセンサス²⁸⁾がカナダで2002年に提唱されて2本支台 IOD が広く普及してきている。これは15名の科学者と臨床エキスパートおよび患者により、インプラント2本の IOD に関する過去10年以上の研究をもとに、インプラントの予知性が高いこと、合併症の発生率が非常に低いこと、顎堤の保全に有利なこと、食生活の明らかな向上など、満足度が非常に高いことから、下顎無歯顎においては、総義歯でなくインプラント2本を支台とした IOD を第一選択にすべきではないかと報告された。ここで CQ4 「インプラント複数支台への MA の適用は単独支台よりも有効か」について検討してみる (図11)。エビデンスについては、IOD を想定した模型実験の研究があり²⁹⁾、下顎前歯部における2本支台への MA の適用は単独支台に比較して約2倍の維持力を示している。エビデンスが不足しているためデルファイ法を用いているが、コス

トについては不利と高い収束度で示されたが、維持力、耐久性においては収束度も高く有効であると強い推奨が示された。

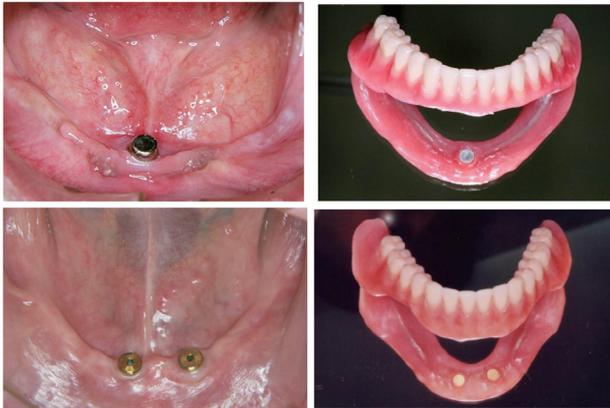


図11. インプラント単独支台および2本支台に MA を適用した症例

インプラント単独支台に MA を適用することもできるが、維持力等の理由により著者は1本支台はほとんどおこなわず、2本支台に MA を適用しており良好な結果を得ている。なお、正中部は舌孔が多いことが報告されており、吸収が著明な場合には十分に注意が必要である。

アンケート調査においては、第1回目においては単に単独支台と複数支台の比較であったため回答者により想定が異なる可能性が考えられた。2回目では「下顎無歯顎症例でインプラント支台は2～5本、別々に埋入されている」と条件をつけ調査をおこなっており、下顎無歯顎において複数支台への MA の適用は維持力に関しては有効であると判断された。なお、文献として Walton らは下顎無歯顎において1本支台と2本支台で治療費用、治療時間は1本支台で少ないが、患者の満足度は有意差が認められなかったと報告している³⁰⁾。しかし、これはボールアタッチメントにおける研究であり、MA においては判断不能であり、また、下顎骨の正中において血管等が入り込む舌孔が他の部分と比較して非常に多くみられ、特に骨吸収の大きい場合において正中1本の症例をおこなう場合には十分注意が必要と考えられた³¹⁾。また、デルファイ法において、「MA を適用した IOD の1症例あたりのインプラント埋入本数はどれくらいですか」というアンケートもおこなっているが上顎5.1本、下顎3.6本という調査結果となっており、単独より複数支台が推奨されることが示唆された。著者の臨床的経験から上顎においては2本とすることもあるが、上顎4本が

多く、下顎においては1本は原則おこなわれず2本支台とすることがほとんどで良好な結果を得ている^{32, 33)}。

VII. おわりに

MA は磁力という特殊な維持力を利用しており、さまざまな利点があり、広く普及している。一方インプラントも予知性の高い優れた治療法として認められており、また、無歯顎多数歯欠損への補綴アプローチの選択肢としての IOD は少数のインプラントで高い治療効果が期待でき、あらためて注目されてきている。今回インプラント関連の MA 診療ガイドラインをふまえて IOD への MA 適用について検討したが、長寿社会を迎えた日本において特に MA は推奨できる治療法といえ、MA の診療ガイドラインを構築し、長寿社会における優れた補綴治療法として世界に向けて発信していくことが期待される。

参考文献

- 1) 田中貴信. 磁性アタッチメント 第1報. 東京: 医歯薬出版; 1992, 18-20, 29-39.
- 2) 藍 稔, 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, 28-42.
- 3) 鱒見進一. 磁性アタッチメントの適用はどのような点に有効か?. 日磁誌2013; 22(1): 33-35.
- 4) 秀島雅之. 磁性アタッチメントの診療ガイドライン策定. 日磁誌2012; 21(1): 16-21.
- 5) 秀島雅之. 磁性アタッチメントで困ったら. 日磁誌2013; 22(1): 19-23.
- 6) 西山 暁. 顎関節学会ガイドライン策定の経緯. 日磁誌2012; 21(1): 22-27.
- 7) 尾澤昌悟. 磁性アタッチメントのインプラントへの適用 顎顔面補綴診療ガイドライン作成の経験から. 日磁誌2012; 21(1): 28-31.
- 8) 田中讓治. QOL を高める補綴装置・磁性アタッチメント インプラント治療への積極的導入. 日本磁気歯科学会雑誌2010; 19(1): 17-28.
- 9) 田中讓治. インプラントオーバーデンチャーの基本と臨床—磁性アタッチメントを中心に—. 東京: 医歯薬出版; 2012, 24-27, 40-97, 112-

- 117.
- 10) 永尾 寛, 後藤崇晴, 石田雄一, 市川哲雄.
デルファイ法とは. 日磁誌2012 ; 21(1) : 32-36.
 - 11) 石上友彦. 磁性アタッチメントの失敗と対策.
日磁誌2013 ; 22(1) : 24-29.
 - 12) 前田芳信. 臨床に生かすオーバードンチャー—
インプラント・天然歯支台のすべて—. 東京:
クインテッセンス出版 ; 2003, 12-23.
 - 13) Denissen HW, Kalk W. Preventive implantations.
Int Dent J 1991 ; 41(1) : 17-24.
 - 14) 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.
 - 15) 田中譲治. 今なぜ, 磁性アタッチメントの有
用性を再考すべきか—長寿社会を迎えて—.
Quintessence Dental Implantology 2012 ;
19(1) : 45-58.
 - 16) Naert I, Alsaadi G, Van Steenberghe D.
Quirynen M. A 10-year randomized clinical
trial on the influence of splinted and
unsplinted J Oral Maxillofac Implants, 2004 ;
19(5) : 695-702.
 - 17) Naert I, Alsaadi G, Quirynen M. Prosthetic
aspects and patient satisfaction with two-
implant-retained mandibular overdentures:
a 10-year randomized clinical study. Int
J Prosthodont 2004 ; 17(4) : 401-410.
 - 18) Naert I, Gizani S, Vuylsteke M, Van
Steenberghe D. A 5-year prospective
randomized clinical trial on the influence
of splinted and unsplinted oral implants
retaining a mandibular overdenture :
prosthetic aspects and patient satisfaction.
J Oral Rehabil, 1999 ; 26(3) : 195-202.
 - 19) Ellis JS, Burawi G, Walls A, Thomason
JM. Patient satisfaction with two designs
of implant supported removable overdentures ;
ball attachment and magnets. Clin Oral
Implants Res 2009 ; 20(11) : 1293-1298.
 - 20) Abd El-Dayem MA, Assad AS, Abdel-
Ghany MM. The effect of different
mandibular dentures on antagonistic
maxillary ridge. Implant Dent 2007 ; 16
(4) : 421-429.
 - 21) Rutkunas V, Mizutani H, Peciuliene V,
Bendinskaite R, Linkevicius T. Maxillary
complete denture outcome with two-implant
supported mandibular overdentures. A
systematic review. Stomatologija. 2008 ;
10(1) : 10-15.
 - 22) 菊谷武. 菊谷武先生にここが聞きたい. 日本
歯科評論 2011 ; 71(1) : 13-15.
 - 23) Jackson TR. The application of rare earth
magnetic relation to osseointegrated
implants. Int J Oral Maxillofac Implants
1986 ; 1 : 81-92.
 - 24) Jyoji Tanaka, Kazumasa Hoshino. A
Prosthetic Design Guideline for Effective
Usage of Magnetic Attachments —
Application to Restorations Supported
by Implants—. 日磁誌2003 ; 12(1) : 10-25.
 - 25) 田中譲治. 長寿社会に向けてのインプラント
オーバードンチャー. Quintessence Dental
Implantology 2014 ; 21(2) : 30~33.
 - 26) Gallucci GO, Morton D, Weber HP.
Loading Protocols for Dental Implants
in Edentulous Patients. Int J Oral
Maxillofac Implants 2009 ; 24 : 132-146.
 - 27) Bergendal T, Enquist B. Implant-supported
overdentures, a longitudinal prospective
study. Int J Oral Maxillofac Implants
1998 ; 13(2) : 253-262.
 - 28) Feine, J S, 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(4) : 601-602.
 - 29) Xiaorong Wang, Chikahiro Ohkubo,
Toshio Hosoi, Hidemasa Shimpo, Daisuke
Kurihara, Toshiyuki Murata. Retentive
foci of 3 types of attachments for root-

- retained overdentures. *Prosthodont Res Pract.* 2007 ; 6 : 104-108.
- 30) Walton JN, Glick N, Macentee MI. A randomized clinical trial comparing patient satisfaction and prosthetic outcomes with mandibular overdentures retained by one or two implants. *Int J Prosthodont.* 2009 Jul-Aug ; 22(4) : 331-9.
- 31) Katakami K, Mishima A, Kuribayashi A, Shimoda S, Hamada Y, Kobayashi K. Anatomical characteristics of the mandibular lingual foramina observed on limited cone-beam CT images. *Clin Oral Implants Res* 2009 ; 20(4) : 386-390.
- 32) 田中讓治. 磁性アタッチメントを用いたインプラント支台オーバーデンチャー. *補綴臨床* 2009 ; 42(4) : 414-432.
- 33) 田中讓治. インプラントオーバーデンチャーの臨床的検討. *歯界展望*2010 ; 116(6) : 1027-1035.



特集 Feature
インプラント VS 天然歯への磁性アタッチメント適用

インプラントオーバーデンチャーに対する磁性アタッチメント適用の診療ガイドライン

鈴木恭典

鶴見大学歯学部有床義歯補綴学講座

Clinical practice guidelines regarding magnetic attachment
application of implant overdentures

Yasunori Suzuki

Department of Removable Prosthodontics, Tsurumi University School of Dental Medicine

要旨

インプラントオーバーデンチャーは従来の義歯に比較し様々な利点を有しその成功と予知性は証明されている。インプラントオーバーデンチャーの支台装置としてはデンチャースペース、維持力、負担能力などを考慮し磁性アタッチメント、バーアタッチメント、ボールアタッチメントが日常臨床に使用されている。しかし磁性アタッチメントを適用したインプラントオーバーデンチャーのエビデンスは未だ十分とはいえない。日本磁気歯科学会では磁性アタッチメントに関する14の臨床上の疑問を選択し、ガイドラインを作成している。本論文では天然歯と比較しインプラント支持パーシャルデンチャーに適用した磁性アタッチメントの有効性を11種類のアウトカム（維持力、咀嚼機能、発音機能、審美性、快適性、対応性、耐久性、歯周組織の健康、負担、害、コスト）について、文献的考察とデルファイ法調査を行った結果を報告する。

Abstract

There is sound evidence that implant overdentures significantly reduce certain problems as compared to conventional dentures. Magnetic, bar-clip, and ball attachments are particularly popular for implant overdenture rehabilitation. The type of attachment is selected from the implant's position, the direction of the implant's placement, and the denture space on the implant platform. However, magnetic attachment applications in implant supported overdentures had not yet been fully evaluated. Based on 14 clinical questions, the Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry (JSMAD) has been making clinical practice guidelines for magnetic attachments.

The purpose of this study is to analyze the published literature on clinical follow-up studies that focus on the efficiency of magnetic attachment applications in implant supported removable partial dentures and conventional removable partial dentures. Eleven clinical outcomes, namely, retention, masticatory function, phonation, esthetic, comfort, compliance, durability, health of the periodontium, burden, harm, and cost, were reviewed. When it was difficult to search enough related evidence-based articles, the Delphi method was used to produce a certain consensus from the expert panels.

キーワード

(Key words)

磁性アタッチメント (Magnetic Attachment),
インプラントオーバーデンチャー (Implant Overdenture),
診療ガイドライン (Clinical Practice Guidelines),
臨床成績 (Clinical Follow-up Study), デルファイ法 (Delphi Method)

I. はじめに

近年、インプラントは1歯から多数歯欠損まで幅広く適用され、予知性の高い欠損補綴の治療として日常臨床に普及している。一般的に多数歯欠損では多数のインプラント埋入を要する固定性補綴装置が選択される傾向にあるが、必ずしもそれが理想的な結果を導くとは限らず、高齢者では固定性ブリッジよりインプラントオーバーデンチャーを希望する割合が増加するという報告もある¹⁾。義歯床下にインプラントを埋入し、維持や支持として活用するインプラントオーバーデンチャーは、支台となるインプラント埋入本数を少数に抑えられることで、患者、術者とも負担の軽減を図ることが可能である。さらに可徹性の利点を活かして、メンテナンスや術後のトラブルへの対応が容易なことから、超高齢化が進展している本邦においても、欠損補綴の有効な治療オプションとしての期待が高まっている。無歯顎症例における下顎インプラントオーバーデンチャーに関しては数多くの研究で検証され、2002年に下顎無歯顎においてはインプラント2本を支台としたオーバーデンチャーを第一選択とすべきというMcGILLコンセンサスも提唱されている²⁾。

一方、部分欠損症例においてはこれまで歯根膜と粘膜のみに依存していた欠損補綴の支持系に新たにインプラントが適用されることにより、パーシャルデンチャーかブリッジの2者択一からインプラント固定性補綴あるいはそれらの複合体を含めた幅広い選択が可能となった。特にパーシャルデンチャーの問題点とされているクラスプによる審美不良や機能時の義歯の動揺を改善するために少数本のインプラントを埋入した歯根膜—粘膜—インプラント支持機構を有するパーシャルデンチャーは有効である^{3,4)}。

インプラントオーバーデンチャー、インプラント支持パーシャルデンチャーの支台装置を選択するにはデンチャースペース、維持力、負担能力などを考慮し磁性アタッチメント(MA)、バーアタッチメント、ボールアタッチメントが日常臨床に使用されている。磁石の吸引力で維持力を発揮するMAはオーバーデンチャーの過剰な動揺に対し容易に離脱し、インプラント体に有害な側方力を与えないという利点を備えており、古くから臨床応用されているが機械的な嵌合に頼るパー

やボールアタッチメントに比較するとエビデンスが未だ十分とはいえない。

日本磁気歯科学会医療委員会では根拠に基づく医療の必要性、質の向上を求めためMA適用の診療ガイドラインについてインプラント治療、欠損様式、咬合・歯周疾患、支台歯配置・形態、管理に焦点を当て、それに関連するクリニカルクエスション(CQ)14題を選択した。インプラント治療に関しては以下の4つのCQを選定した。

1. インプラントオーバーデンチャーへのMAの適用は、他装置よりも有効か？
2. インプラントオーバーデンチャーへのMAの適用は、天然歯適用よりも経過がよいか？(下顎両側遊離端・中間の複合欠損で、支台歯は欠損に隣在する小臼歯もしくは前歯とする。)
3. 上顎インプラントオーバーデンチャーへのMAの適用は、下顎よりも経過がよいか？
4. インプラントオーバーデンチャーの複数支台へのMAの適用は、単独支台よりも有効か？

本論文ではインプラントオーバーデンチャーの支台装置にMAを適用した際、天然歯と比較して有効であるか否かの指標を作成するため、下顎両側遊離端・中間の複合欠損を中心に、維持力、咀嚼機能、発音機能、審美性、快適性、対応性、耐久性、歯周組織の健康、負担、害、コストの11種類のアウトカムについて文献的考察とデルファイ法調査を行った。

II. 方法

本ガイドラインの作成にあたっては、複数の電子データベースからエビデンス(文献)を系統的・網羅的に収集し構造化抄録を作成した。検索基準はランダム化比較試験(RCT)、コホート研究、症例対照研究、横断研究、観察研究、症例報告を検索するとともに、その引用文献をハンドサーチした。言語は日本語、英語について検索し、検索期間は原則として2013年10月までにデータベースで検索可能であった文献に対しImplant, magnetic attachment, overdenture, distal-extension, removable partial denture, natural teethの6つのKey wordを絡めて検索した。次にアウトカムごとのエビデンステーブルを作成し文献的考察を行った。文献的エビデンスが不足する項目については、MAの有効性を維持力、咀嚼機能、

発音機能, 審美性, 快適性, 対応性, 耐久性, 歯周組織の健康, 負担, 害, コストの11のアウトカムについて, -5~+5までの11段階で評価するデルファイ法のアンケート調査と通常のアンケート調査を実施した. 調査の依頼対象には評価委員として専門分野を考慮して日本磁気歯科学会医療委員会が決定したコンセンサスグループ25名を選定した.

表1にはデルファイ法による推奨度の決定方法を示す. 収束度は度数が2以下のものを除外したときの分布範囲が3以内のものを高, 分布範囲が4-6のものを中, 分布範囲が7以上のものを低に分類した. 推奨度の選択は中央値が2以上で収束度の高いものを推奨する, 中央値が2以上で収束度が中程度のものを推奨してよい, 中央値が-2以下で収束度の高いものを推奨しない, 中央値が-2以下で収束度が中程度のものを推奨しない方がよいとし, 他は判断不能とした.

表1. デルファイ法による推奨度の選択

	中央値 ≤ -2	-2 < 中央値 < +2	+2 ≤ 中央値
収束度: 高	NN	U	PP
収束度: 中	N	U	P
収束度: 低	U	U	U

PP: 推奨する (強) P: 推奨してよい (弱)
 N: 推奨しない方がよい (弱) NN: 推奨しない (強)
 U: 判断不能

収束度: 高 度数が2以下のものを除外したときの分布範囲が3以内
 収束度: 中 度数が2以下のものを除外したときの分布範囲が4-6
 収束度: 低 度数が2以下のものを除外したときの分布範囲が7以上

III. 結果

1. 文献検索

検索の結果を表2に示す. MEDLINE 検索ではキーワードを“Implant/overdenture” 1,751文献, “Implant/distal-extension removable partial denture” 38文献, “Implant/distal-extension removable partial denture/magnetic attachment” 0文献, “Implant/overdenture/magnetic attachment” 47文献, “Implant/overdenture/magnetic attachment/natural teeth” 10文献であった. 医中誌検索ではキーワードを“オーバーデンチャー/磁性アタッチメント”

220文献, “インプラント/遊離端義歯/磁性アタッチメント” 40文献, “インプラント/遊離端義歯/磁性アタッチメント/天然歯” 2文献, “インプラント/オーバーデンチャー/磁性アタッチメント” 43文献, “インプラント/オーバーデンチャー/磁性アタッチメント/天然歯” 2文献であった. しかしこの中ではインプラント支持パースシャルデンチャーの支台装置としてMAを適用し天然歯とインプラントを直接比較, 分析した記述は見当たらなかった. そこでCQに関連する比較のエビデンスレベルが高い文献をアウトカムごとに調査した.

表2. 文献検索

①MEDLINE / Pubmed 検索1969-2013年	
MeSH Implant/overdenture	文献数 1,751
Implant/distal-extension removable partial denture	38
Implant/distal-extension removable partial denture/magnetic attachment	0
Implant/overdenture/magnetic attachment	47
Implant/overdenture/magnetic attachment/natural teeth	10
②医中誌検索1983-2013年	
MeSH オーバーデンチャー/磁性アタッチメント	文献数 220
インプラント/遊離端義歯/磁性アタッチメント	40
インプラント/遊離端義歯/磁性アタッチメント/天然歯	2
インプラント/オーバーデンチャー/磁性アタッチメント	43
インプラント/オーバーデンチャー/磁性アタッチメント/天然歯	2

1) 維持力, 快適性 (違和感, 装着感)

維持力, 快適性に関しては通常の遊離端義歯(CRPD)とインプラント支持パースシャルデンチャー(ISRPD)の比較, 無歯顎症例での補綴予後と患者満足度に関する研究が検索された. 患者満足度を5段階で評価した研究ではボールアタッチメントを使用したISRPDは5.0, CRPDは1.2とISRPDはCRPDに比較して高い満足が得られた⁵⁾. 無歯顎患者に対して支台装置にバー, ボール, MAを選択し, 下顎インプラントオーバーデンチャー装着10年後の補綴予後と患者満足度を比較検討した研究では, 10年後の垂直維持力はボール(1,327g), バー(1,067g), MA(219g)の順であり10年後の患者満足度はボール群が最も高かった⁶⁾.

2) 咀嚼機能

咀嚼機能に関してはCRPDとISRPDの比較, 無歯顎症例での各種アタッチメントの比較に関す

る研究が検索された。ISRPD は CRPD に比較してアンケート調査の結果、87%の患者に咀嚼能率の向上が認められた⁷⁾。van der Bilt A らは無歯顎症例にバー、ボール、MA を支台装置とした下顎インプラントオーバーデンチャーを装着し、顎運動、EMG (咬筋、側頭筋前腹) について比較検討した結果、インプラントオーバーデンチャーはアタッチメントの種類にかかわらず、これまでの旧義歯より側頭筋の筋活動が有意に高く、3種類のアタッチメントの間では、最大噛みしめと、咀嚼中の応力値の比較においても有意差が認められなかったと報告している⁸⁾。

3) 歯周組織の健康、害 (歯のダメージ、疼痛)

歯周組織の健康、害に関しては支台装置にヒーリングアバットメント、緩圧性アタッチメントを用いた時の ISRPD の骨吸収量および無歯顎症例での各種アタッチメントの骨吸収量、アタッチメントロス、プラークインデックス、ペリオテスト値、天然歯を支台歯に用いた時の Gingival Index、歯周ポケットの変化に関する研究が検索された。

ISRPD 装着患者の術後48か月の骨吸収量を X線規格写真により調査した結果では、支台装置にヒーリングアバットメントを選択したものでは近心 0.3 ± 0.47 遠心 0.44 ± 0.45 mmであり、緩圧性アタッチメントを用いたものは近心 0.93 ± 0.64 遠心 0.88 ± 0.34 mmであったが有意差は認められなかった⁵⁾。Naert らは無歯顎患者に対して下顎インプラントオーバーデンチャーを装着、支台装置はバー、ボール、MA を選択し、10年後の生存率、骨吸収量、アタッチメントロス、プラークインデックス、ペリオテスト値を比較検討した結果、3者間に差は認められずインプラント生存率は100%であった。また追跡期間終了時の辺縁骨ロスは健康な天然歯と同程度であり、有意差はないものバー 1.15 mm、ボール 0.9 mm、MA 0.53 mmであり、MA において骨吸収が少ない結果となった⁹⁾。吉川らは MA を装着した132症例について支台歯の Gingival Index および歯周ポケットの変化、歯根破折の有無について調査した結果、Gingival Index および歯周ポケットが悪化したもの、または支台歯に破折などの問題が生じたものは調査した症例の9%以下で、義歯の問題が生じたものは4%であったと報告している¹⁰⁾。

これらの文献結果をまとめると部分欠損症例で

はインプラント支持パーシャルデンチャーは通常の遊離端義歯に比較し患者満足度、咀嚼機能に優れており、欠損型は異なるものの無歯顎症例ではインプラントオーバーデンチャーの支台歯として MA は、バーアタッチメントやボールアタッチメントに比べて、維持力や咀嚼機能においてやや劣るものの、MA の特徴である水平方向での応力緩和等の効果により、快適性や歯周組織の健康維持の面において有効性が指摘されている。長期経過を観察した報告によれば、MA は他のアタッチメントと同様に、インプラントオーバーデンチャーの支台歯として有効な手段であると考えられる。

2. デルファイ法

文献検索結果は、無歯顎患者に対し MA を用いたインプラントオーバーデンチャーを装着し他のアタッチメントと比較したものが多く、部分欠損患者ではボールアタッチメントを適用したインプラント支持パーシャルデンチャーと通常の遊離端義歯を比較したものがほとんどであった。そこでコンセンサスの形成は、デルファイ法 (表3) と通常のアンケート調査を選択し専門家の意見を集約した。

表3. デルファイ法 アンケート

- MA を適用したインプラントオーバーデンチャーの経過で、天然歯の支台に MA を適用するより影響を与えるものは何だと思えますか? 同意する程度を表す数字に○を付けてください
 - 補綴装置の維持力に有効である-5 — 0 — +5
 - 咀嚼機能に有効である-5 — 0 — +5
 - 発音機能に有効である-5 — 0 — +5
 - 審美性に有効である-5 — 0 — +5
 - 快適性 (装着感、違和感) に有効である-5 — 0 — +5
 - 対応性 (管理、修理等) に有効である-5 — 0 — +5
 - 耐久性 (支台歯・義歯の延命、歯周疾患・ウ蝕) に有効である-5 — 0 — +5
 - 歯周組織の健康に有効である-5 — 0 — +5
 - 負担 (患者・術者の肉体的・時間的負担) に有効である-5 — 0 — +5
 - 害 (切削による歯のダメージ、疼痛等) に有効である-5 — 0 — +5
 - コスト軽減に有効である-5 — 0 — +5
- まったく同意できない=-5 完全に同意する=+5
11のアウトカムについて、-5~+5までの11段階で評価する

表4に MA を天然歯およびインプラントオーバーデンチャーに適用した場合、経過不良があらわれる時期について通常のアンケート調査の結果を示す。

経過不良時期は比較的簡単な全部床義歯では8.8年、インプラントオーバーデンチャーでは13.4年、難しい全部床義歯症例 (顎堤の吸収が大きい) で

は6.5年，インプラントオーバーデンチャーでは9.4年，比較的簡単な部分床義歯では8.7年，インプラント支持パーシャルデンチャーでは13.2年，遊離端欠損の部分床義歯では6.3年，インプラント支持パーシャルデンチャーでは10.4年，難しい部分床義歯（すれ違い咬合）では4.4年，インプラント支持パーシャルデンチャーでは7.8年という結果が得られ，アンケート調査からはすべての欠損形態においてインプラントは天然歯に比較し良好な経過が認められた．また回答者からはオーバーデンチャーの経過は欠損形態ではなく，口腔清掃状態，う蝕，ブラキシズムの有無の影響が大きい．症例やメンテナンスで予知性は変わるため回答が困難などの意見もあった．

表4．MAを天然歯，インプラントに適用したオーバーデンチャーの経過不良時期に関するアンケート結果

	天然歯支台 オーバーデンチャー	インプラント支台 オーバーデンチャー
比較的簡単な全部床義歯	8.8年	13.4年
難しい全部床義歯 (顎堤の吸収が大きい)	6.5年	9.4年
比較的簡単な部分床義歯	8.7年	13.2年
遊離端欠損の部分床義歯	6.3年	10.4年
難しい部分床義歯 (すれ違い咬合)	4.4年	7.8年

表5にデルファイ法の結果を示す。アンケート評価の集計結果，中央値は維持力が2，咀嚼力が3，対応性が1.5を示し他の項目は0だった。収束度は維持力，コストは中程度、他は高いレベルの収束を示し，咀嚼力に関しては推奨する，維持力に関しては推奨してよいという結果が得られた。表6に文献検索およびデルファイ法の結果のまとめを示す。文献検索では各文献とも支台装置にMAを用い天然歯とインプラントを直接比較した研究がないため判定は不能であったが，デルファイ法のアンケート結果ではインプラントオーバーデンチャーへのMAの適用は維持力，咀嚼機能の向上については有効との見解に収束した。

表5．デルファイ法 アンケート結果

アウトカム	中央値	収束度	推奨度
①維持力	2	中	P
②咀嚼機能	3	高	PP
③発音機能	0	高	U
④審美性	0	高	U
⑤快適性	0	高	U
⑥対応性	1.5	高	U
⑦耐久性	0	高	U
⑧歯周組織の健康	0	高	U
⑨負担	0	高	U
⑩害	0	高	U
⑪コスト	0	中	U
推奨度	P		

PP：推奨する（強） P：推奨してよい（弱）
N：推奨しない方がよい（弱） NN：推奨しない（強）
U：判断不能

表6．文献検索およびデルファイ法の結果

アウトカム	エビデンスの質	評価(有効性)	デルファイ法評価
①維持力	M	U	P
②咀嚼機能	M	U	PP
③発音機能			U
④審美性			U
⑤快適性	M	U	U
⑥対応性			U
⑦耐久性			U
⑧歯周組織の健康	M	U	U
⑨負担			U
⑩害	M	U	U
⑪コスト			U
推奨度	全体としての判断 P		
	H：高	PP：推奨する(強)	
	M：中	P：推奨してよい(弱)	
	L：低	N：推奨しない方がいい(弱)	
	VL：極低	NN：推奨しない(強)	
		U：判断不能	

IV. 考察

本論文ではインプラントオーバーデンチャーの支台装置にMAを適用した際，天然歯と比較して有効であるか否かの指標を作成するため文献的考察およびデルファイ法によるアンケート調査を行った．インプラントオーバーデンチャーの臨床成績に関する研究報告はこれまで数多くなされて

きた。しかしキーワードとして“magnetic attachment”，“distal-extension”を追加したところ大幅に減少した。これらの臨床研究報告数からも今回レビューしたインプラントオーバーデンチャーにおけるMAに関する臨床研究，特に下顎遊離端欠損に関してはまだまだ十分ではないと考えられる。

magnetic attachmentの文献検索結果では無歯顎患者に対しインプラントオーバーデンチャーを装着し他のアタッチメントとの比較したものが多く，MAはバー，ボールに比較し維持力，咀嚼能率，患者満足度において劣っていた。しかし臨床研究で使用されていたMAの多くは，性能が劣った海外で市販されている開磁路型を使用した論文がほとんどであるため，現在国内で使用されている閉磁路型のMAを使用すれば吸引力や耐久性の面で優れた結果が得られると推測される。

デルファイ法のアンケート結果ではインプラントオーバーデンチャーへのMAの適用は天然歯に比較し，維持力，咀嚼機能の向上については有効との見解が得られた。遊離端義歯の支台歯にMAを応用する場合，天然歯では骨植に不安があるか，歯冠形態に著しい不調和を伴う場合が多く，臨床的には欠損に隣接する小臼歯，犬歯に適用する頻度が高い。一方インプラントオーバーデンチャーでは，インプラントの埋入位置が限定されないため，インプラントの配置をある程度意図的に計画することが可能である。よって十分な骨量があり，義歯の動揺が抑制できる部位へのインプラントの埋入は天然歯よりも動きが少なく，設計の自由度が大きくなり維持力，咀嚼機能の向上が得られると推察される。また小臼歯，犬歯に使用されるMAの大きさはインプラントに比較し小さいものが多いため，維持力，咀嚼機能に影響を及ぼしたと考えられる。

臨床的には両側遊離端欠損へのインプラント埋入条件は基本的には残存歯の配置を考慮してインプラントと支台歯ができるだけシンメトリカルになるような位置にインプラントを埋入し，支台間線を増加させ矩形型の支持配分を具現化することが重要である¹¹⁾。シミュレーション模型上でMAを用いインプラント後方支持のあるパーシャルデンチャーと通常の遊離端義歯を比較検討した研究では，顎堤粘膜の負担圧および義歯の変位量はイ

ンプラント支持パーシャルデンチャーが通常の遊離端義歯に比較して小さい値を示し，MAを用いたインプラント支持は義歯の回転変位を防止することを立証している(図1)¹²⁾。インプラント埋入位置は骨量が十分ある場合にはインプラントの支持能力を十分に活用するために，遊離端欠損部の後方にインプラントを埋入しフルクラムラインをできるだけ後方に位置させ，サポーターエリアを広くするよう配慮することが大切である。一方解剖学的制約で遊離端欠損部の前方にインプラントを埋入し，MAを適用する場合は維持源として審美向上に寄与することが可能である(図2)。MAは磁力による維持および平面同士の接触による支持として期待できるため遊離端欠損へのインプラントの支台装置として有用である。インプラント支持パーシャルデンチャーの欠点として，歯根支持オーバーデンチャー同様に義歯の破損が挙げられる¹³⁾。インプラントを被覆する部分の義歯床の厚みが薄くなるとインプラント部を支点として義歯の破折が生じやすくなるため，フレームワークの構造設計によるインプラント上の補強は重要である。

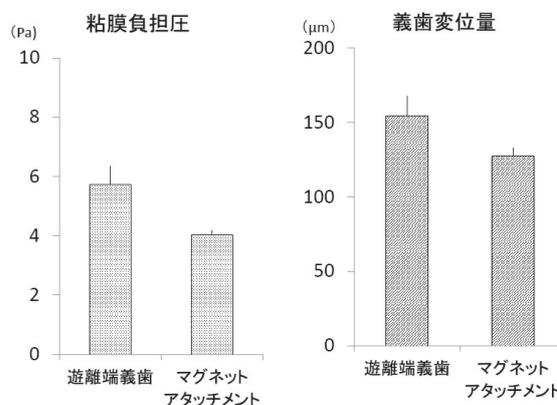


図1. インプラント支持パーシャルデンチャーと遊離端義歯の負担圧及び変位量



遊離端欠損前方のインプラント埋入維持源として審美向上に寄与する

遊離端欠損後方のインプラント埋入義歯の回転変位を防止

図2. 遊離端欠損へのインプラント埋入位置

現時点では部分欠損に対するインプラントオーバーデンチャーでの MA の適用を天然歯と比較したエビデンスとなる臨床研究は不足している。今後は治療効果と術後経過に関する科学的裏づけとエビデンスレベルの高い臨床研究が必要となると考えられる。

V. 結論

インプラントオーバーデンチャーへの MA の適用は下顎両側遊離端・中間の複合欠損の場合、維持力、咀嚼機能等の観点から推奨できる。

参考文献

- 1) Feine JS, Maskawi K, de Grandmont P et al. Within subject comparisons of implant-supported mandibular prostheses evaluation of masticatory function. *J Dent Res* 1994 ; 73 : 1646-1656.
- 2) Feine JS, Carlsson GE, Awad MA, et al. The McGill Consensus Statement on Overdentures : Mandibular Two-Implant Overdentures as First-Choice Standard of Care for Edentulous Patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002 ; 17(4) : 601-602. Review.
- 3) Grossmann Y, Nissan J, Levin L. Clinical effectiveness of implant-supported removable partial dentures : a review of the literature and retrospective case evaluation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 ; 67(9) : 1941-1946.
- 4) de Freitas RF, de Carvalho Dias K, da Fonte Porto Carreiro A et al. Mandibular implant-supported removable partial denture with distal extension : a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2012 ; 39(10) : 791-798. Review.
- 5) Mitrani R, Brudvik JS, Phillips KM. Posterior implants for distal extension removable prostheses : a retrospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003 ; 23(4) : 353-359.
- 6) Naert I, Alsaadi G, Quirynen M. Prosthetic aspects and patient satisfaction with two-implant-retained mandibular overdentures : A 10-year randomized clinical study. *Int J Prosthodont.* 2004 ; 17 : 401-410.
- 7) Grossmann Y, Levin L, Sadan A. A retrospective case series of implants used to restore partially edentulous patients with implant-supported removable partial dentures : 31-month mean follow-up results. *Quintessence Int.* 2008 ; 39(8) : 665-671.
- 8) Van der Bilt A, van kampen FM, Cune MS. Masticatory function with mandibular implant-supported overdentures fitted with different attachment types. *Eur J Oral Sci.* 2006 ; 114(3) : 191-196.
- 9) 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.* 2004 ; 19(5) : 695-702.
- 10) 吉川久子, 奥田啓行, 内田愼爾, 畦崎泰男, 南 正高, 川野 晃, 兼平治和, 前田照太, 井上 宏. 磁性アタッチメントを用いた義歯の使用状況および予後調査 *歯科医学* 1988 ; 61(2) : 105-111.
- 11) Kaufmann R, Friedli M, Hug S, Mericske-Stern R. Removable dentures with implant support in strategic positions followed for up to 8 years. *Int J Prosthodont.* 2009 ; 22(3) : 233-241.
- 12) Kono K, Kurihara D, Suzuki Y, Ohkubo C. Pressure distribution of implant-supported removable partial dentures with stress-breaking attachments. *J Prosthodont Res.* 2014 ; 58(2) : 115-120.
- 13) Suzuki Y, Osada H, Kobayashi M, et al. Long-term clinical evaluation of implant overdenture. *J Prosthodont Res.* 2012 ; 56 : 32-36.

**特集 Feature**

ISO 対策委員会報告

**歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して
— ISO/TC106 インチョン会議 —**ISO 対策委員会 委員長 高田雄京
東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野**A commission report of the ISO corresponding committee
Working toward the international standardization of dental magnetic attachments:
ISO/TC106 meeting in Incheon**Yukyo Takada, Chairperson of the ISO Corresponding Committee
Division of Dental Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry**要旨**

ISO 対策委員会が中心となり、NEDO の支援を受けて2005年から歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を推進してきた。2007年に NP 申請（ベルリン会議）、2008年のイエテボリ会議では ISO/TC106/SC2 に WG22 が設立され、ISO 対策委員会が策定した WD が採用された。それ以降4年の時を経て、2012年に ISO 13017 が歯科用磁性アタッチメントの国際標準規格として誕生した。2012年 ISO/TC106 パリ会議では、歯科用磁性アタッチメントの維持力測定法の国際標準化を提案し、翌年に Amd.1（追補案）を添えて NP 申請を行った。NP 投票の可決を経て、2013年の ISO/TC106 インチョン会議で Amd.1 の審議を行い、2014年4月の DIS 投票（DAM 投票）では、参加した P メンバー14ヶ国中、賛成13、反対1で Amd.1 が DAM.1（追補の国際規格案）として可決された。

Abstract

The international standardization of dental magnetic attachments has continued for more than nine years since the development and standardization of dental magnetic attachments, supported by a NEDO grant, started in 2005. The NP (New Work Item Proposal) was presented in the ISO/TC 106/SC 2 in 2007 (Berlin meeting), and the Japanese draft established by "The Magnetic Attachment Standardization Committee" (the ISO countermeasure committee in JSMAD) was approved as WD 13017 (working draft) in 2008 (Goteborg meeting). After four years, ISO 13017 was published on July 15, 2012. The NP of the amendment of ISO 13017 was accepted in 2012 (Paris meeting). After the NP and DIS voting in 2013 (Incheon meeting in Korea) and 2014, respectively, the draft of the amendment was accepted as DAMd. 1. This program was, thankfully, supported by NEDO and METI (Technical Regulations, Standards and Conformity Assessment Policy Division) grants in Japan.

キーワード (Key words)歯科用磁性アタッチメント (Dental magnetic attachment),
国際標準化 (International standardization),
国際標準化機構 (ISO) (International Organization for Standardization)



図1. NP から DIS 投票までの経過

I. はじめに

ISO 対策委員会が中心となり、2005年から歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を推進してきた。2007年の ISO/TC106ベルリン会議で NP（新規事業項目提案）を行い、2008年イェテボリ会議では ISO/TC106/SC2に WG22が設立された。それから4年を経て、2012年7月に歯科用磁性アタッチメントの国際標準規格である ISO 13017¹⁾が誕生した。2012年の ISO/TC106パリ会議では、完成度の高い国際規格を目指し、2010年から ISO13017の規格策定と併行して行ってきた歯科用磁性アタッチメントにおける維持力測定法の国際標準化を提案した。その内容については本誌22巻1号²⁾に記載したとおりであり、2013年の7月末に行われた NP投票において、ISO 13017の追補（Amendment）として新たな維持力測定法の標準化が可決されるに至っている。ISO規格策定においては、修正及び追補を含む新規の規格策定をする際に NPを申請し、投票によってその可否が決定される。

本稿では、NP投票後の2013年9月末から開催された ISO/106インチョン会議に向けての活動及びその後の経過について報告する。

II. インチョン会議に向けての準備

経済産業省 METI 基準認証ユニットの助成による「平成24年度国際標準開発事業」が、経済産業省委託「平成25年度社会ニーズ（安全・安心）・国際幹事等輩出分野に係る国際標準化活動」の名称になり、平成25（2013）年度も助成を継続することが採択された。我々 ISO 対策委員会のメンバーで主に構成される「歯科用磁性アタッチメントにおける維持力測定法」国際規格作成委員会が主体となり、昨年度同様に活動することになった。

第1回国際規格作成委員会会議は、ISO 13017の“Amendment”の NP投票が迫った7月に中旬

に開かれ、NP投票におけるコメント対策を検討した（図1）。維持力（吸引力）測定値の精度、測定手順の妥当性、測定者の熟練度等を中心に、7機関（東北大、日大、鶴見大、愛院大、九歯大、(株)ジーシー、NEOMAX エンジニアリング(株))で行ってきた国内インターラボラトリテスト結果をまとめ、理論的背景の構築に重点を置いた。また、ISO/TC 106/SC2/WG22が発足して以来、コンビーナを担当されてきた水谷紘委員とエキスパートを担当されてきた田中貴信委員に代わり、新たに鱒見進一委員と石上友彦委員がそれぞれコンビーナとエキスパートを担当し、ISO/TC106インチョン会議に臨むことになった。

前述したとおり、7月28日に NPの投票が行われ、Pメンバー17ヶ国中、賛成9、棄権8、反対0で日本提案の“Amendment”が可決され、その草案が ISO 13017:2012/ Amd.1, Dentistry-Magnetic Attachments となった。Pメンバー（Participating member）国とは、WG（作業グループ）会議に積極的に参加し、投票権を持つ国である²⁾。NP投票において、日本の草案（Amd.1）を DAM（追補の国際規格案）登録することに賛成した Pメンバーが6ヶ国であり、5カ国以上の賛成と投票に参加した Pメンバー国の1/2以上の承認が得られた。ISOの承認規定を満たしたことより、NP申請時に希望した DAM登録からの審議が事実上可決された投票結果³⁾となった。投票時に静的浸漬試験におけるイオン分析の基準に関するコメントが米国から提出されたが、海外からのコメントはその1件のみであった。

8月半ば過ぎに、Amd.1の DAM登録を行い、正式に DIS投票（DAM登録された Amd.1を投票によって国際規格案の DAMに決定する投票）するための打診が ISO/TC 106/SC2事務局から届いたため、急遽 Amd.1の修正稿を作成し、SC2事務局に提出した。2ヵ月後に開催される

ISO/TC 106 インチョン会議を待たずに DIS 投票を実現する運びとなった。第 2 回国際規格作成委員会が 9 月 2 日に開かれ、コメント回答をまとめると共に、国内インターラボラトリテスト結果を SC2/WG22 会議で発表し、Amd.1 の妥当性を示す最終打ち合わせを行った。

Ⅲ. ISO/TC 106 インチョン会議

ISO/TC 106 インチョン会議は 9 月 30 日から 10 月 5 日に Sheraton Incheon Hotel で開催され、SC2/WG22 会議は初日の午前であった (図 2)。国際規格作成委員から鱒見進一委員 (コンビーナ)、石上友彦委員 (エキスパート)、高田雄京委員長 (オブザーバー)、中村好徳 (エキスパート補助) の 4 名、海外協力者の Kent T. Ochiai (コンビーナ補助)、ISO 対策委員会から木内陽介先生 (オブザーバー)、佐々木英樹先生 (オブザーバー) の 2 名が参加した (図 3)。



図 2. ISO インチョン会議場



図 3. SC2/WG22 会議風景

SC2/WG22 会議では、米国のコメント回答及び本委員会で開発した維持力測定ジグを用いた国内インターラボラトリテストの結果を発表した。ポストキーパー等の不規則な形状に対応した試料台への固定法を提案し、インプラント用の磁性アタッチメントに対応した固定法についても議論された。Amd.1 については、米国から若干の追加文章の提案があったが、日本案がほぼそのまま採択された。また、会議後にドイツと中国のエキスパートからインターラボラトリテストに協力する提案があり、次回の ISO/TC 106 ベルリン会議で結果報告を行うことになった。

Ⅳ. インターラボラトリテストの対応

ISO/TC 106 インチョン会議が終了した 3 週後に第 3 回国際規格作成委員会を開き、ドイツと中国に本委員会で開発した維持力測定ジグを送付し、インターラボラトリテストの実施を依頼することを決定した。特に、ポストキーパーやインプラントに対応した試料台も同包し、不規則な形状の試料固定法を標準化することも検討課題に加えた (図 4, 5)。同時に、国内の各機関においても同様の維持力測定を行い、次年度の ISO/TC 106 ベルリン会議に備える方針を立てた。

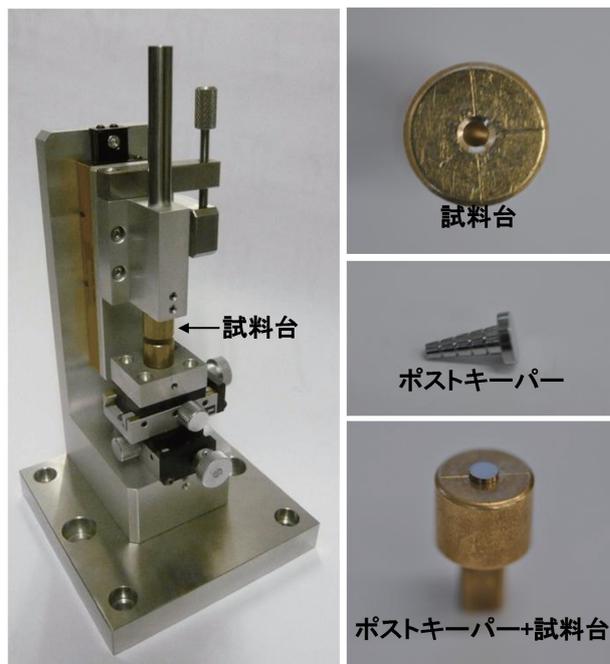


図 4. 維持力測定ジグと試料台

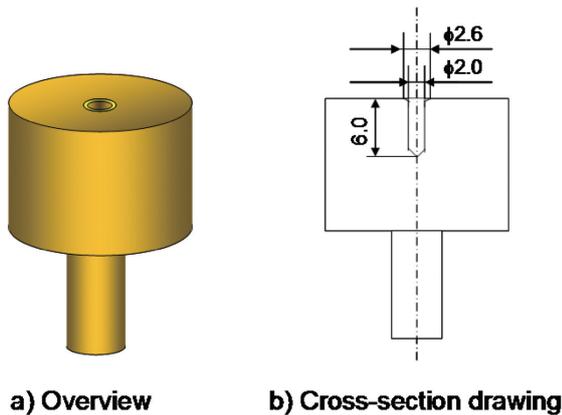


図5. 試料台の形状

翌年の2月初旬に第4回国際規格作成委員会議を開き、前述の維持力測定結果について検討した。各機関の測定結果はほぼ同様であり、不規則な形状の試料に対応した試料台は、操作性等の因子も加えると有効であることが判明した。そこで、ISO/TC 106ベルリン会議に向けて、統一した測定条件により再度各機関で測定を行い、SC2/WG 22会議の発表資料とすることとした。

V. 投票結果

2014年4月30日にDIS投票結果が公開された。投票に参加したPメンバー14カ国の内、賛成13、反対1であり、DISが可決された(図6)。投票では、Amd.1(追補案)がDAM.1(追補の国際規格案)に昇格したが、初めてドイツから反対票を得る結果となった。その原因は、インチョン会議で可決された米国のコメントがAmd.1に記載されていないことであった。前述のとおり、インチョン会議前にDAM登録したAmd.1を回覧していたため、会議の内容をAmd.1に反映できない状況であり、その旨を2014年9月に開催のベルリン会議で報告する予定である。

VI. 今後の活動

ISO/TC 106ベルリン会議は、2014年9月15日から1週間の期間で開催される。昨年開催されたインチョン会において、インターラボラトリテストの実施を日本から提案し、ベルリン会議で日本、ドイツ、中国の3カ国が、維持力の測定結果を報告する。DIS投票後にも、オーストラリアから維持力測定ジグの摺動部における摩擦に関する

Votes by members					
Country	Member	Status	Approval	Disapproval	Abstention
Australia	SA	P-Member			X
Austria	ASI		X		
Belgium	NBN	P-Member	X		
Canada	SCC	P-Member	X		
China	SAC	P-Member	X		
Finland	SFS	P-Member	X		
France	AFNOR		X*		
Germany	DIN	P-Member		X*	
Ireland	NSAI	P-Member			X
Italy	UNI	P-Member	X		
Japan	JISC	P-Member	X*		
Korea, Republic of	KATS	P-Member	X		
Netherlands	NEN	P-Member			X
Norway	SN	P-Member			X
Portugal	IPQ				X
Russian Federation	GOST R	P-Member	X		
Spain	AENOR	P-Member	X		
Sweden	SIS	P-Member			X
Switzerland	SNV	P-Member			X
Thailand	TISI	P-Member	X		
United Kingdom	BSI	P-Member	X		
United States	ANSI	Secretariat	X		
P-Member TOTALS			13	1	6
Total of P-Members voting: 14					
TOTALS			14	1	7

(*) A comment file was submitted with this vote

Result of voting
P-Members voting: 13 in favour out of 14 = 93 % (requirement >= 66.66%)
<i>(P-Members having abstained are not counted in this vote.)</i>
Member bodies voting: 1 negative votes out of 15 = 7 % (requirement <= 25%)
Approved

図6. DIS投票結果

るコメントなども届いており、ベルリン会議に向けて十分に論破できる論理的背景の強化に力を注いでいる。日本主導で策定した維持力測定法がDAM.1に昇格していることから、全会一致でFDAM.1(追補の最終国際規格案)となることを目指す。

VII. 終わりに

ISO対策委員会報告は、本稿で3回目となる。2005年から歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を進め、2008年にISO規格策定を本格的に開始した。会員の皆様のご協力を頂き、ISO対策委員会を中心となり策定した歯科用磁性アタッチメントの国際規格が2012年にISO 13017として交付されるに至った。2012年には、更なる高みを目指し、完成度の高い国際規格に向けた“Amendment”の提案を行い、現在DAM.1まで昇格を果たしている。このまま順調に進めば、2015年にはISO規格として交付されることが期待される。今後も会員の皆様のご支援、並びにご協力をお願いする次第である。

参考文献

- 1) ISO 13017 : 2012(E), Dentistry-Magnetic Attachments.
- 2) 高田雄京. ISO 対策委員会報告 歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して. 日磁歯誌 2011 ; 20(1) : 81-85.
- 3) 高田雄京. ISO 対策委員会報告 歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して - ISO/TC 106バリ会議 -. 日磁歯誌 2013 ; 22(1) : 65-68.



原著論文 Original paper

Journal home page : www.jsmad.jp/

三次元有限要素法による歯冠外磁性アタッチメント義歯に関する応力解析

稲垣輝行

愛知学院大学歯学部 有床義歯学講座

Stress analysis of extracoronal magnetic attachment dentures using the three-dimensional finite element method

Teruyuki Inagaki

Department of Removable Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University,

Abstract

Magnetic attachments have been associated with favorable clinical outcomes since their development. Extracoronal magnetic attachments, in particular, which can be applied for vital teeth, allowed esthetic and functional prosthetic treatment based on many basic and clinical studies. Denture designs that employ extracoronal magnetic attachments require mechanical attention due to their cantilever structure. When unilateral prosthetic design is inevitable due to patients' esthetic demands, a bracing arm is often added to an extracoronal magnetic attachment for denture retention and stability. However, denture designs depend upon the clinical experience of dentists, and the mechanical influence has yet to be reported.

The present paper studies the mechanical influence of different denture designs and the mechanical effect of a bracing arm combined with an extracoronal magnetic attachment using the three-dimensional finite element method.

キーワード

(Key words)

三次元有限要素法 (three dimensional finite element method),
歯冠外磁性アタッチメント (extracoronal magnetic attachment),
部分床義歯 (removable partial denture)

I. 緒 言

近年、部分床義歯における審美性や異物感の軽減などに対する患者の要求が増大しつつある。磁性アタッチメントは、磁石構造体にネオジム磁石を組み込むことで、小型でかつ強力な維持力を実現した画期的な支台装置である¹⁻⁴⁾。この磁性アタッチメントは、部分床義歯の支台装置として頻用されてきたクラスプに比べ、金属色が露呈しないため、審美的に優れ、また機能面に関しても、支台歯のアンダーカットを利用するクラスプとは異なり、支台歯に最も為害作用があるとされてい

る側方力を緩和する等の特徴から、力学的に支台歯に優しい支台装置とされ、20余年前の我が国での開発以来、現在にいたるまで良好な成績が報告されている⁵⁻⁷⁾。

義歯の支台装置として磁性アタッチメントを適用する場合には、磁石構造体とキーパーとの設置スペースが必要となるため、基本的には支台歯として利用できるのは失活歯に限定されていた。当講座では、磁性アタッチメントの最後のバリアーであった有髄歯への適応について、従来から多くの基礎的、臨床的研究を行い、現在では、我々が

開発した既製パターンを利用した精密かつ簡便な歯冠外磁性アタッチメントの臨床システムを完成し、既に多くの臨床実績を挙げて来た^{4, 8-13)}。

しかし、歯冠外磁性アタッチメントは、その基本形態がカンチレバー構造であることから、義歯設計の際、特に長期間の利用に関する力学的強度が無視し得ない懸念事項であった。さらに、硬組織、軟組織が混在した口腔内において、本システムを適用した義歯を安全かつ有効に機能させるためには、咬合力が義歯に加えられた際、義歯床下粘膜や支台歯およびその周囲組織に如何なる応力が作用しているのか、またこの義歯の形状そのものが、これら諸組織に対してどのように作用し、どのような影響をもたらしているのかを把握する必要がある。

特に最近の臨床現場においては、片側遊離端欠損症例に対して、義歯を設計する際、大連結子に対する異物感の軽減等に対する患者からの強い要望により、やむを得ず片側処理として義歯を設計する場合が少なくない。この場合、最後方支台歯に加わる義歯のカンチレバー作用を如何に軽減させるかという、極めて重要な課題に対応しなければならない¹⁴⁾。当講座では、これらの諸問題を解決するため、歯冠外磁性アタッチメントを用いた義歯の設計については、義歯にブレースアーム、インターロックを併用して支持効果、把持効果を求め、さらに支台歯を隣接歯に連結することを設計の基本として荷重負担の軽減を図っている。しかしながら、これら義歯設計については、現時点でも歯科医師や歯科技工士の臨床経験に基づいて設計されているのが実情であり、未だこの種の設計に対する確固とした力学的効果および影響は報告されていない。

本研究はその様な現状に鑑み、三次元有限要素法を用いて、片側遊離端欠損症例における歯冠外磁性アタッチメントを用いた4種の義歯設計に関して、設計の違いがもたらす力学的影響、および歯冠外磁性アタッチメントと併用されるブレースアームの力学的効果を詳細に検討したものである。

II. 研究方法

1. 有限要素モデルの構築

硬組織、軟組織の混在する複雑な口腔内を対象

とした有限要素法解析を行う際、その基盤となる解析モデルに関しては、その要素形態、要素分割数等が、解析結果に大きく影響を与える、非常に重要な因子であることは周知の事実である¹⁵⁻²⁴⁾。さらに、解析モデル自体の形状に関して言えば、口腔内の形状は画一的なものではなく、各々固有の形態を有している。そのため、この種の有限要素法解析を行う際には、これら固有の形態の特徴に可能な限り近似したモデル構築が必要であり、また、将来的にはこのようにして得られた解析結果を直接個々の患者に力学的に最も妥当と判断される義歯設計に活用できるものとなることが最終的な目標であると考えている。これらの要件を踏まえ、本研究に用いた有限要素法モデルの構築には、可及的に口腔内の形状を忠実に再現するため、実在する患者のCTデータ及び研究用模型を用いた(愛知学院大学歯学部倫理委員会、承認番号No.259)。

1) 生体情報 (CT データ)

本研究に用いたCT画像データは、本学附属病院インプラント科にて診断・治療が終了し、現在は経過観察中の患者の中から、本研究の目的に相当と思われる症例の1名を選択し、当該患者の同意を得た後、その診断時におけるCT画像データおよび研究用模型を用いた。今回利用した症例(42歳・女性)では、下顎左側第一、第二、第三大臼歯が欠損しており、残存歯の骨植は良好であり、歯周組織にも異常所見はみられなかった。

2) モデル形状データの作成

図1に解析モデル構築までのフローチャートを示す。本研究に用いたモデル構築方法は安藤¹⁴⁾らの報告を参考にして行ったものである。

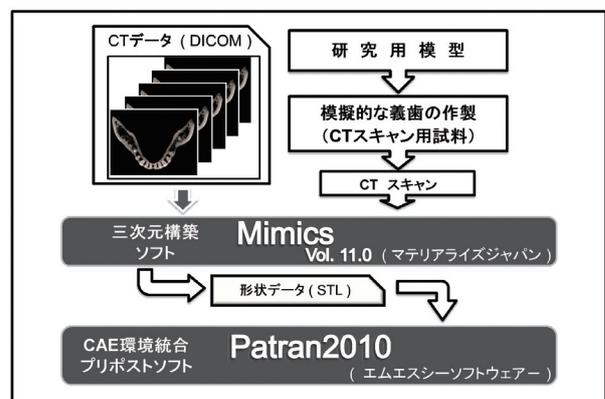


図1. 有限要素モデル構築手順

(1) CT 画像データ処理

患者 CT 画像データ (DICOM) を三次元画像処理・編集ソフト (Mimics Version 11.0, Materialise, Leuven, Belgium) を用いて三次元構築を行った。次に、構築画像の歯および顎骨に対して、それぞれの CT 濃度値に基づいてセグメンテーションを行い、これらの形状データを STL フォーマット形式にて出力した。

(2) 義歯データの作成

シリコン印象材にて患者の研究用模型の副印象採得を行い、これによって得られた複製模型を作業用模型と想定した。次に、X線不透過性常温重合レジン (スキャニングレジン, 山八歯材工業, 愛知) を用いてこの作業用模型上で模擬的な義歯を作製し、CT スキャン用試料とした (図 2)。



図 2. CT スキャン用試料

(3) CT スキャン

CT スキャン用試料を、産業用マイクロフォーカス X 線 CT (SMX-225CT, 島津製作所, 京都) にて、加藤²⁵⁾ の報告を参考に、管電圧 60kV, 管電流 $60\mu\text{A}$, 画像サイズ 512×512 ピクセルにて撮影した。撮影した画像データ (Tiff) を三次元画像処理・編集ソフト (Mimics Version 11.0, Materialise, Leuven, Belgium) を用い、STL フォーマット形式にて出力した (図 1)。

3) 有限要素解析モデルへの変換・構築

顎骨, 歯, 義歯の形状データ (STL データ) を CAE 環境統合プリ・ポスト総合ソフト (Patran 2010 Windows 64bit, MSC software, Los Angeles, USA) にインポートし、有限要素モデルを構築した。これらのデータ間の三次元空間内での位置合わせは、残存歯の歯冠部および歯頸部, 歯槽骨の位置関係が調和するように、パノラマ X 線写真等を参考にして行った。また、モデルの各部位における厚径は、皮質骨については藤原²⁶⁾ の

報告を参考に、歯槽頂および下顎底部 3.0mm, 大臼歯歯槽部 2.8mm, 前歯舌側部 3.0mm, 唇側部 1.2mm とした。顎堤粘膜については、皮質骨表面データと義歯床粘膜面データ間に形成される空間を、欠損部顎堤粘膜データとして置換した。顎堤粘膜の厚径は欠損部の顎堤頂部で 4.0~6.0mm, 頬舌側部で 1.0~2.0mm であった。歯根膜に関しては、CT データからは詳細な形状が得られないため、野首²⁷⁾ らの報告を参考に残存歯総ての歯根周囲に厚さ 0.2mm の歯根膜層を便宜的に付与した。

4) 有限要素解析モデルの編集・完成

円滑な計算処理を行うため、有限要素モデルのメッシュワークに関しては、不自然な要素形状を適度なアスペクト比に編集する必要がある。主な観察領域に関しては、可及的に本来のモデル形状を保ち、かつ解析結果に影響の生じない要素分割数を設定し、逆に観察領域ではない部位に関しては、要素数の削減のため要素分割数を荒く設定した。また、支台歯モデルに関しては、下顎左側第二小臼歯遠心側に歯冠外磁性アタッチメントを設置し、それを第一小臼歯および犬歯と 3 歯連結したモデルを構築した¹⁴⁾。有限要素解析モデルに用いた要素タイプは、歯根膜に該当する要素を三次元五面体一次要素、その他の部位を三次元四面体一次要素とした。これらモデルの全体像を図 3 に示す。

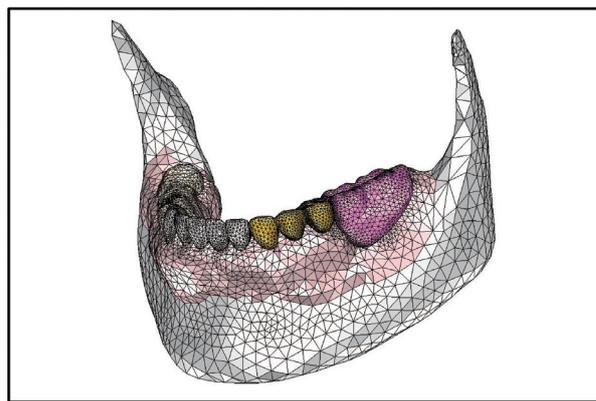


図 3. 解析モデル

2. 有限要素法解析

有限要素解析には、汎用非線形構造解析ソルバー (Marc2008, エムエスシーソフトウェア, 東京) を用いて演算を行った。解析の種類は弾性応力解析とし、解析に使用したコンピュータはデル社製ワークステーション DELL PRECISION T7400

である。

1) 解析対象

解析対象は、下顎左側第一、第二大臼歯欠損症例に対して、歯冠外磁性アタッチメントを用いた4種類の設計を行った義歯とした。義歯設計としては、片側処理のもの3種と、大連結子にて反対側に間接支台装置として双子鉤を設置した義歯とした。解析モデルおよび各モデルの総節点数および総要素数を図4に示す。

片側処理の義歯設計の具体的内容は、支台装置に歯冠外磁性アタッチメントを適用し、支台歯にブレーシングアームおよびインターロックを併用したモデル(以後B-Aモデル)(図4-a)、B-Aモデルからブレーシングアーム、インターロックを除去したモデル(以後B-A lessモデル)(図4-b)、B-A Lessモデルに支台歯である下顎左側第一・第二小臼歯に近心レストを追加したモデル(以後レストモデル)(図4-c)とした。また、反対側に間接支台装置を設置した義歯設計としては、B-A lessモデルにリングバーを加え、下顎右側第二小臼歯および第一大臼歯へ双子鉤を設置したリングバーモデル(以後L-Bモデル)(図4-d)とした。

なお、解析モデルの歯冠外磁性アタッチメント形態には、既製のプラスチックパターン(ECキーパートレー、ジーシー、東京)に従い、総てのモデルでスリットを付与した。これら4種の義歯設計に対して、様々な解析条件下における詳細な力学的影響の検討を行った。

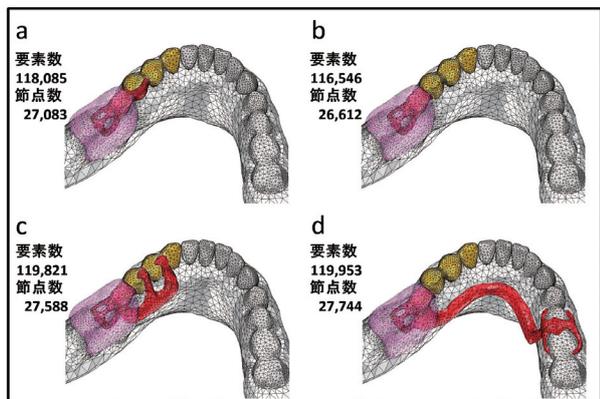


図4. 解析項目

- a : B-A モデル b : B-A less モデル
- c : レストモデル d : L-B モデル

2) 解析条件

(1) 構成要素と力学的物性値

解析モデルの構成要素とその力学的物性値を表1に示す。歯冠補綴装置、フレームワーク、支台装置、アタッチメントに関しては、歯科用メタルセラミック修復用貴金属材料(デグデントユニバーサル、デンツプライ三金、東京)の力学的物性値を適用した。また、歯根膜や顎堤粘膜においては、歯および顎堤粘膜の沈下量が文献値と近似する力学的物性値に設定した¹⁴⁾。

表1. 力学的物性値

	ヤング率 (MPa)	ポアソン比
歯根膜	1.00	0.45
顎堤粘膜	0.10	0.45
皮質骨	11,760	0.25
海綿骨	1,470	0.30
歯根	11,760	0.35
金属	94,080	0.30
義歯床	2,450	0.30

(2) 境界条件(接触条件・拘束条件・荷重条件)

接触条件としては、安藤¹⁴⁾、熊野¹⁵⁾の報告を参考に、解析モデル上で接触関係にある部分床義歯と支台歯および顎堤粘膜間に、クーロン摩擦係数 $\mu=0.01$ を設定した。

拘束条件は、本解析において解析結果に直接的な影響が無いと考えられる下顎両側筋突起相当部をX、Y、Z方向に完全拘束とした。

荷重条件は、義歯人工歯咬合面相当部に、総荷重量10Nの3方向の面圧荷重を付与した(図5)。荷重の方向としては、咬合平面に対して垂直方向から30度頬側方向に傾斜させた頬側荷重(図5-a)、咬合平面に対して垂直方向に付与した垂直荷重

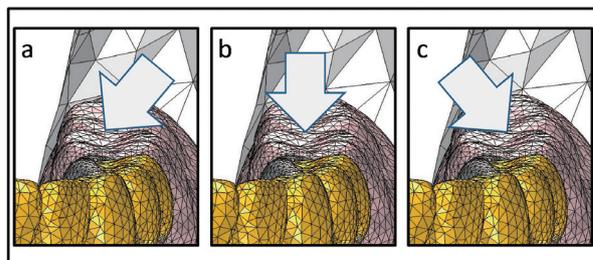


図5. 荷重条件

- a : 頬側荷重 b : 垂直荷重 c : 舌側荷重

(図5-b), 咬合平面に対して垂直方向から30度舌側方向に傾斜させた舌側荷重 (図5-c) の3種類とした。

Ⅲ. 結 果

1. 義歯変位量

本研究における義歯変位量に関しては、義歯床の歯冠外磁性アタッチメントを設置した支台歯に対する変位量とし、各種形態の義歯間の差異を比較検討した。

1) 義歯垂直変位量

各解析モデルにおける義歯床後縁計測点とその垂直変位量を図6に示す。全ての方向荷重において、最も少ない義歯垂直変位量を示したモデルはL-Bモデルであり、最も多くの義歯垂直変位量を示したモデルはB-A lessモデルであった。B-Aモデルとレストモデルに関しては、垂直荷重時には同程度の変位量を示したが、頬側、舌側荷重では、レストモデルの方が少ない変位量を示した。

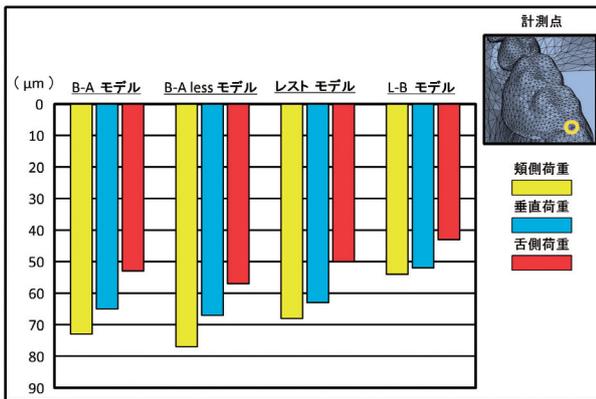


図6. 義歯垂直変位量

2) 義歯側方変位量

各解析モデルにおける義歯床後縁の垂直変位と同一部位で観察した計測点の側方変位量を図7に示す。また、義歯側方変位量の評価は、頬側荷重および舌側荷重についてのみ行った。

頬側荷重および舌側荷重において、最も少ない義歯側方変位量を示したモデルはL-Bモデルであった。

片側処理とした義歯の3モデルに関しては、頬側荷重において、最も少ない舌側変位量を示したモデルはレストモデルであり、舌側荷重において、最も少ない頬側変位量を示したモデルはB-Aモデルであった。また、片側処理の3モデルにおい

て、いずれも義歯側方変位量は舌側変位量の方が頬側変位量よりも多い結果を示した。

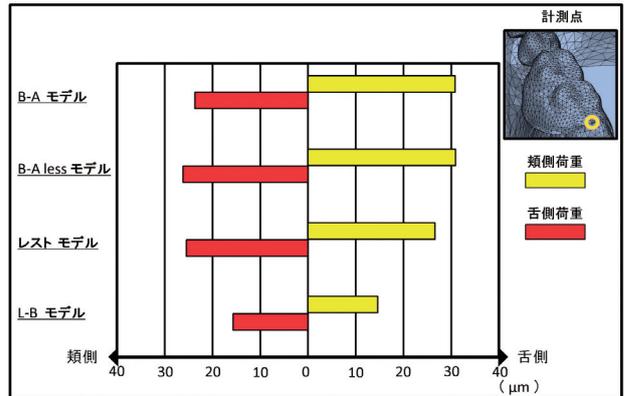


図7. 義歯側方変位量

2. 応力分布

本研究における発生応力の評価は Von Mises 相当応力にて行った。

1) 支台歯

支台歯である下顎左側犬歯、第一・第二小臼歯における応力分布図を図8に示す。

全ての解析モデルにおいて、支台歯に応力集中が観察された部位は、第二小臼歯、第一小臼歯、犬歯のいずれにおいても、それぞれの遠心歯頸部であった。いずれの方向からの荷重においても、支台歯全てで最も小さな応力が観察されたモデルはL-Bモデルであり、最も応力の集中が観察されたモデルはB-A lessモデルであった。B-Aモデルとレストモデルに関しては、応力の分布域は若干異なるが、その大きさは同程度であることが観察された。

2) 支台歯周囲歯槽骨

支台歯周囲歯槽骨における応力分布図を図9に示す。

全ての解析モデルにおいて、支台歯周囲歯槽骨に応力集中が観察された部位は、支台歯歯槽窩周囲および頬側歯槽骨部であった。いずれの方向からの荷重においても、最も小さな応力が観察されたモデルは両側に維持を求めたL-Bモデルであり、片側のみの義歯設計の3モデルと比較して明確な応力緩和が観察された。

3) 歯冠外磁性アタッチメント

歯冠外磁性アタッチメント本体内の応力分布図を図10に示す。

全ての解析モデルにおいて、歯冠外磁性アタッ

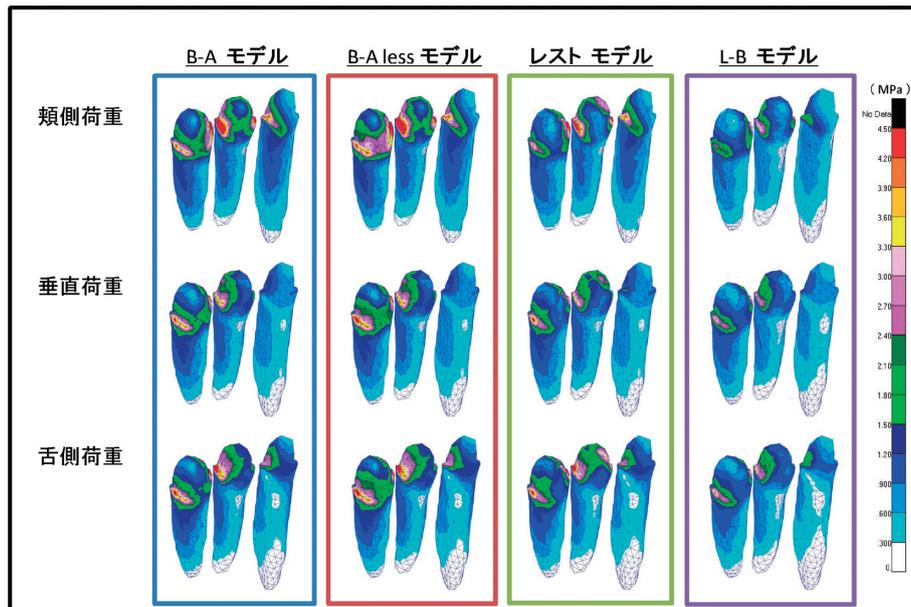


図 8. 支台歯 応力分布図

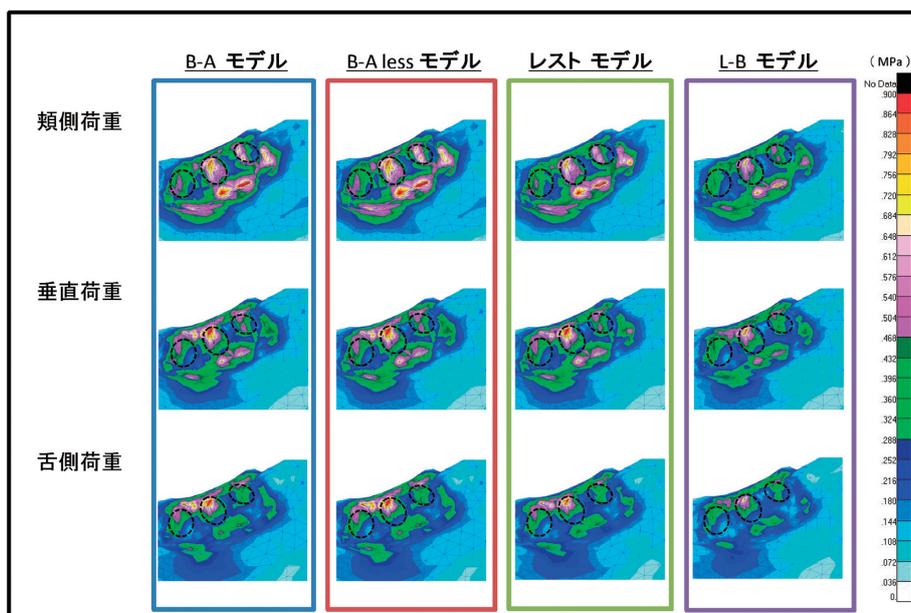


図 9. 支台歯周囲歯槽骨 応力分布図

チメントに応力集中が観察された部位は、アタッチメントのネック部およびアタッチメント結合部上方であった。いずれの方向からの荷重において、最も応力の緩和が観察されたモデルは L-B モデルであり、最も応力の集中が観察されたモデルは B-A less モデルであった。B-A モデルとレストモデルに関しては、頬側荷重では B-A モデルに応力の集中が観察され、垂直荷重および舌側荷重時においては、レストモデルに若干大きな応力の集中が観察された。

IV. 考 察

1. 有限要素法解析について

部分床義歯における力学的な解析は、複雑な挙動を示す顎堤粘膜や歯根膜、さらにそれぞれ形状の異なる数種の構成要素からなる部分床義歯自体が関与するため、非常に複雑なものとなる。これらの研究方法としては、本研究で用いた有限要素法他、従来から様々報告されて来たストレインゲージ法や光弾性法などの物理的模型実験が挙げられる。ストレインゲージ法では、生体情報を得るために、ストレインゲージを直接生体に適用

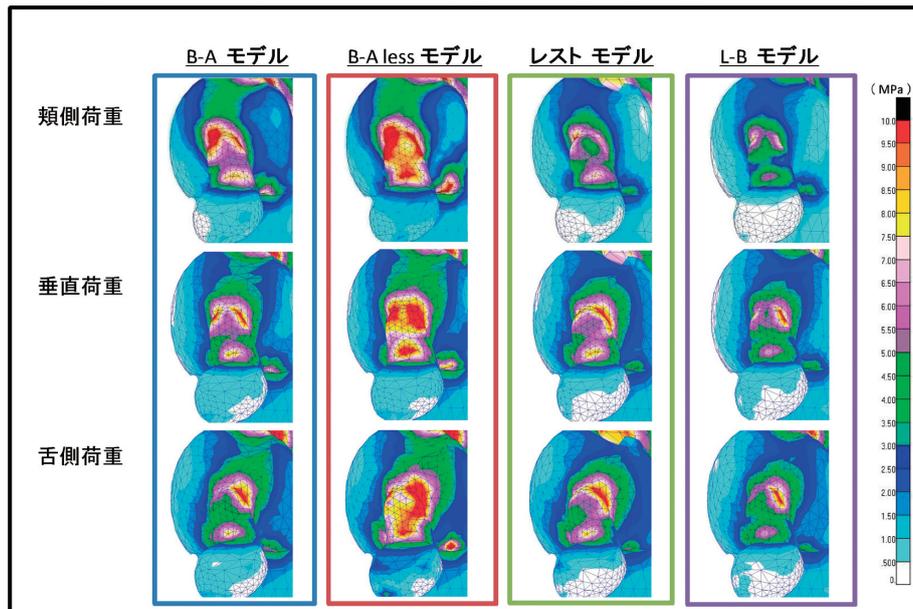


図10. 歯冠外磁性アタッチメント 応力分布図

可能であることが利点として挙げられる。しかし、この方法では測定部位表面に限定した情報しか得ることができず、その測定部位内部の応力分布やひずみ等の情報を補えることは不可能である²⁸⁻³⁰⁾。これに対し、光弾性法は表面応力だけでなく内部応力についても測定が可能なることに加え、実際義歯に使用する材料や支台装置等を用いることが可能な模型実験である。しかし、複雑な挙動を示す生体の硬組織や軟組織の口腔内組織の諸特性を再現できる材料が少なく、現時点では的確な材料定数の比率を考慮に入れた模型の構築がほぼ不可能に近い。さらに当システムは本質的に連続的な測定には不向きであることがこの種の実験には大きな欠点となる³¹⁻³⁴⁾。

有限要素法は、実際に模型を作製する必要が無く、コンピューター上で解析モデルを構築することにより、研究対象部位の応力分布やひずみ量等を計測することが可能である。またコンピューター上でのモデルの編集もできることから、本研究の如く、同一生体モデル上で異なる義歯設計のモデルを数種構築することも容易である。さらに、有限要素法はストレインゲージ法や、光弾性法では最も困難とされている複数形状の試料に対する確実な同一条件下での解析が可能であることが特長として挙げられる。

本研究で対象とした口腔内は、補綴装置は勿論のこと、さらに歯、歯周組織、顎骨等の複雑な物

理特性や形状を有した様々な構成要素の複合体である。そのため、口腔内における部分床義歯の力学的検討を行うにあたり、本研究で用いた有限要素法は極めて妥当な手法と考えられる。

2. 解析モデルについて

当講座においては、有限要素法を用いた部分床義歯の力学的検討は従前より行われており、これまで多くの成果を得てきた⁹⁻¹⁹⁾。近年、コンピューターの処理能力の向上や、画像解析技術の進歩に伴い、三次元モデルにおける有限要素法を用いた理論解析も多数報告されている。しかし、三次元モデルの解析では、基本的に極めて複雑かつ多様な要素の導入が不可欠となるため、最近の工業分野では、再度単純な二次元モデルを見直す考えもあるそうである。しかし、我々が解析対象とする口腔内は現実的に複雑な構造、形態を有しており、その細部の再現精度が解析結果に多大な影響を与えることは否定することのできない事実である。それゆえ、それらの構造、形態を可及的に忠実に再現する必要があることは言うまでもない。本研究に用いたモデル構築法は、生体情報および補綴装置の形状を可及的に忠実に三次元有限要素モデルに反映させるため、実在する患者のCTデータを用いて下顎骨モデルの製作を行い、また、同患者の研究用模型から補綴装置を模したスキャン用試料を作製したことにより、可及的に臨床に即した形態の義歯モデルの構築が可能となった。

口腔粘膜や歯根膜の軟組織部のモデル構築に関しては、直接 CT データからその形態を導入することは困難であった。本研究では、義歯床下粘膜の構築に関して、CT データから得られた皮質骨の表面と模擬的に作製した義歯粘膜面との間に形成される空間を義歯床下粘膜と想定して構築を行った。この義歯床下粘膜の厚径は、顎堤頂部で 4～6 mm であり、寺倉³⁵⁾により報告された生体実測値とほぼ同等であったことから、ほぼ妥当な方策であったものと考えられる。また、歯根膜に関して、CT データから緻密な形態を再現することは困難であったため、本研究では、野首²⁷⁾らの報告を参考に、残存歯歯根周囲に五面体要素にて厚さ 0.1mm の幅にて二層構造を作製し、合計 0.2mm の歯根膜層を構築した。歯根膜の二層構造については、歯根膜は支台歯からの荷重を受けるため、厚径は微量ではあるが、ある程度のひずみ量に対しても対応できなければならない。そのため、本研究では歯根膜要素を一層では無く二層構造としたものである。

以上のことから、本研究に用いた三次元有限要素モデルは、下顎骨および歯の形態だけでなく、補綴装置の形状の細部再現性も非常に高いため、解析モデルとして極めて優れたモデルであると判断する。

3. 解析方法について

1) 解析項目について

本研究では、ブレーシングアームと歯冠外磁性アタッチメントとの併用効果を知る上で、ブレーシングアームの有無による解析結果の検討が必要不可欠であると考えた。そのため、基本となる B-A モデルからブレーシングアームのみを除去した B-A less モデルを作製した。

レストモデルに関しては、B-A モデルにみられるブレーシングアームやインターロックと比べ、実際の臨床現場では、技工操作が極めて簡便であり作製が容易である。また、そのレストの歯冠外磁性アタッチメントと併用する支台装置としての効果を検討し、ブレーシングアームやインターロックの代替となる可能性を検討した。さらに、レストの小連結部に接する支台歯舌側面には、把持効果もある程度期待できるようにレストシートから連続する形態でガイド面を設置した。L-B モデルは、反対側に間接支台装置を設置し、維持を求め

た設計であり、片側処理による義歯設計との力学的な比較対象とした。

2) 解析条件について

(1) 拘束条件について

この種の解析においては、その拘束部位を解析モデルのどこに設定するかにより、解析対象における応力分布や変位量に多大な影響を与え、結果の信頼性を失墜させてしまうことになるため、非常に重要な設定条件である^{36,37)}。本研究で用いた解析モデルは歯科用 CT の照射域の制限もあり、下顎筋突起部よりも前方に限られたものとなっている。そのため本解析では、拘束点の設定部位として、解析結果に直接影響のないことを確認の後、荷重部位よりも可及的に遠方となる下顎両側筋突起部を完全拘束とした。

(2) 荷重条件について

口腔内における義歯の挙動については、食片を介在させた咀嚼時に大きく変位すると考えられる。そのため、義歯咬合面における様々な方向からの力に対し、義歯がどのように変位するかを検証する必要がある。本研究では、中村³³⁾らの報告を参考にし、荷重条件として義歯咬合面相当部において、咬合平面に対して垂直方向、頬側方向、舌側方向の 3 方向からの荷重を付与し、義歯の変位を総合的に評価し、各種の形態の義歯において、それぞれの荷重方向に対する変位量を検討した。また、義歯咬合面に負荷する総荷重量については、安藤¹⁴⁾の報告を参考に 10N に設定した。

4. 解析結果について

1) 義歯変位量について

本解析では、義歯部へ負荷した荷重に対する義歯変位量の評価にあたり、拘束部位を解析モデルの両側筋突起に設定したために、義歯部への荷重によって、解析モデル全体がひずみ、その変形量が義歯の動態に加味される結果となった。そのため、本研究では、これら解析モデル全体のひずみの影響を排除するため、義歯変位量を、最後方支台歯である下顎左側第二小臼歯に対する義歯後縁部の変位量として評価を行った。

今回得られた結果から、義歯変位量に関しては垂直変位量、側方変位量ともに最も変位量が少なかったモデルは L-B モデルであり、最も変位量が多かったモデルは B-A less モデルであった(図 6, 7)。このことは、反対側にまで及ぶ義歯

である L-B モデルは、義歯部に付与された荷重を反対側の双子鉤にも効果的に分散した結果と考えられる。また、片側処理の義歯であり、通常は歯冠外磁性アタッチメントと併用されるブレイシングアーム、インターロックを除いた B-A less モデルでは、歯冠外磁性アタッチメントのスリット部のみが、義歯に加えられた荷重に抵抗するため、義歯部が歯冠外磁性アタッチメント部を中心に回転運動を発生した結果と考えられる。また、片側みの義歯設計である B-A モデルとレストモデルに関しては、B-A less モデルと比べ、義歯変位量が少ない結果となった。このことに関しては、歯冠外磁性アタッチメントと併用しているブレイシングアーム、インターロック、さらには、レストにより、荷重に対する義歯の支持力、把持力が増加し、B-A less モデルと比べ、効果的に支台歯へ荷重を分散させたためと考えられる³⁸⁾。また、レストモデルにおける垂直変位量が B-A モデルより少なかったことから、レストモデルは、B-A モデルよりもより支持力が強く、荷重の分散に効果的な設計であったことが示された。

また、B-A モデルとレストモデルの義歯側方変位量に関しては、舌側荷重時に、B-A モデルでレストモデルよりも変位量が少ない結果が得られ、また、同荷重において、垂直変位量は支持効果の高いレストモデルにおいて少ない結果となった。このことは、舌側荷重において B-A モデルはレストモデルと比べて垂直変位は多いが、側方変位は少ないことを示している。これは、ブレイシングアームの形態および、鉤歯との良好な適合性に基づいた把持効果のためと考えられる。

(2) 応力分布について

本研究では、義歯人工歯部への荷重時における、支台歯、支台歯周囲歯槽骨に加えて、歯冠外磁性アタッチメント各部における応力分布の評価を行った。歯冠外磁性アタッチメントに関しては、これまで様々な力学的な研究も報告されており、現在、極めて有用なシステムとして臨床の現場で用いられている^{10,11,13,14)}。しかしながら、いまだ破折、変形などの失敗例も全くないとは言えないため、義歯設計の違いによる歯冠外磁性アタッチメント自体への力学的な影響を検討することは非常に重要であると考えられる。

今回得られた結果から、L-B モデルは、支台歯、

支台歯周囲歯槽骨、歯冠外磁性アタッチメントのいずれに関しても、他の 3 モデルと比べて応力集中の小さい設計であることが確認された。これは、義歯に加えられた荷重を可及的に広範囲に分散させるという、旧くからの義歯設計の基本に合致する合理的な結果であった。片側処理の義歯設計の 3 モデルに関しては、B-A less モデルが支台歯、支台歯周囲歯槽骨、歯冠外磁性アタッチメントのすべての部位に最も応力が集中する設計であった(図 8, 9, 10)。

歯冠外磁性アタッチメントの応力分布に関して、B-A モデルは、舌側荷重において片側処理の義歯の 3 モデルの中で最も応力の集中が少ない結果となった。このことも、ブレイシングアームの把持効果によるものであると考えられる。また、この 3 モデルの応力分布から、歯冠外磁性アタッチメントにブレイシングアーム、インターロックあるいは、レストを併用することにより、歯冠外磁性アタッチメントに集中しやすい応力を効果的に分散できることが示された(図10)。

また、B-A モデルとレストモデルの応力分布に関しては、支台歯、歯冠外磁性アタッチメント、支台歯周囲歯槽骨においてほぼ同レベルのものと考えられるため、本解析において、レストモデルで付与した近心レストは、B-A モデルに設計したブレイシングアーム、インターロックの代替となる可能性が示唆された。

V. 結 論

本研究では、三次元有限要素法を用いて、片側遊離端欠損症例において、歯冠外磁性アタッチメントを用いた各種義歯設計がもたらす力学的影響、および歯冠外磁性アタッチメントと併用されるブレイシングアーム、インターロックの力学的効果を詳細に比較、検討し、以下の結論を得た。

1. 反対側に間接支台装置を設置した義歯設計である L-B モデルは、検討したモデルの中で最も義歯変位量が少なく、また支台歯、支台歯周囲歯槽骨、歯冠外磁性アタッチメントのいずれの部位に発生する応力に関しても、明確に緩和させる設計であることが確認された。
2. 歯冠外型磁性アタッチメントと併用して用いられるブレイシングアームおよびレストの併用効果は、義歯の支持力、把持力を増加させ、

義歯部に負荷した荷重に対して、義歯変位量を抑制するだけでなく、支台歯、歯冠外磁性アタッチメント、支台歯周囲歯槽骨に発生する応力を緩和させるものであった。

3. 片側処理の義歯設計を行う際、歯冠外磁性アタッチメントと併用した近心レストが、ブラッシングアームおよびインターロックの代替となる可能性が力学的に示唆された。

謝 辞

稿を終わるにあたり、終始御懇篤な御指導、御校閲賜りました愛知学院大学歯学部有床義歯学講座、田中貴信教授に心から感謝の意を表します。また、本研究に際し直接的な御指導、御協力を頂きました中村好徳准教授ならびに神原 亮博士に深謝いたします。

参考文献

- 1) 田中貴信. 磁性アタッチメントー磁石を利用した新しい補綴治療ー. 東京: 医歯薬出版; 1992.
- 2) 田中貴信. マグフィット・システムーその臨床活用の要点ー. 東京: デンタルダイヤモンド; 1993.
- 3) 田中貴信. 続・磁性アタッチメントー108問108答ー. 東京: 医歯薬出版; 1995.
- 4) 田中貴信. 「蝶々に育った毛虫さん」ー磁性アタッチメント開発秘話ー. 日磁歯誌 2013; 22(1): 1-12.
- 5) 石上友彦. 磁性アタッチメントの失敗と対策. 日磁歯誌 2013; 22(1): 24-29.
- 6) 鱒見進一. 磁性アタッチメントの適用はどのような点に有効か. 日磁歯誌 2013; 22(1): 30-35.
- 7) 星合和基, 田中貴信, 長谷川信洋, 川北雅子, 藤波和華子, 若山浩一郎, 彦坂達也, 平井秀明, 宮田利清, 熊野弘一, 坂根 瑞. 金属床義歯における磁性アタッチメントの術後調査. 日磁歯誌 2004; 13(1): 1-8.
- 8) 田中貴信, 星合和基, 中村好徳, 今泉洋子, 岡田通夫, 長谷川 明. 磁性アタッチメントの新たな適応症を求めてー歯冠外アタッチメントへの挑戦ー. 日磁歯誌 2006; 15(1): 1-13.
- 9) 中村好徳. 磁性アタッチメントの新たな適応症ー歯冠外型磁性アタッチメントー. 愛知学院大学歯学部同窓会誌 2008; 53: 21-28.
- 10) Kumano H., Nakamura Y., Ishida T., Masuda T., Miyata T., Tanaka Y., et al. Stress Analysis of Extracoronary Magnetic Attachment using Finite Element Method. J J Mag Dent 2007; 16(2): 44-48.
- 11) 増田達彦, 熊野弘一, 中村好徳, 宮田利清, 安藤彰浩, 田中貴信, ほか. 三次元有限要素法を用いた歯冠外アタッチメントの応力解析. 日磁歯誌 2007; 16(1): 18-22.
- 12) 岡田通夫, 中村好徳, 田中貴信. 歯冠外アタッチメントとしての有髄歯への適応. 日磁歯誌 2010; 19(1): 29-38.
- 13) Ohno Y., Kanbara R., Nakamura Y., Masuda T., Kumano H., Hayashi K., et al. Mechanical Analysis of Extracoronary Magnetic Attachment using Three-dimensional Finite Element Method. J J Mag dent 2012; 21(2): 29-35.
- 14) 安藤彰浩, 中村好徳, 神原 亮, 大野芳弘, 田中貴信. 三次元有限要素法による歯冠外磁性アタッチメント支台歯周囲組織の応力解析. 日磁歯誌 2009; 18(1): 32-41.
- 15) 熊野弘一. 三次元有限要素法による Akers クラスプと RPI クラスプとの力学的解析. 愛院大歯誌2006; 44(1): 71-83.
- 16) 中村好徳. 有限要素法によるオーバーデンチャーと磁性アタッチメントの力学的解析. 補綴誌 1998; 42: 234-245.
- 17) 増田達彦. クリープ特性を導入した有限要素法による有床義歯の力学的解析. 愛院大歯誌 2003; 41(1): 59-70.
- 18) Kumano H., Nakamura Y., Ishida T., Masuda T., Miyata T., Tanaka Y., et al. Stress Analysis of Extracoronary Magnetic Attachment using Finite Element Method. J J Mag Dent 2007; 16(2): 44-48.
- 19) 増田達彦, 熊野弘一, 中村好徳, 宮田利清, 安藤彰浩, 田中貴信, ほか. 三次元有限要素法を用いた歯冠外アタッチメントの応力解析. 日磁歯誌 2007; 16(1): 18-22.
- 20) 大山哲生. 局部床義歯の力学的解析ー幾何

- 学的非線形性有限要素法を用いた支台歯の歯槽骨量と連結固定との影響の検討－. 日大歯学 1995 ; 69 : 511-527.
- 21) 村上 学. 三次元有限要素法による局部床義歯の力学的解析 －下顎両側遊離端欠損における欠損様式の影響－. 日大歯学 2003 ; 77 : 201-214.
- 22) 高木有哉. 補綴装置の三次元有限要素法による力学的解析 －下顎第二大臼歯1歯残存症例の支台装置の相違による検討－. 日大歯学 2005 ; 79 : 57-67.
- 23) 荒川知久. 片側性咬合が下顎骨におよぼす影響に関する力学的検討 －三次元有限要素法による解析－. 歯科学報 1998 ; 7 : 65-82.
- 24) Manda M., Galanis C., Georgiopoulos V., Provatidis C., Koidis P.. Effect of Severly Reduced Bone Support on the Stress Field Developed within the Connectors of Three Types of Cross-Arch Fixed Partial Dentures. J Prosthet Dent 2009 ; 101 : 54-65.
- 25) 加藤彰子. 歯の三次元モデルの展開. D. E. 2008 ; 164 : 17-20.
- 26) 藤原道夫. 日本人有歯顎骨の内部構造に関する研究. 歯科学報 1989 ; 89(3) : 561-584.
- 27) 野首孝祠, 堤 定美, 山賀 保, 奥野善彦, 井田一夫, 林 恭平. 有限要素法による歯, 歯根膜および歯槽骨の力学解析 (第一報) －二次元非線型解析－. 歯材器誌 1976 ; 33(3) : 369-378.
- 28) Brill N. Adaptation and hybrid prosthesis. J Prosthet Dent 1955 ; 5 : 811-824.
- 29) Miller PA. Complete dentures supported by natural teeth. J Prosthet Dent 1958 ; 8 : 924-928.
- 30) Benzing, U R, Gall, H.. Biomechanical aspects of two different implant-prosthetic concepts for edentulous maxillae. Int J Oral Maxillofac Implants 1995 ; 10 : 188-198.
- 31) Kratochvil, F. J, Caputo, A.A.. Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures. J Prostet Dent 1974 ; 32(1) : 52-61.
- 32) Thompson. W. D., Kratochvil. F. J., Caputo, A.A.. Evaluation of designs bilateral distal-extension removable partial dentures. J Prostet Dent 1977 ; 38(3) : 261-273.
- 33) 中村浩子, 中村好徳, 田中貴信. 光弾性実験を用いた各種磁性アタッチメント義歯の応力解析. 日磁歯誌 2009 ; 18(1) : 42-51.
- 34) 中島伸一郎. 光弾性実験法による歯槽骨および顎堤の力学的研究 －Kennedy II級 I類に対する補綴処置の相違について－. 日大歯学 2002 ; 76 : 343-352.
- 35) 寺倉 健. 顎粘膜厚径に関する研究 無歯顎補綴における診断への可能性について. 補綴誌1988 ; 32 : 546-560.
- 36) 瀬川富士. 有限要素法による応力解析入門1版. 東京: ブレイン図書出版; 1974, 85-114.
- 37) 戸川隼人. 有限要素法へのガイド1版. 東京: サイエンス社; 1979, 1-18.
- 38) 藍 稔, 五十嵐順正, 平井敏博, 宮田孝義. スタンダード部分床義歯補綴学. 東京: 学建書院; 1999, 166-183.

**原著論文 Original paper**Journal home page : www.jsmad.jp/**磁性アタッチメントの国際規格 (ISO 13017) 吸引力測定法の信頼性について**庄司和伸¹, 増田達彦¹, 神原 亮¹, 林 建佑¹, 白石浩一¹, 稲垣輝行¹,
中村好徳¹, 高田雄京², 田中茂生¹, 大野友三¹, 田中貴信¹¹愛知学院大学歯学部 有床義歯学講座, ²東北大学大学院歯学研究科 歯科生体材料学分野**Evaluation of testing procedure accuracy described for measuring
the magnetic attachment attractive force in accordance with ISO 13017**Kazunobu Shoji¹, Tatsuhiko Masuda¹, Ryo Kanbara¹, Kensuke Hayashi¹,
Koichi Shiraishi¹, Teruyuki Inagaki¹, Yoshinori Nakamura¹,
Yukyo Takada², Shigeo Tanaka¹, Yuzo Ohno¹ and Yoshinobu Tanaka¹¹Department of Removable Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University²Division of Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry**Abstract**

An international standard of dental magnetic attachments (ISO 13017) was published in 2012. However, the basic methods and techniques for uniform measurement of magnetic attachments were amended and covered in 2013. The uniform measurement of the attractive force of magnetic attachments as applied to an international standard requires several considerations, including the repeatability of the method of measuring the attractive force, measurement accuracy, ease of use, and availability. The Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry reevaluated the previous measurement jig and measuring techniques (fixation method) for measuring magnetic attachment attractive forces. A proposed revision of the written standards was submitted for consideration in April of 2013. A review of the validity, versatility, and accuracy of the document revision contents should be evaluated to confirm the attractive force measurement procedures in accordance with the specific written universal standard.

キーワード**(Key words)**磁性アタッチメント (magnetic attachment), 吸引力 (attractive force),
ISO 13017 (ISO 13017), 国際規格 (international standard requires)

I. 緒 言

2012年7月、歯科用磁性アタッチメントの国際規格 (ISO 13017) の発行¹⁻³⁾に伴い、これまで不明瞭であった吸引力測定法についても国際標準化が進められる様になった。

しかし、吸引力測定法を国際標準化するためには、その測定精度と再現性が優れていることに加え、汎用性に優れたものが推奨される。そのため、吸引力測定法に関して、日本磁気歯科学会において、測定ジグ・測定方法(固定法)の再検討を行い、2013年4月、規格書の追補案が作成された⁴⁾。この規格書追補案には、全世界で同一水準の吸引力測定を可能とすることが期待される。

そのため記載内容の妥当性・汎用性を確認する必要がある。そこで、ISO 13017規格書追補案に記載された吸引力測定法の説明文を初めて読んだ者が、正確かつ再現性に優れた測定結果を得ることができるかを評価した。

II. 方法

1. ISO13017規格書追補案

規格書追補案の記載内容を以下に示す。

①吸引力測定装置に取り付けた上下試料台の中心が一致するように側面の位置を合わせる

②下部試料台の中心に磁石、または磁石構造体の吸着面を両面テープで仮着する

③仮着した磁石、または磁石構造体の上部にシアノアクリレート系接着剤をはみ出さない様塗布する

④上部試料台を下方に移動して、下部試料台に仮着した磁石、または磁石構造体に軽く圧接し、必要があれば常温重合レジンで接合部を補強する

⑤磁石、または磁石構造体が上部試料台に完全に接合した後、上部試料台を上方に移動し、両面テープを除去する

⑥上部試料台に接着した磁石、または磁石構造体の吸着面に、磁石またはキーパーの位置を正確に合わせて吸着させる

⑦下部試料台の中心にシアノアクリレート系接着剤を滴下し、上部試料台を下方に移動させ、吸着面が移動軸に対して垂直になるように磁石、またはキーパーの底部を下部試料台に固定する。必要があれば、常温重合レジンで接合部を補強する

⑧磁石、またはキーパーがしっかり固定される

まで動かさず、適切な位置調整を維持するために上下試料台を装置から取り外さない

2. 記載内容の検証方法

1) 測定者

測定者は吸引力測定の実験がない者5名(以後測定者A, B, C, D, E)とした。

2) 検証方法

各測定者にISO13017規格書追補案を配布し、以下に示す手順にて妥当性の検証を行った。

ステージ1:測定者各自で規格書追補案のみを参照し測定を行う。

ステージ2:不明な点について熟練者に質問した後追補案を読み直し再度測定を行う。

ステージ3:熟練者による測定を見た後に追補案を読み直し再度測定を行う。

ステージ1の測定終了時にフィードバックを行い、規格書追補案の内容について理解できない箇所を列挙する。

3. 測定試料および測定条件

1) 測定試料

測定試料には、図1に示す歯科用磁性アタッチメント(ギガウスC600, ジーシー)を用いた。

有限要素法における磁場解析値は5.88N。85%は、5.0N。



図1. 測定試料(ギガウスC600, ジーシー)

2) 測定条件

測定装置は、図2に示す簡易型吸引力測定装置を用い⁵⁾、ISO 13017に準じた測定条件、測定回数にて行った¹⁾。すなわち、クロスヘッドスピードは5.0mm/min以下である4.4mm/minとした。試

料数 1 個とし、測定回数10回、着脱回数は各ステージ 5 回とした。



図 2. 簡易型吸引力測定装置

Ⅲ. 結果

1. 各測定者における吸引力測定値

測定者 A, B, C についての吸引力測定値を図 3 に示す。

測定者 A, B, C の吸引力測定値については、ステージ 1 からステージ 3 まで安定した測定値が得られた。また、ステージ 1 からステージ 3 に移行するにつれて、標準偏差が小さくなる傾向を示した。

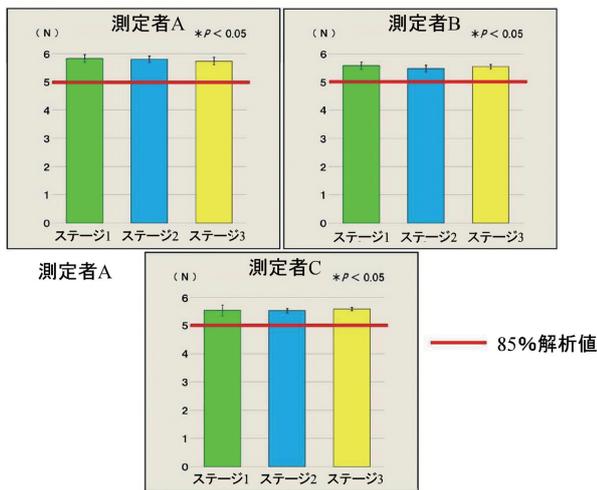


図 3. 吸引力測定値 (測定者 A, B, C)

測定者 D, E についての吸引力測定値を図 4 に示す。

測定結果は、ステージ 1 全体の平均値では、両者とも、目安となる解析値の 85% より低い結果となった。また、ステージ 2, 3 においては、安定した測定値が得られた。

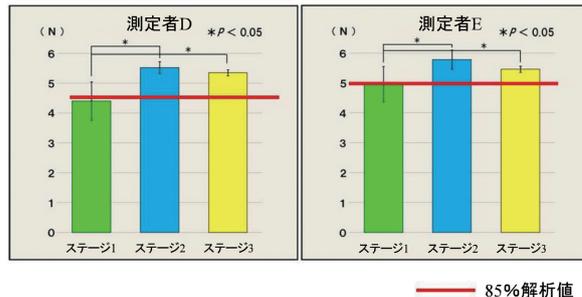


図 4. 吸引力測定値 (測定者 D, E)

また、標準偏差が大きな値であった測定者 D, E におけるステージ 1 の 5 回の測定値を図 5 に示す。

測定者 D については、2 回目の測定において、測定値が解析値の 85% に達したが、3 回目以降再び低い測定値を示した。

測定者 E については、繰り返し測定することにより、3 回目の測定から、安定した測定値が得られた。

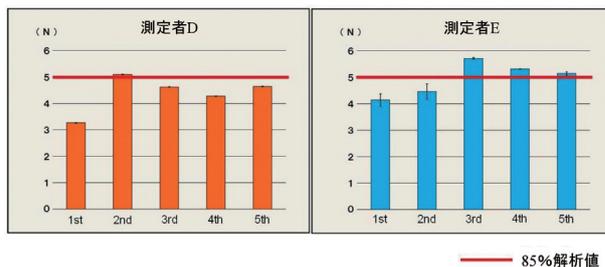


図 5. ステージ 1 における 5 回の測定値 (測定者 D, E)

2. 規格書追補案の内容について理解出来なかった箇所

ステージ 1 を終えて、規格書追補案の内容について理解出来なかった箇所を示す。

- ①磁石または磁石構造体、磁石またはキーパーの記載が複雑であること
- ②接着剤の硬化時間、塗布量が不明瞭であること
- ③磁石構造体とキーパーの位置合わせ方法が不明瞭であること
- ④磁石構造体、キーパーの取り外し方法が不明瞭であること

Ⅳ. 考察

1. 測定結果について

ステージ 1 からステージ 3 を通じて、測定者 A, B, C の測定結果については、標準偏差が小さく、

安定して測定値が解析値の85%を超えていることから、測定者A, B, Cは規格書追補案の内容について十分な理解を示し、吸引力測定が行えたものであると考えられる。

測定者D, Eについて、ステージ1での標準偏差が大きな値であったことについては、規格書追補案の内容について十分な理解が得られていなかったことが原因と考えられる。

そのため、測定回数を重ねるにつれ、記載文の内容を把握し、安定した測定値が得られたと考えられる。

また、測定者Dの、2回目の測定において、測定値が解析値の85%に達したが、3回目以降再び低い測定値を示した結果については、測定者本人に問い合わせた結果、2回目の取り外し時に磁石構造体とキーパーを傷つけてしまったことが原因であった。

2. 規格書追補案の内容について

測定後に行ったフィードバックの結果、規格書追補案について理解しづらい箇所については、直接吸引力測定値に影響を与えるものではあるが、今回得られた結果から、繰り返し測定を行うことで十分に理解でき得るものであると考えられる。また、より内容を理解しやすいものにするのであれば、規格書追補案内に図説を入れた方が良いと考える。

V. 結論

今回得られた結果から、検証を行った規格書追補案については、磁性アタッチメントにおける吸引力測定を国際標準化する上で十分優れたものであり、有用なものであることが示された。

参考文献

- 1) ISO 13017 Dentistry-Magnetic attachments, International Organization for standardization, 2012.
- 2) 水谷 紘. 歯科用磁性アタッチメントの国際標準規格 (ISO13017) に向けての道程, 補綴誌特別 2012 ; 4 : 113.
- 3) Yoshinobu T. The Caterpillar turns into the Butterfly. J J mag dent 2013 ; 22(1) : 1-12.
- 4) Yukyo T. A commission report of the ISO corresponding committee working toward international standardization of dental magnetic attachments -ISO/TC106 meeting in Paris- . J J mag dent 2013 ; 22(1) : 65-68.
- 5) Nakamura Y., Kanbara R., Iwai T., Sakane M., Takada Y., et al. Development of a Simple Measuring Device of the AttractiveForcewithMagneticAttachment. J J Mag Dent 2013 ; 22(2) : 29-35.

**原著論文 Original paper**Journal home page : www.jsmad.jp/**有限要素法を用いた歯冠外磁性アタッチメントの弾塑性解析**増田達彦¹, 大野芳弘¹, 音田亜矢子¹, 神原 亮¹, 熊野弘一¹, 板倉 崇¹,
稲垣輝行¹, 中村好徳¹, 高田雄京², 田中茂生¹, 大野友三¹, 田中貴信¹¹愛知学院大学歯学部 有床義歯学講座, ²東北大学大学院歯学研究科 歯科生体材料学分野**Elasto-plastic analysis of an extracoronary magnetic attachment
using the finite element method**Tatsuhiko Masuda¹, Yoshihiro Ohno¹, Ayako Otoda¹, Ryo Kanbara¹,
Hirokazu Kumano¹, Takashi Itakura¹, Teruyuki Inagaki¹, Yoshinori Nakamura¹,
Yukyo Takada², Shigeo Tanaka¹, Yuzo Ohno¹ and Yoshinobu Tanaka¹¹Department of Removable Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University²Division of Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry**Abstract**

At the 21st International Conference on Magnetic Applications in Dentistry, Dr. Ohno, from our department, reported on the mechanical strength analysis of an extracoronary magnetic attachment with a Au-Ag-Pd alloy using the three-dimensional finite element method. However, in clinical practice, platinum-gold alloys are more frequently used than Au-Ag-Pd alloys.

In the present study, we focused on heat treatment of a platinum-gold alloy and performed a mechanical strength analysis of an extracoronary magnetic attachment.

As a preliminary experiment, the stress-strain curve of a dental casting gold alloy (PGA-3, ISHIFUKU Metal Industry Co., Ltd.) after heat treatment was calculated, followed by elasto-plastic analysis of a simple-shaped sample based on the stress-strain curve. The finite element model of an extracoronary magnetic attachment was fabricated to perform elasto-plastic analysis. The material constant was determined from a known value and the stress-strain curve of the platinum-gold alloy.

The preliminary experiment confirmed the validity of the elasto-plastic analysis using the three-dimensional finite element method. Three-dimensional finite element analysis of the main experiment showed that the elastic limit of an extracoronary magnetic attachment of a platinum-gold alloy existed at approximately 1000 N.

キーワード

(Key words)

磁性アタッチメント (magnetic attachment), 歯冠外アタッチメント (extracoronary attachment),
有限要素法 (finite element method), 弾塑性解析 (elasto-plasticity analysis)

I. 緒 言

磁性アタッチメントは、基本的に無髄歯への利用が基本的な適応症^{1,2)}とされてきたが、その臨床的価値が極めて大きいことから、有髄歯への応用についても試行錯誤が繰り返され、その結果、歯冠外アタッチメント用プラスチックパターンが開発された^{3,4)}。我々はこれを用いて、有髄歯を対象とする歯冠外磁性アタッチメントについて既に多くの臨床利用の実績を有している^{5,6)}。ところで、この歯冠外アタッチメントは、臨床的なスペースの制限などの条件により、その主要部分を基本的にカンチレバー形態にせざるを得ない。そのため、開発当初から同部の機械的強度が懸念されてきた。そのため筆者らは、それに関する各種の耐久性の評価を行ってきた。それには、三次元有限要素法を用いた弾性応力解析も含まれている⁷⁻¹⁰⁾が、その弾性限や塑性変形に関する確認はいまだ不十分である。歯冠外磁性アタッチメント下部には、グループの嵌合部付きのハウジングを介して、間接的に荷重が分散されるため、歯冠外磁性アタッチメントのネック部のみに負担がかかるのではなく、グループ部やハウジングの嵌合部にも荷重が加わる。これにより、臨床使用において、アタッチメント本体及びグループ部、ハウジングが、弾性限を超えて塑性変形をきたす危険性が否定できない、ということである¹¹⁻¹²⁾。今後、アタッチメントの更なる小型化を目指すのであれば、特にこの危険性について追及していく必要があると考える。当講座の大野は、有限要素法による金銀パラジウム合金を用いた歯冠外磁性アタッチメントの弾塑性解析を行い、この危険性についての検証結果を報告した¹³⁾。しかし、実際の臨床においては、歯冠外磁性アタッチメントに使用する金属は、白金加金合金を用いていることが多い。これまで、白金加金合金を想定し、荷重負荷時に弾性限を越えて塑性変形をきたす条件を検証した理論解析の報告はなされていない。

本研究は、材料の弾塑性における性質に影響を与える熱処理条件も含めた上で、より高い臨床応用性を有する白金加金合金を用いた歯冠外磁性アタッチメントの弾塑性解析を、三次元有限要素法を用いて行うことを目的としたものである。

II. 試料と方法

1. 試料

1) 応力歪み試験試料

試料は、図1に示す、当大学附属病院で実際に歯冠外磁性アタッチメントの支台歯に主たる材料として使用されており、またミリングに適しているとされるPGA-3(石福金属興業)、図2に示すように平行部を直径2mm、標点間距離25mm、全長55mmの寸法とした。メーカー指示条件下にて、埋没・鋳造・熱処理を行った。試料数は硬化熱処理・as cast・軟化熱処理の各7個とした。



図1. 歯科鋳造用金合金 (PGA-3 石福金属興業)

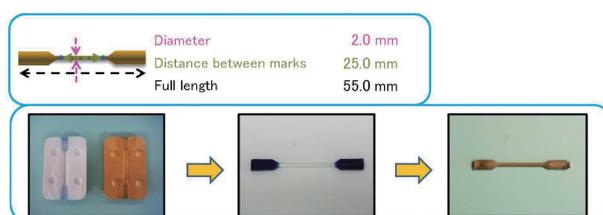


図2. 試料作製法

2) 荷重変位試験試料

試料は、応力歪み試験試料と同様のPGA-3とし、図3に示すように短径7.0mm、長径35mm、厚み1.6mmの板状とした。応力歪み試験と同様に、メーカー指示条件下にて、埋没・鋳造・熱処理を行った。試料数は前項と同様の各7個とした。

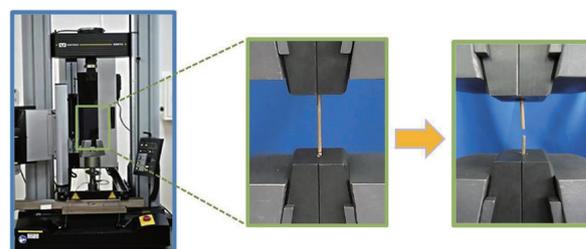


図3. 引張試験

3) 荷重変位試験モデル

図4に示すように、荷重変位試験試料の寸法と同様の三次元有限要素モデルを構築した。要素数は5,164、節点数は23,288である。応力歪み試験および荷重変位試験から白金加金合金の弾性係数

および塑性域の材料特性を算出し、これを解析時の材料定数とした。拘束条件はZ軸の完全拘束とした。



図4. 試料寸法

4) 歯冠外磁性アタッチメントモデル

図5に示すように、歯冠外磁性アタッチメントの三次元有限要素モデルを構築した。要素数は690,844、節点数は128,382である。材料定数は荷重変位試験モデルと同様のものを設定した。支台歯被覆冠部と歯冠外部分を一塊として作製し、キーパーをセメント固定、その上にハウジングを装着した、実際の臨床形態に準じたものである。拘束条件は、図6に示すように、支台歯被覆冠部の上下面及び背面をXYZ方向に完全拘束とした。

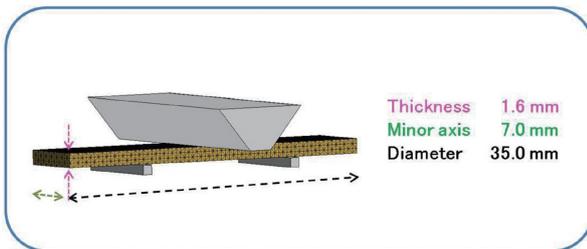


図5. 予備解析モデル寸法

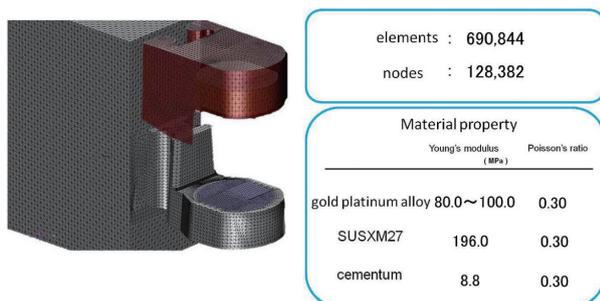


図6. 本解析モデル要素数, 節点数

2. 方法

1) 応力歪み試験方法

図7に示すように、インストロン万能試験機(インストロンジャパン)を用いて、クロスヘッドスピードを0.5mm/minでの引っ張りによる応力歪み測定を行った。この結果より、弾性域の歪み量の傾きを算出し、さらに測定から得られた変

曲点、その後の塑性域の挙動をプロットすることにより、応力歪み曲線を求めた。

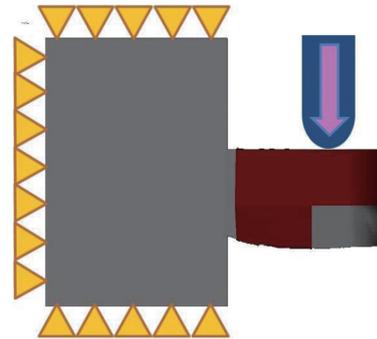


図7. 本解析モデル拘束条件

2) 荷重変位試験方法

インストロン万能試験機にて、クロスヘッドスピードを、0.5mm/minでの圧縮による荷重変位の測定を行った。

3) 荷重変位試験モデル解析

荷重条件は、試料モデルの中央において、圧子を想定した剛体が0.5mm/minで押し込まれる条件とした。

解析環境は、汎用有限要素プリポストプロセッサ・パトラン、および汎用有限要素プログラム・マークとしたが、これらはいずれもMSC社製のものである。

4) 歯冠外磁性アタッチメントモデル解析

荷重条件は、磁性アタッチメント中央部において、Z軸方向に0.5mm/min、5分間の継続荷重とした。

解析環境は、荷重変位試験モデル解析と同様とした。

III. 結果

1. 応力歪み試験

硬化熱処理, as cast, 軟化熱処理後の応力歪み試験測定結果を図8に示す。これを基に算出した弾性係数は、硬化熱処理の場合では98GPa, as castでは94GPa, 軟化熱処理では82GPaとなった。塑性域は、硬化熱処理, as cast, 軟化熱処理のいずれにおいても横ばいを示した。SEM像では、図9に示すように、いずれの場合にも延性破壊を示すディンプルが観察され、延性破壊していることを確認した。

2. 荷重変位試験および荷重変位試験モデル解析

荷重変位試験および荷重変位試験モデル解析の

結果を図10に示す。荷重変位試験の結果、その曲線の傾きにおいて as cast, 軟化熱処理ではほぼ同様の傾向が見られたが、硬化熱処理では、その曲線の傾きが他の二つに比較して大きくなる傾向が観察された。荷重変位試験および荷重変位試験モデル解析の結果の一致率は、as cast, 軟化熱処理, 硬化熱処理の順に高い傾向が示された。

3. 歯冠外磁性アタッチメントモデル解析

歯冠外磁性アタッチメントモデル解析における von mises 相当応力分布図を図11に示す。磁性アタッチメント上面に負荷した荷重により、アタッチメントのネック部に応力集中することが確認できた。

解析により得られた荷重変位曲線を図12に示す。弾性限は、硬化熱処理の場合では1,100Nで1.5mm, as cast では800Nで1.3mm, 軟化熱処理は600Nで1.1mmとなった。

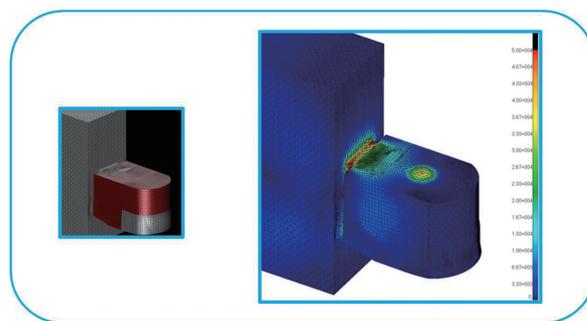


図11. 本解析のフォンミーゼス相当応力分布図

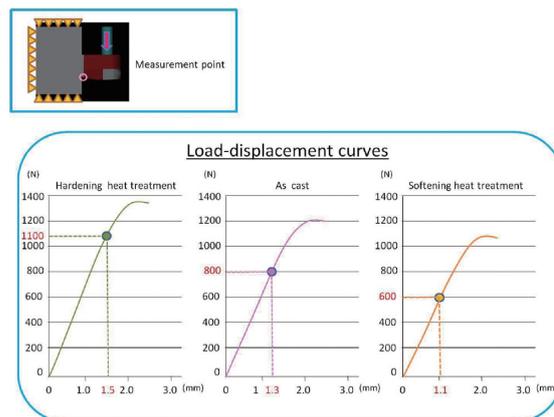


図12. 本解析の荷重変位曲線

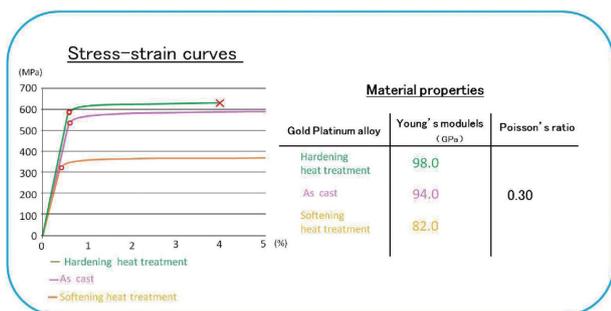


図8. 応力歪みの測定結果

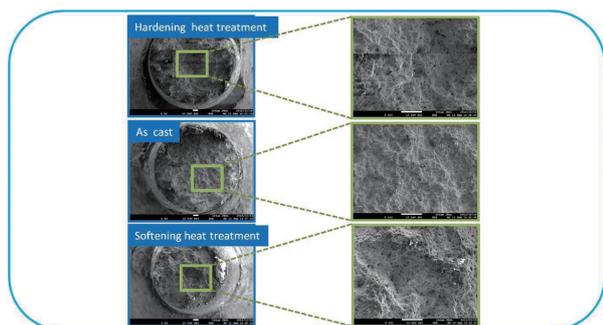


図9. 応力歪みの測定結果

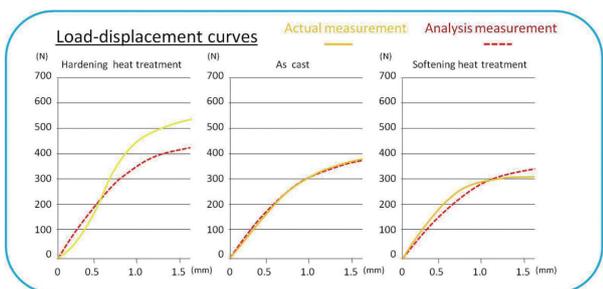


図10. 荷重変位曲線

IV. 考察

1. 応力歪み曲線について

今回、有限要素法解析により白金加金合金を用いた歯冠外磁性アタッチメントの弾塑性も含めた力学的強度を調べるために、熱処理を加味した条件下にて応力歪み曲線を実測し、材料の弾性限、弾性率、伸び、引張り強さを算出した。図8の結果から、硬化熱処理, as cast, 軟化熱処理の順に永久歪みを起こしにくい結果が確認された。一般的に口腔内で加わるとされる機能的荷重条件下では、as cast の状態でも臨床的には問題ないレベルと思われるが、図9に示した破断面がいずれも延性破壊であることから、硬化熱処理しても脆性破壊しにくく、加えて4%以上の伸びが観察されたことから、白金加金合金にて作製された歯冠外アタッチメントにおける硬化熱処理は、安全性の向上の観点から有効であると考えられる。

2. 予備実験および予備解析について

歯冠外磁性アタッチメントモデルの解析を行うにあたり、予備実験として応力歪み試験と荷重変位試験、さらに予備解析として、荷重変位試験モデルの解析を行った。予備実験および予備解析の結果より、as cast および軟化熱処理において、

近似した値が得られたものとする。硬化熱処理においては実測値と解析値において相違が見られた。これは、熱処理を重ねるごとに測定誤差が大きくなった結果と考える。

3. 歯冠外磁性アタッチメントモデルについて

作製した歯冠外磁性アタッチメントモデルは、実際に実用化されている規格化された CAD データに基づいて歯冠外アタッチメント部分を構築し、それに合わせてハウジングおよび支台歯被覆冠部の作製を行った。当モデルは、全ての部分に関して四面体要素を用いて作製したが、これは六面体要素と比較して、計算結果の精度がやや劣るといわれている。しかし、今回作製したモデルでは細分割することにより、可及的に偏平な要素を排除し、要素の不備による不適切な応力集中や、不正な反力の出現を抑えることが出来たものとする。

今回、歯冠外磁性アタッチメントモデルに設定した材料特性の数値は、予備実験および予備解析から導き出したものである。熱処理を加味した設定が可能であり、今後、さらに複雑な解析を重ねていく上で、最も信頼し得る手法の一つであると考えられる。

4. 歯冠外磁性アタッチメントモデル解析の結果について

応力分布では von Mises 相当応力で評価を行った。この方法では、圧縮および引張りの評価は不可能であるが、応力集中については簡便に表示できるため、今回はこれを使用した。

歯冠外磁性アタッチメントのグループ上縁に応力集中が認められ、支台歯被覆冠部の上部および下部に応力の伝達が確認された。実測の破断試験の結果においても同様の結果が得られている。また、アタッチメントの支台歯被覆冠部については、クラウンおよび支台歯を想定したものであるが、歯冠外磁性アタッチメントに応力が加わることで、それらのマージンラインに高い応力集中が生じる可能性が示唆された。

V. 結論

1. 白金加金合金の材料特性を算出するための予備実験として、応力歪み試験と荷重変位試験を行い、これを三次元有限要素法に導入することで、高い実用性と信頼性を備えた弾塑性解析結果が得られた。

2. 本解析により、白金加金合金で作製された歯冠外磁性アタッチメントは、約1,000N 前後に弾性限が存在することが示され、これは臨床的に容認できるレベルのものであり、また、硬化熱処理は、安全性の向上の観点から有効であると判断された。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 中村好徳. 歯冠外型磁性アタッチメントを用いた補綴症例. 補綴誌 2011; 3(3): 285-287.
- 4) 岡田通夫, 中村好徳, 田中貴信. 歯冠外アタッチメントとしての有髄歯への適応. 日磁歯誌 2010; 19(1): 29-38.
- 5) 中村好徳. 歯冠外型磁性アタッチメントを用いた補綴症例. 補綴誌 2011; 3(3): 285-287.
- 6) 岡田通夫, 中村好徳, 田中貴信. 歯冠外アタッチメントとしての有髄歯への適応. 日磁歯誌 2010; 19(1): 29-38.
- 7) 安藤彰浩, 中村好徳, 神原亮, 大野芳弘, 田中貴信. 三次元有限要素法による歯冠外磁性アタッチメント支台歯周囲組織の応力解析. 日磁歯誌 2009; 18(1): 32-41.
- 8) Kanbara R., Nakamura Y., Ando A., Kumano H., Masuda T., Sakane M., Ohno Y., Matsukawa R., Takada Y., Tanaka Y.. Stress Analysis of an Abutment Tooth with Extracoronary Magnetic Attachment-Introduction of Nonlinear Property into Three-Dimensional Finite Element Method-. J J Mag Dent 2010; 19(2): 44-51.
- 9) Ohno Y., Kanbara R., Nakamura Y., Shoji K., Kumano H., Yoshihara K., Ando A., Iwai T., Takada Y., Tanaka Y.. Mechanical Analysis of Unilateral Distal Extension Partial Denture Design. J J Mag Dent 2010; 19(2): 56-61.
- 10) 増田達彦, 熊野弘一, 中村好徳, ほか. 三次元有限要素法を用いた歯冠外アタッチメントの応力解析. 日磁歯誌 2007; 16(1): 18-22.

- 11) 岡田 通夫, 中村 好徳, 田中 貴信. 歯冠外アタッチメントとしての有髄歯への適応. 日磁歯誌 2010; 20(1): 29-38.
- 12) 庄司和伸, 中村好徳, 田中貴信. 歯冠外磁性アタッチメントにおけるネック部の強度について. 日磁歯誌 2011; 20(1): 86.
- 13) 大野芳弘. 三次元有限要素法を用いた歯冠外アタッチメントの力学的解析. 日磁歯誌 2012; 21(1): 112.



臨床論文 Clinical paper

Journal home page : www.jsmad.jp/

磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーにより咬合再建を行った1症例

曾根峰世, 川上 寧, 奥津史子, 松川高明, 豊田有美子, 大川 穰,
 染川正多, 増田美至, 下川原 忍, 岡本和彦, 大川周治
 明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野

A case report of occlusal reconstruction with overdenture using magnetic attachments

Mineyo Sone, Yasushi Kawakami, Fumiko Okutsu, Takaaki Matsukawa,
 Yumiko Toyota, Yutaka Ohkawa, Shota Somekawa, Minori Masuda,
 Shinobu Shimokawara, Kazuhiko Okamoto and Shuji Ohkawa
 Division of Removable Prosthodontics, Department of Restorative
 and Biomaterials Sciences, Meikai University School of Dentistry

Abstract

To maintain a harmonious craniofacial system, it is essential to establish an appropriate occlusal vertical dimension (OVD). This case report describes the establishment of an appropriate OVD and occlusal reconstruction with an overdenture using magnetic attachments. At first, the prostheses with marginal discrepancies were improved, and the #6, 7, and 8 teeth were extracted due to severe caries and periodontitis. Then, the OVD was increased with the treatment denture and occlusal reconstruction of the residual teeth using composite resin materials. As a definitive denture, a maxillary complete overlay denture was fabricated with a metal framework made of titanium alloy with magnetic attachments.

キーワード

(Key words)

磁性アタッチメント (magnetic attachment), 咬合再建 (occlusal reconstruction)
 オーバーデンチャー (overlay denture)

I. 緒言

近年の高齢社会において、患者の口腔内では高度に進行した歯周病による歯槽骨吸収、それに伴う歯の動揺・傾斜が多く見られる。その結果、臼歯部の咬合支持が失われ、咬合高径の低下を来すと共に咀嚼障害を生ずることになる。その場合、即時義歯や暫間義歯を応用して患者固有の適切な下顎位を回復させると共に、顎口腔機能の調和を図るために咬合再建を行う必要がある。今回我々は、咬合高径が低下した高度な歯周病罹患者に対して、即時義歯装着という治療初期の段階に磁性

アタッチメントを適用することにより、次の段階である暫間義歯への移行を円滑に行い、最終義歯として磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーを装着することで咬合再建を行った1例を経験したので報告する。

II. 症例の概要

患者：65歳 男性

初診：2011年2月22日

主訴：歯の動揺による咀嚼困難

全身的既往歴：慢性関節リウマチ、高血圧（共に

3) 上顎即時義歯装着 (図5)

即時義歯は、 $\overline{6}$ に応急的、および暫間的にワイヤークラaspを付与し、 $\overline{6}$ $\overline{23}$ 残根上のオーバーデンチャーとした。



図5. 即時義歯 (a: 咬合面観 b: 粘膜面観)

4) 磁性アタッチメント装着 (図6)

即時義歯装着後、義歯の安定性と義歯辺縁の封鎖性の向上を含めた維持力の増強を図る目的で $\overline{6}$ $\overline{23}$ に磁性アタッチメント ($\overline{23}$ ギガウス D400・ $\overline{6}$ ギガウス D1000, ジーシー) を装着した。なお、支台歯へのキーパーの装着には、コンポジットレジン (MI フィル, ジーシー) で補強した後、接着性レジンセメント (マルチリンクオートミックス, イボクラールビバデント) を、義歯への磁石構造体の装着には即時重合レジン (ユニファストⅢ, ジーシー) を用いた。

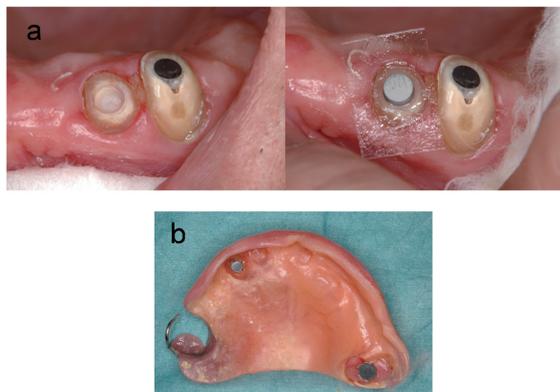


図6. 磁性アタッチメントの装着 (a: キーパー b: 磁石構造体)

5) 咬合挙上 (図7)

即時義歯に装着するオクルーザルプリントを製作し、臨床症状を確かめながら調整を行い、咬合挙上を行った。最終的にプリントを義歯と一体化させた後、臼歯部に咬合面形態を付与した。

なお、最終的な挙上量は前歯部で約3.6mm, 大臼歯部で約2.3mmであり、治療期間は3か月であった。

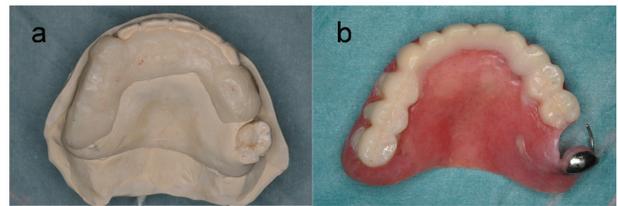


図7. 咬合挙上 (a: オクルーザルプリント b: 義歯への装着)

6) $\overline{6}$ の抜歯および義歯修理 (増歯) (図8)

$\overline{6}$ 抜歯後即時義歯を修理して全部床義歯形態にした。

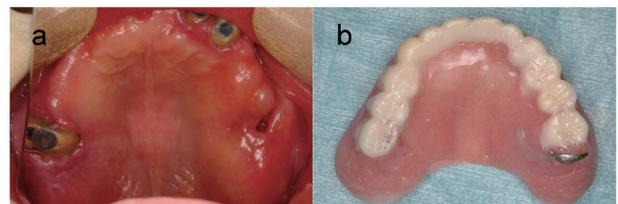


図8. $\overline{6}$ 抜歯後の口腔内 (a) および増歯修理後の即時義歯 (b)

7) 上顎暫間義歯装着ならびに残存歯の咬合面再構成 (図9)

即時義歯の咬合挙上により設定した咬合高径と、カンペル平面および瞳孔線に平行となる仮想咬合平面を付与した上顎暫間義歯を製作、装着した。

また、咬耗が見られた残存歯 $\overline{34}$ に対してコンポジットレジン (グラディア・ダイレクト, ジーシー) を築盛し、上顎暫間義歯に付与した咬合平面に適合するように咬合面再構成を行った。その後、再建した下顎位において顎口腔機能の調和が図れているかを3か月間経過観察した。



図9. 上顎暫間義歯装着 (a) ならびに残存歯の咬合面再構成 (b)

8) 6] の抜歯ならびに下顎即時義歯装着 (図10) ⑥5④] ブリッジに関しては, 4] FMC と 5] ポンティック間で切断し, 歯槽骨吸収の著しい 6] を抜歯し, 即時義歯を装着した。

6] の抜歯後3か月が経過し, 抜歯高の治癒と顎口腔機能の回復を確認したのち最終義歯製作を開始した。



図10. 6] の抜歯後の口腔内ならびに下顎即時義歯装着

2. 最終義歯の製作

最終義歯は, 通法に従い, 個人トレーを製作し, 筋圧形成を行った後シリコンラバー印象材を用いて印象採得を行い, 咬合採得, ろう義歯試適を行い製作した。上顎最終義歯は, チタン製のフレームワークを組み込んだ全部床義歯形態のオーバーデンチャーとした。下顎最終義歯は, 即時義歯と同一部位に支台装置を付与したレジン床による部分床義歯とした (図11・12)。

なお, 支台歯の予後が不良な場合は抜歯後リラインを行う旨を説明し同意を得た。

3. 術後評価

術後の評価として「有床義歯補綴治療における総合的咬合・咀嚼機能検査」(図13) と「OHIP-J」(口腔関連 QOL 評価票によるアンケート) (図14) を行った。



図11. 最終義歯 (a : 上顎 b : 下顎)



図12. 最終義歯装着後の口腔内写真

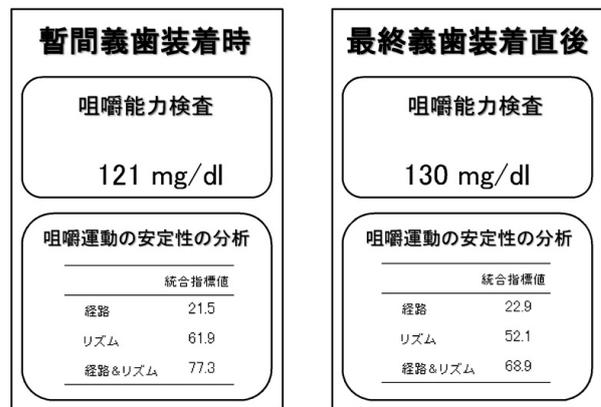


図13. 有床義歯補綴治療における総合的咬合・咀嚼機能検査

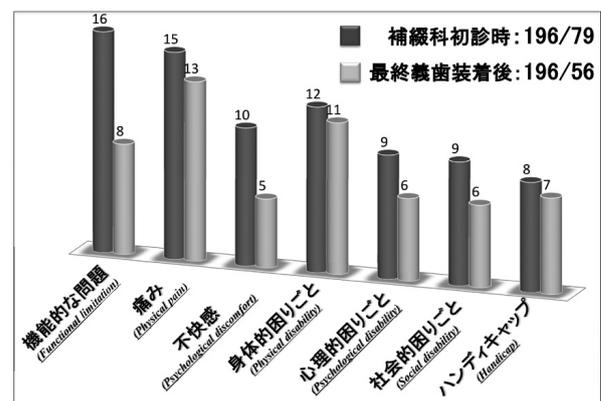


図14. 口腔関連 QOL 評価票によるアンケート

IV. 考察

顎口腔機能の調和を保つ上で, 適正な咬合高径を付与することは極めて重要である。本症例では, 術前の検査により低位咬合と診断されたため, 保存不可能と判断された支台歯を抜去した後, 即時義歯を用いて咬合挙上を行った。

低位咬合の症例に対して咬合挙上を行う場合,

顎機能障害を惹起もしくは増悪させないよう慎重に対応する必要がある¹⁾。本症例では、即時義歯に装着するオクルーザルプリントを製作し、即時重合レジンとガラスアイオノマーセメントを用いて咬合面に仮固定することで咬合挙上を行い、患者が顎機能障害を訴えた場合に速やかに元の咬合高径に戻せるような状態を保ちながら顎機能障害の有無を確認した。咬合高径の決定方法には様々な術式が存在する^{2,3)}が、本症例で製作したプリントに付与する挙上量は、顔面計測法の Willis 法と下顎安静位法を併用して最終的な垂直的顎位を決定し、その際、水平的顎位はゴシックアーチトレーサーを応用して決定した。なお、1回の咬合挙上量は赤川ら⁴⁾の報告に従って安静空隙と同じ約2.0mmとし、挙上量の異なるプリントを2回に分けて段階的に装着することで最終的な咬合挙上量を即時義歯に付与した。

今回、即時義歯の安定性に欠ける症例に対して、早期に磁性アタッチメントを応用した。磁性アタッチメントは、歯冠外アタッチメント、歯冠内アタッチメント、根面アタッチメント、バーアタッチメントさらに顎義歯やインプラント義歯など、その適応範囲は広いことが知られている⁵⁻⁹⁾。田中¹⁰⁾は、支台歯の形成直後にキーパーを歯科用接着材で直接歯根に合着する方法を紹介し、一定の臨床成果が得られたと報告している。前田ら¹¹⁾は、キーパーを装着する根面板の材料に、従来の金属ではなく、コンポジットレジンを用いる術式を報告している。本症例においては、コンポジットレジンにより補強した残根状態の支台歯(6|23)に対して、接着性レジンセメントを用いて直接キーパーを装着し、支台歯間線の多角化と維持力の増強を図った。これらのことで、義歯の安定を早期に獲得すると考えられた。

術後の機能評価として、先進医療である「有床義歯補綴治療における総合的咬合・咀嚼機能検査」を行った¹²⁾。結果として、暫間義歯装着時(121mg/dl)よりも最終義歯装着直後(130mg/dl)の方が、グルコース溶出量は大きく、咀嚼運動時の安定性に関しても良好な結果が得られた。また、患者の主観的評価である口腔関連 QOL のアンケート¹³⁾結果においても、機能的な問題と不快感に関して、装着後の合計値に大きな減少が見られた。以上より、本症例においては、口腔機能の回復お

よび患者満足度に関して良好な結果を得ることができたと考えられた。

V. まとめ

今回、磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーにより咬合再建を行い、良好な結果が得られた。また、支台歯に直接キーパーを装着する方法は暫間義歯の安定性を向上させる上で有用であることを示した1症例であると考えられる。

しかしながら、長期の予知性を考慮すると、通法に従い間接法で製作する根面板を用いてのキーパー装着が可能な環境下であれば、間接法がより推奨されると考える。今後は1か月毎に残存歯、歯周組織および顎堤粘膜の状態を確認しながらメンテナンスを行い、必要に応じて義歯に対してリラインならびに咬合面再構成を行っていくと共に、メタルコーピングへの移行も順次行っていく予定である。

参考文献

- 1) 日本補綴歯科学会：顎機能障害の診療ガイドライン，補綴誌，46(4)：597-615，2002.
- 2) 細井紀雄，平井敏博，大川周治，市川哲雄編：無歯顎補綴治療学 第2版，143-156，医歯薬出版，東京，2010.
- 3) 松川高明，草野寿之，奥津史子ほか：垂直顎間距離決定の基準下顎位に関する研究—口蓋床の厚さが[n]持続発音位に及ぼす影響—，顎機能誌，19(1)：28-38，2012.
- 4) 赤川安正：咬合挙上が咀嚼筋に及ぼす影響に関する実験的研究，補綴誌，24(2)：206-224，1980.
- 5) 大川周治：磁性アタッチメントの成功の秘訣，日磁歯誌，10(1)：17-24，2001.
- 6) 水谷紘：磁性アタッチメントの特徴と適応症，補綴誌，48(1)：10-19，2004.
- 7) 石上友彦，永井栄一：磁性アタッチメントの現状—その特徴と設計・製作上の注意点，日歯評論，69(7)：58-66，2009.
- 8) 岡田通夫，中村好徳，田中貴信ほか：磁性アタッチメントとしての有髄歯への適応，日磁歯誌，19(1)：29-38，2010.
- 9) 田中讓治：インプラントオーバーデンチャーの基本と臨床—磁性アタッチメントを中心に，

- 50-97, 医歯薬出版, 東京, 2012.
- 10) 田中貴信: 続・磁性アタッチメント 108問
108答, 61, 医歯薬出版, 東京, 1995.
- 11) 前田祥博, 高山慈子, 大久保力廣ほか: ハイ
ブリット型コンポジットレジンをを用いたキー
パー付き根面板の製作, 日磁歯誌, 21(1):
133, 2012.
- 12) 志賀 博, 小林義典, 横山正起ほか: 有床義
歯補綴治療前後における咀嚼運動の安定性,
日咀嚼誌, 21(2): 118-123, 2011.
- 13) Slade GD, Spencer AJ: Development and
evaluation of the oral health impact
profile, Community Dent Health 11: 3-
11, 1994.

**臨床論文 Clinical paper**Journal home page : www.jsmad.jp/**磁性アタッチメントを利用した分割構造の上顎顎義歯の一症例**佐伯悦司^{1,2}, 中林晋也^{1,2}, 田中孝佳^{2,3}, 原八重子^{2,3}, 大山哲生^{1,2}, 伊藤顕治^{1,2},
安田裕康¹, 塩野目尚¹, 大久保貴久¹, 月村直樹^{1,2}, 永井栄一^{1,2}, 石上友彦^{1,2}¹ 日本大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座² 日本大学歯学部附属歯科病院顎顔面補綴科³ 日本大学歯学部口腔外科学講座**Case report of maxillary divided dentures with magnetic attachments**Etsushi Saeki^{1,2}, Shinya Nakabayashi^{1,2}, Takayoshi Tanaka^{2,3}, Yaeko Hara^{2,3},
Tetsuo Ohyama^{1,2}, Kenji Ito^{1,2}, Hiroyasu Yasuda¹, Takashi Shionome¹,
Takahisa Okubo¹, Naoki Tsukimura^{1,2}, Eiichi Nagai^{1,2} and Tomohiko Ishigami^{1,2}¹ Department of Partial denture Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry² Maxillofacial Prosthetic Clinic, Nihon University School of Dentistry³ Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Nihon University School of Dentistry**Abstract**

In the case of a maxillary jaw defect, the retention and stability of a denture for a defected jaw differ greatly according to the existence of a remaining tooth, the form of a residual ridge, and utilization of the jaw defect cavity.

This case attempted to positively use an undercut of a bone defect cavity for retention of a denture for a defected jaw.

However, it was difficult to sufficiently undercut the defect to retain the denture of a defected jaw because the denture for the defected jaw united by an obturator is the difference between a path of insertion and the direction of the bone defect cavity.

Thus, I supposed that an improved obturator part would enable sufficient utilization of an undercut of the jaw defect cavity after the denture for the defected jaw was divided into the denture part and the obturator part between different directions.

Therefore, we applied a magnetic attachment, which has the merit of a large degree of freedom of the insertion path to retain the divided denture and to retain and connect an improved obturator part to a denture part.

The progress report has been positive regarding divided dentures applied with a magnetic attachment.

キーワード**(Key words)**磁性アタッチメント (magnetic attachment), 顎義歯 (denture for defected jaw),
分割義歯 (the divided denture), 改良型栓塞子 (improved obturator)

I. 緒言

上顎に顎欠損を有する症例における顎義歯の維持や安定は、残存歯の有無、残存顎堤の形態および顎欠損腔の利用方法で大きく異なってくる。残存歯が多数存在する場合、顎義歯の維持は主に残存歯に求めるが、少数歯残存または無歯顎における主な維持は複雑なアンダーカットを有する顎欠損腔内方に求めることが多い。また近年では、顎義歯の維持や機能回復にインプラントが積極的に応用される時代となったが、顎補綴治療においては不適応な症例も多い。

今回、1歯残存の上顎顎欠損症例に対し、顎義歯の維持に顎欠損腔のアンダーカットを積極的に利用することを試みた。しかし栓塞子と一体化している顎義歯は着脱方向と顎欠損腔のアンダーカットの方向の違いにより、顎義歯の維持に十分な顎欠損腔のアンダーカットを利用することが困難であった。そこで、顎義歯製作に対し着脱方向が異なる義歯部と栓塞子部に分割し、栓塞子部の顎欠損腔のアンダーカットを十分に利用することを考えた。さらに義歯の着脱が可能となるように、着脱方向に自由度が大きい利点を有する磁性アタッチメントを残存歯の義歯部の維持に利用し、さらに分割した塞栓子と義歯部の保持・連結に応用した顎義歯を製作し、良好な結果を得たので報告する。

II. 症例概要

患者は65歳の女性。平成22年に上顎右側歯肉癌の診断のもと上顎部分切除術を行い上顎顎欠損となった(図1)。その後、顎義歯(以下旧顎義歯)の製作に移行した。当初、25は25、27を支台とするバーアタッチメントにより連結され、ISOおよび顎義歯の維持に利用していたが、歯周組織の状態が不良であり、保存不可能と判断し、バーアタッチメントを切断した上で抜歯した。また、12については、保存を予定していたが、旧顎義歯製作中に歯周組織の増悪が認められたため、保存不可能と判断し、抜歯を行った。予後不良歯の抜歯や顎欠損腔の形態変化に合わせて上顎左側第二大臼歯残根上の旧顎義歯を製作した(図2 a,b,c,d)。顎義歯床縁の筋圧形成および欠損腔のアンダーカットを利用し調整したが、顎義歯の維持、安定を求めることが困難であった。そこで義歯床用短期弾

性裏装材(コー・ソフト, ヨシダ, 東京)を用いて顎欠損腔のアンダーカットを十分利用することを試みたが、顎義歯の良好な維持、安定を得ることが出来なかった。

そこで、顎義歯を義歯部と栓塞子部に分割し、個別に口腔内に装着することで、より顎欠損腔のアンダーカットを利用できると考え、分割構造を有する顎義歯を製作することとした。

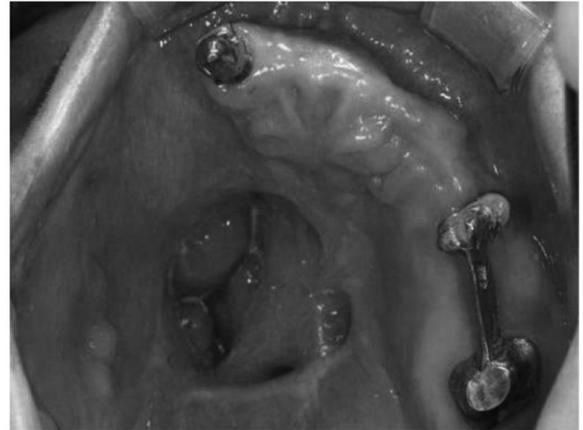


図1. 術後の上顎咬合面観

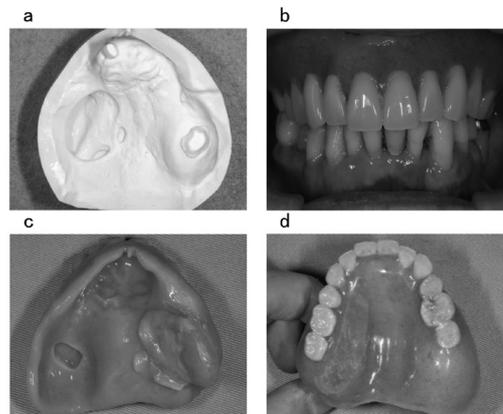


図2. 旧顎義歯

III. 分割顎義歯の製作

まず、印象において顎欠損腔のアンダーカットを十分採得するため、辺縁形成用コンパウンド(ペリコンパウンド, GC, 東京)により欠損腔内を印象し、弾性ひずみの大きい試作シリコン印象材を用い顎欠損腔内のアンダーカット領域を印象採得し作業模型を製作した(図3 a,b,c,d)。その後、通法に従ってろう義歯試適まで完了させ、作業用模型上で顎欠損腔に向けて基礎床を開窓し、次に当該部の人工歯を除去しペリコンパウンドを開窓部からアンダーカット部に填入し、その上か

らトレーレジンにて床部を製作した。栓塞子の着脱の確認を行い、人工歯を床部に再度排列し、分割された人工歯付き栓塞子を製作した(図4 a,b, c,d)。そして口腔内にて咬合関係の確認と人工歯付き栓塞子の着脱の確認を行った(図5 a,b)。通法に従ってろう義歯埋没および重合後、分割顎義歯を完成した。義歯部と分割した人工歯付き栓塞子との連結固定には磁性アタッチメント(ギガウス D1000, GC, 東京)を用いた(図6 a,b,c,d)。また残存していた上顎左側第二大臼歯に対して磁性アタッチメント(ギガウス D1000, GC, 東京)を応用し、顎欠損腔のアンダーカットと、健側部の根面アタッチメントとしての磁性アタッチメントの維持力を利用した。根面形態の磁性タッチメントは着脱方向の自由度が大きく欠損腔の着脱方向を阻害しないと考えた。本症例は術後検査のため今後もMRIの撮影を行うことが想定されるため、口腔内に装着されるキーパー付根面板は平成21年第19回日本磁気歯科学会学術大会で当科阿部らが報告したキーパー撤去を可能とした通路付根

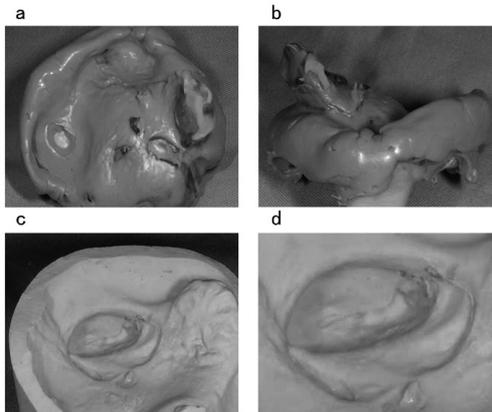


図3. 精密印象採得および作業模型

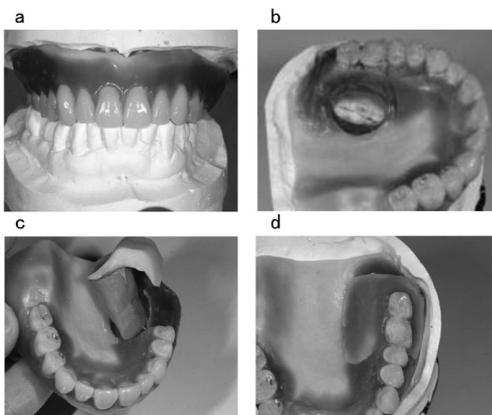


図4. 人工歯付き栓塞子製作

面板を用いた(図7 a,b,c,d)。しかし、分割顎義歯使用時に、顎欠損腔のアンダーカットによる維持が十分に得られず、口腔内で所定の位置に合わせづらといった患者からの問題提起があったため、栓塞子構造の改良を試みた。

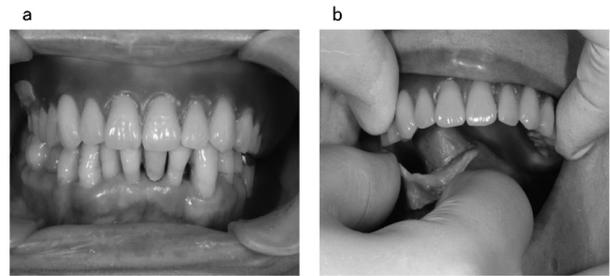


図5. 人工歯付き栓塞子の試適

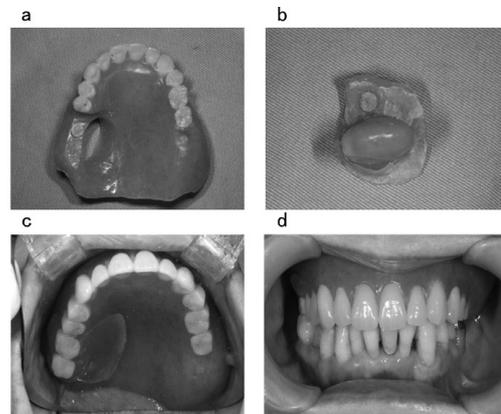


図6. 分割顎義歯完成および装着

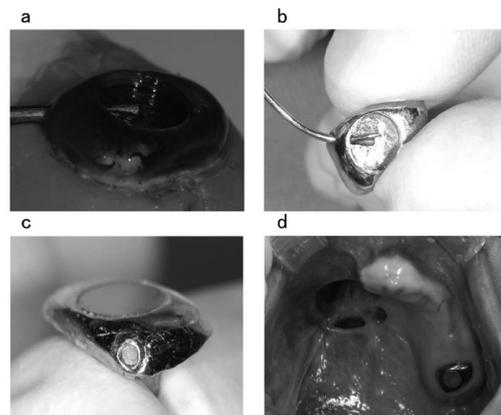


図7. キーパー撤去を可能とした通路付根面板

IV. 改良型栓塞子を用いた分割顎義歯

分割顎義歯装着時に、口腔内で所定の位置に合わせづら問題点と、顎欠損腔のアンダーカットによる維持が十分に得られなかった問題点を、栓塞子部を口蓋側部と頬側部の2つに分ける改良型栓塞子で改善することを試みた。改良型栓塞子と

して、口蓋側の栓塞子部分を義歯部と一体化とすることで義歯部が顎欠損腔内の所定の位置へスムーズに戻るようにし、頬側部の栓塞子部分は、顎欠損腔のアンダーカットをより利用できる形態にし、口蓋側栓塞子部の内側に沿って装着することで、患者自身の着脱が容易にできると考えた。

そこで、一度完成させた人工歯付き栓塞子を原型に、トレーレジンを用いて口蓋側部および頬側部の栓塞子を製作し、再度形態付与を行った(図8 a,b)。製作した頬側および口蓋側の栓塞子を床用レジンに置き換え、改良型栓塞子を製作した(図9 a,b)。改良型栓塞子形態は従来の栓塞子形態と比較して先端が大きく頬側に向けて湾曲しているため、より顎欠損腔のアンダーカットが利用できると考えられる(図10a,b)。調整を経て改良型栓塞子を用いた分割顎義歯(以下、新顎義歯)の調整および装着を行った(図11a,b)。

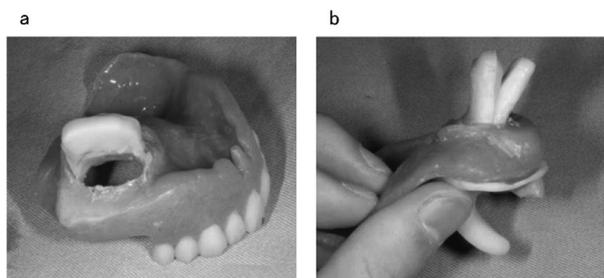


図8. 改良型栓塞子製作

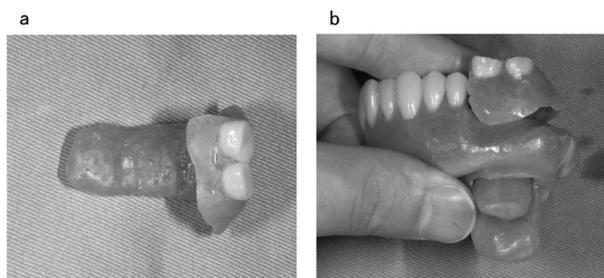


図9. 改良型栓塞子を用いた分割顎義歯完成

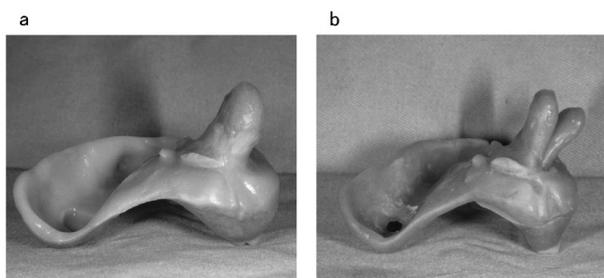


図10. 新旧顎義歯の栓塞子の比較

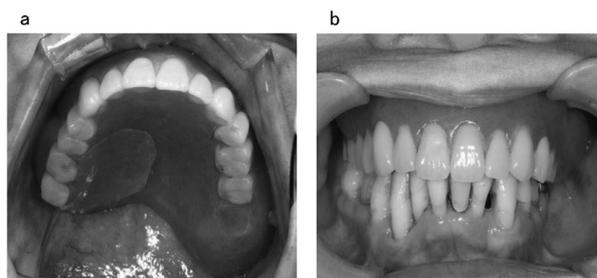


図11. 新顎義歯装着

V. 結果と考察

新顎義歯装着後に一定期間を経たのち患者に質問を行い、旧顎義歯と比較した際の患者の主観的評価を行った(表1)。評価結果から特に顎義歯の維持力と装着感において改善が認められた。旧顎義歯の重量27.4 gに対し、新顎義歯の重量34.8 gと増加したが、十分に顎欠損腔のアンダーカットを利用できたため、顎義歯の維持・安定が得られたと考える。また装着感において、旧顎義歯使用時は顎義歯の維持を得るため、軟性裏装材を用いて前歯部顎堤、上顎結節頬側、顎欠損腔のアンダーカットを利用しようと試みたが、強い圧迫感を感じ、食事以外では装着しない時もあった。しかし、新顎義歯では軟性裏装材を使用しなくても顎義歯が脱離することがないため、圧迫感も減少し長時間装着可能となった。清掃性は、軟性裏装材を用いていないため、旧顎義歯に比べ汚れが付着しにくく、また義歯用ブラシでしっかり義歯内面を磨けるようになったためデンチャープラークは少なく、清掃性は向上していると考えられる。着脱に関しては、構造的に着脱操作が困難であることが予想されたが、口蓋側部の栓塞子が顎欠損腔への挿入ガイドとして機能するため、旧顎義歯と比べて操作は変わらないが、着脱が容易になった。

表1. 旧顎義歯と比較した新顎義歯の患者評価

	新顎義歯	旧顎義歯
維持力	◎	△
装着感	◎	△
清掃性	○	△
着脱	○	△
食事	変わらない	
会話	△	○

無歯顎や少数残存歯の上顎顎欠損症例において、磁性アタッチメントを利用して義歯部と栓塞子部を分割構造とした顎義歯は、顎義歯の維持力、装着感の向上という点において有効な手段であると考えられる。しかし、従来の栓塞子が固定性である顎義歯と比べて構造上、義歯部と栓塞子部との境界からの会話時の空気の漏洩や、顎義歯の重量の増加などの改善すべき問題もあるため、今後も検討を行い、改善していく必要があると考えられる。

VI. 結論

磁性アタッチメントを用いることで、顎義歯と栓塞子を分割することが可能となり、分割した栓塞子は顎欠損腔のアンダーカットをより積極的に利用でき、顎義歯の維持・安定が向上した。

磁性アタッチメントは着脱方向への自由度が大きいため、分割構造の顎義歯の連結として有用な装置であることが示唆された。

参考文献

- 1) 中川有紀, 石上友彦, 大山哲生, 月村直樹, 永井栄一, 梅川義忠ほか. シリコン印象材を用いた上顎骨欠損部に対する新たな印象法の試み. 日本顎顔面補綴学会雑誌 2008; 31: 81-85.
- 2) 中川有紀, 石井智子, 石上友彦, 平口久子, 大山哲生, 大谷賢二ほか. 上顎欠損症例における新たなシリコン印象材の開発. 日本顎顔面補綴学会雑誌 2012; 35: 54-58.
- 3) 阿部有希, 長谷川みかげ, 宮田和幸, 梅川義忠, 豊間 均, 中林晋也ほか. MRI 対策としての KB 法キーパー着脱方法とセメントのキーパー維持力検討. 日磁歯誌 2010; 19: 88.
- 4) 阿部有希, 長谷川みかげ, 内田天童, 木内美佐, 諸隈正和, 秋田大輔ほか. キーパーボンディング法におけるセメントのキーパー維持力の検討. 日磁歯誌 2011; 20: 37-43.
- 5) 阿部有希, 長谷川みかげ, 宮田和幸, 石島学, 塩野目尚, 安田裕康ほか. MRI 対応策としてのキーパー着脱が容易な根面板の考案. 日磁歯誌 2012; 21: 37-41.

第23回日本磁気歯科学会学術大会 抄録

日 時 平成25年11月2日(土)・3日(日)
会 場 北海道登別市 第一滝本館

演題番号1「認定医」

磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーにより咬合再建を行った1症例

○川上 寧, 曾根峰世, 奥津史子, 松川高明,
豊田有美子, 根来理沙, 下川原忍, 岡本和彦,
大川周治
明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野

【諸言】

今回我々は低位咬合を呈する高度歯周病患者に対して、暫間義歯を用いて咬合再建を行い、最終義歯として磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーを装着した症例について報告する。

【症例の概要】

②①|1②, |③45⑥, ⑥54③|ブリッジ除去および321| 抜歯後に即時義歯を装着し、残存歯に対して磁性アタッチメントを用いることにより早期に維持・安定を獲得した。その後、咬合挙上および下顎位の修正を行うことにより、咀嚼機能の回復を図った。最終義歯として、|623に根面タイプの磁性アタッチメントを応用したコンプリート・オーバーデンチャーを装着したところ、口腔機能の回復および患者満足度に関して良好な結果を得ることができた。

質疑応答

質問：熊野弘一（愛知学院大学）

上顎支台歯の最終補綴をおこなっていないのはなぜか。

また、金属を使ったキーパー根面板とレジンを使ったキーパー根面板の使用の違いに何か知見があれば教えていただきたいと思います。

回答：川上 寧（明海大学）

即時義歯を安定させるということが今回マグネットを使用した1番の理由であり、マグネットの役割は即時義歯が安定した時点で終わっていると考えられるので、予後不良になる可能性のある支台

歯には最終補綴を行いませんでした。キーパー根面板の材料による違いに関しては、機械的強度やプラークの停滞などを考えると、金属を使ったキーパー根面板が第一選択であると思っています。

質問：

残根上に直接マグネットをつけた理由？

回答：川上 寧（明海大学）

即時義歯を安定させるということが今回マグネットを使用した1番の理由でマグネットの役割は即時義歯が安定した時点で終わっているなのでこの先予後不良になって抜歯になったとしてもリラインして使用してもらえらる為直接支台歯にキーパーを接着する方法で行いました。

質問：神原 亮（愛知学院大学）

最後のアンケートで痛みに関して術前後差がなかったが、実際どのようなものだったのか。

回答：曾根峰世（明海大学）

「痛み」に関するアンケートはすべて4点だと36点になります。それと比較すると、初診時のアンケートでは15点と痛みに関する数値はそれほど高くありませんでした。従って、義歯になっても数値はそれ程変化しなかったためにこのような結果になったとおもわれます。

質問：鱒見進一（九州歯科大学）

磁性アタッチメントを適用した右上6、左上23支台歯のオーバーデンチャー装着後の変化について教えてください。

回答：川上 寧（明海大学）

現状では初診時の支台歯の状態よりポケットの深化や歯槽骨の著しい吸収は認められておりません。

質問：石上友彦（日本大学）

咬合高径を上げるのに、残存の左上6の対応について教えてください。

ポストキーパーのCR充填はどのようにカルテに記載するのですか。

回答：川上 寧（明海大学）

左上6の対合歯が義歯であるため、上顎義歯を咬合挙上した結果左上6の咬合接触がなくなった

場合には、下顎義歯の人工歯にレジンを添加して対応していました。そのため左上6抜歯後は、暫間義歯にて上顎の咬合平面を決定し直しています。ポストキーパーのCR充填に関しては、今回マグネット代をいただいておりますので通常の保険診療として根面被覆で算定しております。

演題番号 2

適用法の違いから見た、磁性アタッチメント支台歯の予後

○笠間 匠，永田和裕

日本歯科大学新潟病院総合診療科

【目的】

本報告では、日本歯科大学新潟歯学部補綴科、日本歯科大学新潟病院 総合診療科および長岡市高橋歯科の3施設で行った磁性アタッチメント支台装置の予後調査に関して、適用症例を分けた評価結果を報告した。

【方法】

該当施設で行った磁性アタッチメント義歯で、予後追跡の行えた41症例：テレスコープ用 (MT) 50本、オーバードンチャー用 (OD) 129本を被検対象とした。治療経過の評価では、1) 処置を必要とする二次カリエスの発生、2) 2mm以上のポケットの増加や1度以上の動揺度の増加、および根の破折、3) 抜歯や脱落による支台歯の喪失、の3項目に分けて評価を行った。なお、脱離再セットは二次カリエスに分類した。評価方法では、発症事象の有無を評価項目として、Kaplan-Meier法を用いて生存率(トラブルの発生率)を算出した。なお、2治療群間の比較では、Generalized Wilcoxon 検定と、長期予後評価を想定した Log-Rank 検定を使用した。

【結果、考察】

二次カリエスの平均事象発生率はMT=14.0%，OD=20.3%60月時発生率はMT=28.8%，OD=48.1%であった。統計解析では、GW:P=0.05269，LR:P=0.04102で、両治療群間の有意差は認めなかった。

歯周病の増悪の平均事象発生率は、MT=8.0%，OD=21.7%60月時発生率は、MT=14.9%，OD=

39.9%であった。統計解析では、GW:P=0.02870，LR:P=0.02391 で、ODが有意に多かった。

喪失の平均事象発生率は、MT=0%，OD=8.5%60月時発生率は、MT=0%，OD=13.3%であった。統計解析では、GW:P=0.05269，LR:P=0.04102で、ODが有意に多かった。

以上の結果より、長期症例では、MTとODの二次カリエスの発生と、ODにおける歯周病の増悪が比較的高率で観察され、これらに対する積極的な予防と対策が必要と判断された。なお、MTとODの比較では、歯周病の増悪と、支台歯の喪失において有意差を認め、MTの予後が良かったが、ODとMTでは支台歯の状態が異なるため、治療法自体の比較では、適用条件を揃えたマッチングが必要である。

質問：中村好徳(愛知学院大学)

・2次カリエス、歯周病の増悪の評価に Kaplan-Meier の生存曲線を用いて生存率で示すのはどうか？

・2次カリエスの発生が多いとの結果であったが、使用金属の影響も多いのでは？

回答：永田和裕(日本歯科大学新潟病院)

・TLとODで適応症例が異なる場合があるため、正確な比較は行えません。従って、TLでもODでも二次カリエスの発生が多いことがポイントだと思います。

・Kaplan-Meier は評価項目が2値が可能なら適用可能です。

・ほとんどの症例が、タイプIV金合金を使用しているため、使用金属の差は不明です。

質問：鱒見進一(九州歯科大学)

適応基準として良好な支台歯はTL、ポケット等の深い良好ではない支台歯はODとしているため、予後調査をした場合とは、今回のような結果となるのは当然と思われます。

良好な支台歯にODを選択した場合にどうなのか？良好ではない支台歯にTLを選択した場合にどうなのか？といったデータが必要と考えます。

回答：永田和裕(日本歯科大学新潟病院)

2治療群間での厳密な比較を行うためには、症例のマッチングが必要だと考えています。今回は傾向を見るのが目的で、特別な評価を行っていませんが、今後は術前のデータを参考にマッチング

を行っていききたいと思います。

質問：中林晋也（日本歯科大学）

2次カリエスや動揺度、ポケットの増加は義歯形態（唾液の自浄性）や、テレスコープであれば、2次固定効果が得られるので結果が変わるのではないか？

回答：永田和裕（日本歯科大学新潟病院）

歯周病の発生では差がみられますが、二次カリエスの発生に関しては、差を認めず、テレスコープ化のメリットは示されていません。

質問：石上友彦（日本大学）

支台歯のマーzinが象牙質かエナメル質の違いで2次カリエスの発生に差があるのではないですか。

回答：永田和裕（日本歯科大学新潟病院）

マーzinの設定位置と二次カリエスとの関連はあると思います。セメント質にマーzinを設定する場合には、2次カリエスのリスクが高くなると思います。

演題番号 3

磁性アタッチメントを用いた下顎即時荷重インプラントオーバーデンチャーの無作為化比較臨床試験（経過報告）

○大村友理，金澤 学，小田 憲，佐藤大輔¹，春日井昇平¹，水口俊介

東京医科歯科大学大学院高齢者歯科学分野

¹東京医科歯科大学大学院インプラント・

口腔再生医学分野

【目的】

McGill Consensus Statementにおいて、下顎無歯顎症例に対する第一選択は2本のインプラントを維持源としたインプラントオーバーデンチャー（以下2-IOD）であると述べられている。2-IODの即時荷重に関する報告はなされているものの、磁性アタッチメントを使用したIODの研究は多くない。本研究は、無作為化比較臨床試験により、磁性アタッチメントを用いたIOD患者の主観的評価（QoL，患者満足度）を即時荷重群と通常荷重群で比較することを目的とした。

【方法】

下顎無歯顎患者19名を、即時荷重群10名：通常荷重群9名に割り付けた。全部床義歯製作後、CT撮影および埋入シミュレーションを行い、サージカルガイドを製作した。これを用い、フラップレスにてインプラント埋入術を施行した。即時荷重群はインプラント埋入同日、通常荷重群は埋入から3カ月後にキーパー及び磁石構造体（マグフィットIP，愛知製鋼）を装着した。通常荷重群は3カ月間インプラントに応力をかけないよう、粘膜面をリリーフした義歯を使用した。患者の主観的評価として、自記式質問票（OHIP-EDENT-J，100mmVASによる患者満足度）を用いた。術前およびインプラント埋入3カ月後に評価を実施した。今回被験者19名中、術後3カ月経過した12名（即時荷重群7名：通常荷重群5名）を対象として解析を行った。それぞれ質問票スコアの術前後の差に対して、群間比較としてMann-Whitney検定、群内比較としてWilcoxonの符号付順位検定を行った。有意水準は5%とした。

【方法】

OHIPに関しては、2群間に有意な差は認めなかった。ただし、通常荷重群では3カ月後にスコアが上昇し、QoLの低下が見られた。患者満足度に関しては、即時荷重群が通常荷重群と比較して有意に上昇したことが認められた。このことから、磁性アタッチメントを使用した即時荷重IODは患者満足度をより早期に上昇させることができる術式であることが示唆された。

質問：中村好徳（愛知学院大学）

即時荷重と通常荷重での患者の主観的評価を比較した実験であるが埋入位置、顎堤の状態に大きく影響を受けられるのでは？

回答：大村友理（東京医科歯科大学）

今回は症例によって荷重時期を区別していませんが、顎堤条件に関わらず即時過重を行っても良好な結果を得ています。

質問：田中譲治（千葉県柏市開業）

非常に素晴らしい研究ありがとうございます。是非とも論文にして下されれば幸いです。今回の研究では触れていないので参考でよいのですが、他の維持装置でなく、磁性アタッチメントを使用したことで良好な結果が得られた感覚はありました。

でしょうか？

回答：大村友理（東京医科歯科大学）

前歯部の顎堤が残っておりクリアランスが少ない症例にも応用できたのは有効であったと感じています。

質問：鱒見進一（九州歯科大学）

即時荷重を加えることによって義歯が安定するのは当然ですので、結果として即時荷重の方が良いということになるが、長期的なインプラント体の状態を観察しないと何とも言えないとおもいます。

また、磁性アタッチメントについて観察したいのであれば、即時荷重を加えた群内で、他のアタッチメントとの比較検討を行った方が良いと思います。

回答：大村友理（東京医科歯科大学）

X線写真の定期的な撮影も行っていますので、インプラント生存率とともにインプラント周囲骨吸収量を併せて即時過重を評価していきたいと考えます。

質問：田中貴信（愛知学院大学）

即時荷重か通常荷重かは、基本的にインプラント自体の定着性、術後経過に関係する事であると考えるが、それを患者の満足度で評価することが全く理解できません。また、磁性アタッチメントの意義に関する評価に直結しているという意味なのか？

回答：大村友理（東京医科歯科大学）

本研究ではインプラント体の微小動揺などを測定していませんが本来は必要であったと思います。臨床的にインプラントが機能していることを観察していきたいと考えています。

質問：石上友彦（日本大学）

即時荷重をして良いエビデンスを教えてください。

回答：大村友理（東京医科歯科大学）

通常荷重の方がインプラント体を守るメリットはもちろんあります。即時過重でも生存率が高いという過去の研究を基に、高い患者満足度も付随した結果が出せたらと考えています。

座長総括（演題番号 1, 2, 3）

愛知学院大学・中村好徳

演題 1

高度歯周病患者に対して、多数歯の抜歯後、暫間義歯を用いて咬合挙上および下顎位の修正を行い、最終義歯として磁性アタッチメントを利用したオーバーデンチャーを装着した咀嚼機能、審美機能の回復を行った臨床報告である。左上6に暫間的にポストキーパーを使用することにより、暫間義歯の維持・安定が向上し、咬合面再構成が適切に行われた。最終義歯にも磁性アタッチメントを用いてコンプリート・オーバーデンチャーを装着し、口腔機能の回復および患者満足度に関して良好な結果が得られた報告であった。今後、本症例の経過観察についての報告も希望します。

演題 2

多施設で行った磁性アタッチメント支台装置の予後調査に関して、適用症例を分けた評価結果の報告ある。調査対象は、テレスコープ用（MT）50本、オーバーデンチャー用（OD）129本であり、MTとODの二次カリエスの発生と、ODにおける歯周病の増悪が比較的高率で観察され、MTとODの比較では、歯周病の増悪と、支台歯の喪失において、MTの予後が良かった結果となった。しかし、MTとOD治療前の歯根の状態が異なり単純に比較は出来ないと思われる。

この種のデータは学会としても非常に重要であり、今後の長期的な予後調査の報告を期待します。

演題 3

本研究は、無作為化比較臨床試験により、磁性アタッチメントを用いたインプラントオーバーデンチャー患者の主観的評価を即時荷重群と通常荷重群で比較した報告であった。調査対象は、下顎無歯顎患者19名中、術後3カ月経過した12名で即時荷重群7名、通常荷重群5名であった。患者満足度に関しては、即時荷重群が通常荷重群と比較して有意に上昇したことが認められた。このことから、磁性アタッチメントを使用した即時荷重インプラントオーバーデンチャーは、患者満足度をより早期に上昇させることが可能であることが報告

された。即時荷重により早期から義歯が安定するのは当然であるが、長期的なインプラント体の生存率およびインプラント周囲骨吸収量等も経時的に観察して頂き、今後の報告に期待します。

演題番号 4

MRI 撮影時の磁性アタッチメントキーパーに生じるトルク力の検討

○石井 拓, 長谷川みかげ, 阿部有希, 渋谷哲勇, 大久保貴久, 鴨川紫乃, 中林晋也, 大山哲生, 月村直樹, 石上友彦

日本大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座

【目的】

MRI 撮影中に、磁性アタッチメントのキーパーには、長径が静磁場に平行になるようなトルク力が生じることが知られている。本実験では、MRI 装置中での磁性アタッチメントの生体安全性の評価の一つとして、静磁場がキーパーに及ぼすトルク力を検証した。

【方法】

MRI 装置として AIRIS VENTO 0.3T (日立メディコ) を用いた。ねじりバネ定数の変化により角度を求めるトルク測定装置を作製し、試料として GC 社製キーパー (GIGAUS D400, D600, D800 および D1000) を設置した。測定は MRI 装置の磁場中心において 3 軸方向で 3 回回りキーパーの回転角度の最大値を求めた。MICRO TORQUE DRIVER (東日製作所) を用いて得られた角度を再現させトルク力を数値化し、静磁場強度 3.0 T 中でキーパーに生じるトルク力に換算した。

【結果、考察】

トルク力はキーパーの大きさに比例して上昇する傾向がみられた。D1000 では、3.0 T 装置中において 26.5 mN・m 程度のトルク力が加わることが示唆された。

質問：田中貴信 (愛知学院大学)

MRI 磁場は静磁場のはずだが、その中に設置された磁性材料がトルクを受けることは理解できるが、約 1℃ と言われましたが、発熱するエネルギー源はどのように理解すれば良いのか？

回答：芥川正武 (徳島大学)

MRI の撮像時には静磁界だけではなくラーモア周波数に対応する高周波磁界やスライス選択時の傾斜磁界など様々な変動磁界がかけられております。このためキーパーには誘導電流が流れ、熱が発生することになります。

質問：鱒見進一 (九州歯科大学)

実験結果として得られた結果は、臨床的にどのような影響を及ぼすのでしょうか？

回答：石井 拓 (日本大学)

患者さん歯科医療従事者および歯科放射線技師に対して適切な値を提示することは、磁性アタッチメントの MRI 装置に対する安全性について最も重要なことだと考えています。

質問：高田雄京 (東北大学)

①磁率の低い材料を用いて実験値と MRI 中の値を比較し、換算した値の妥当性を示したら実験の精度を示すことができるのではないだろうか。

②キーパー (XM27) の飽和磁束密度が 0.05 T となっているが正しいか。約 1.4~1.6 T で飽和するのではないか。

回答：石井 拓 (日本大学)

①今後は、更なる検討を行いたいと思います。

②今回行った予備実験では、外部磁場強度が約 0.05 T でキーパーが飽和磁束密度に達すると結果が出ました。

演題番号 5

キーパーの材質や形状による MRI アーチファクトの変化についての理論的検討

○笹木洋平, 芥川正武¹, 木内陽介¹

徳島大学大学院先端技術科学教育部

¹徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

【目的】

磁性アタッチメントのキーパーを装着したままの MRI 撮像は、画像にアーチファクトを及ぼす。そのため MRI 撮像時における、キーパーによる金属アーチファクトを、計算機シミュレーションを用いて理論的検討を行う。そして、MR 画像の歪みを正確に近似し、キーパーの形状や材質によるアーチファクトの範囲の違いを理論的に求め

ることを目的とする。

【方法】

MRI 内部の静磁界，傾斜磁界に加えて，磁気ダイポールの理論式を用いて磁化したキーパーを近似し，撮像領域内における磁束密度を求める。そして本来の座標と，アーチファクトを帯びて画像化される座標の関係を定義する。この関係より画像を出力し検討を行った。また，磁化したキーパーから発生する磁界は，キーパーの形状や材質によって変化するので，磁気ダイポールのモーメント量を変化させ，金属アーチファクトの変化を比較検討した。

【結果，考察】

キーパーによる撮像領域内における座標の変化を定義し，実測画像と酷似する画像を出力できた。厳密には MRI の仕様，撮像条件などを考慮する必要はあるが，簡易的に範囲を求めることは可能であると思われる。またキーパーの材質や形状が変化すると，金属アーチファクトの範囲が変化することが確認できた。これより，脳等の画像歪みを引き起こす可能性の有無を，キーパーのモーメント量により求めることが期待できる。

質問：土田富士夫（神奈川県開業）

今回の研究を発展させることでアーチファクトの影響で不明な正常像の推測が可能か？（例えばスライス面ごとの変化や傾向を考慮して推測するなどの）

回答：笹木洋平（徳島大学）

強磁性体であるキーパーの金属アーチファクトの復元は，画像の欠損や歪みが大きく復元は不可能だと考えております。現在，MRI の技術として小さなクリップ等であれば金属アーチファクトによる座標点の変化が明らかになってきております。

質問：高田雄京（東北大学）

アーチファクトを補正できる材料の磁化率ほどの程度か。

回答：笹木洋平（徳島大学）

現在は検討しておりません。金属アーチファクトを完全に消すことは不可能ですので，どの辺りに診断の可または不可のしきい値を設定するかは撮像部位によりけりだと考えております。

演題番号 6

歯髄幹細胞の磁場刺激に対する反応についての検討

○秦 正樹，大見真衣子，福澤 蘭，小島規永，
中村好徳，尾澤昌悟，田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

【目的】

歯髄幹細胞は歯髄組織に存在する未分化間葉系幹細胞で，高い増殖能，多分化能を持つ。また凍結保存後も多分化能を維持し，免疫抑制作用を持ち，抜去歯から抽出可能なため，再生医療における有力な細胞ソースとして期待されている。細胞移植を行う際，細胞数と細胞の機能維持が重要となる。これまでに我々は伸展刺激が細胞増殖，分化に影響を与えることを報告してきた。今回，歯髄幹細胞の磁場刺激に対する反応について検討を行った。

【方法】

6 週齢雄性 SD ラットの中切歯より酵素処理を行い歯髄幹細胞 (dental pulp stem cells ; DPSCs) を分離培養し，フローサイトメトリーを用いて同定を行った。その後，脂肪細胞と骨芽細胞への分化誘導を行い，oil red O 染色，FABP 免疫染色，ALP 染色，osteocalcin 免疫染色を行った。続いてセミコンフルエントの DPSCs に磁場刺激を加え，細胞増殖能，骨分化能，石灰化形成能について解析を行った。磁場刺激は既法に従い，0.4T，0.17Hz にて 6 時間曝磁した。

【結果，考察】

表面抗原は，CD29 (83,5%)，CD90 (96,4%)，CD49d (61,2%)，CD34 (1,4%)，CD45 (0,03%) であった。脂肪，骨分化誘導，染色により脂肪細胞，骨芽細胞への分化が確認された。歯髄幹細胞への磁場刺激は刺激後 15 時間の細胞増殖能を増加させた。また，2 週間磁場刺激を加えた結果，骨分化能は促進され，石灰化形成能については control 群と比較すると差は確認されなかった。これらの結果より，磁場刺激は歯髄幹細胞の増殖能を活性化させ，骨分化能を促進させた。

質問：高田雄京（東北大学）

胞増殖において長時間の磁場の付与は増殖を維持できるのか。その後の増殖変化はどのようなになるか

回答：秦 正樹（愛知学院大学）

可能性はありますが、細胞への悪影響（例えば、癌化、核の異型性、多型性）も起こりやすくなるかもしれません。

これまでは6時間の刺激を一度当てて経過を見えています。強くすると分化能は上がるかもしれませんが、悪影響のリスクも上がる可能性があります。

演題番号 7

MI センサを用いた嚙下運動測定における体動除去の検討

○工藤伸，芥川正武¹，木内陽介¹，市川哲雄²，
本釜聖子²

徳島大学院先端技術科学教育部

¹徳島大学ソシオテクノサイエンス研究部

²徳島大学ヘルスバイオサイエンス研究部

【目的】

リハビリテーションや在宅医療の領域において摂食嚙下障害に対する関心が高まっている。摂食嚙下障害のスクリーニングテストである反復唾液嚙下テスト（RSST）の自動化を目的として、MI センサを用いた嚙下運動測定方法を提案し、検討を行った。MI センサを用いた方法は、嚙下時の喉頭隆起部の動きを詳細に観察できるという利点がある反面、体動等による地磁気の影響を受け嚙下波形が見えなくなり、測定が困難となる場合がある。そこで、今回はMI センサを2つ用いて測定することで、体動による地磁気の影響を低減できるかを実験により検討し、MI センサ1つのみの結果と比較を行った。

【方法】

永久磁石を喉頭隆起に、MI センサの1つを胸骨の頸切根上部に固定する。2つ目のセンサは嚙下による磁石の影響をできるだけ受けない位置に固定し、RSSTと同様に空嚙下を40秒間測定した。センサの1つは嚙下運動と体動による地磁気の両

方を検出し、もう1つは体動による地磁気のみを検出するように配置する。また同じボード上に設置してあるため、両センサの地磁気による出力は等しくなる。そこでこれらの出力の差分をとることによって、嚙下による出力のみを取得できると考え、測定を行った。

【結果、考察】

今回は2つのセンサを用いてその出力の差分をとることにより、体動による地磁気の影響を低減することができた。このことによって、ある程度の体動があった場合でも嚙下運動を測定することができる。しかし、磁石とセンサとの相対的な距離が変わるような体動が発生した場合、差分をとるだけでは体動の低減が不十分であった。このため、体動と嚙下の波形を分離する方法の確立が必要である。

質問：大川周治（明海大学）

女性のような喉頭隆起が明瞭でない被験者でも検出に問題はないか。

回答：工藤 伸（徳島大学）

今回10名の測定を行いそのうち女性を2名健常者の方を測定しました。確かに女性のほうが喉頭隆起部の動きが小さいです。しかし、今回は女性の嚙下も問題なく測定できており、体動を低減できる条件についても男女の差は見られませんでした。

質問：高田雄京（東北大学）

①地球のどの位置においても地磁気の影響をキャンセルできるか

②MI センサーを用いた利点を示してください。

回答：芥川正武（徳島大学）

地磁気の大きさ・方向は地域によって異なりますので測定毎にキャリブレーションを行う必要があります。ただ方法自体は今回のものを利用すれば大丈夫です。

回答：工藤 伸（徳島大学）

現在は嚙下音を測定することで嚙下が発生した時刻がほぼ正確にわかると考えています。MI センサを用いたときの利点は、スクリーニングの段階で喉頭隆起に取り付けた磁石の動きを測定することができると考えています。しかし、今回はそこまで発展はしておらず、今後進めていきたいと思えます。

座長総括 (演題番号 4, 5, 6, 7)

東北大学・高田雄京

演題番号 4

MRI 撮影時にキーパーに生じる力学的影響の一つとしてトルクに着目し、独自の測定機を作製して解析した研究である。3Tの強磁場中におけるキーパー回転角度からキーパーに加わるトルクを換算し、数値化することでキーパーの大きさに比例してトルクが増加することを示した。直接測定しにくい強磁場中でのトルクを汎用品であるMICRO TORQUE DRIVERを利用することで数値化に成功したことは評価に値する。できれば、数値の精度を示す実験を追加し、数値化の信頼性を示せばさらに有用なデータ提供となると期待できる。今後更に強磁場になりつつあるMRIにおいて、キーパーの力学的影響や発熱現象の解析が必要となることから、歯科用磁性アタッチメントの安全性においても期待される研究である。

演題番号 5

MRI 撮影におけるアーチファクトの範囲をシミュレーションによって示し、事前に歪みの生じる範囲を論理的に予測可能であることを示唆した研究である。強磁性体であるキーパーのみならず、常磁性体の歯科用合金においても少なからずアーチファクトが生じる現状では、アーチファクトの存在を巧みに避けてその影響が最も少ない条件下で病巣を診断しなければならない。そのため、アーチファクト範囲の事前予測の可能性は臨床において大きな支援となることが予想される。磁化率の小さい材料開発とともに、シミュレーションによるアーチファクトの予測は、今後のMRI撮影による診断に大きく寄与するものと期待される。

演題番号 6

変動磁場による刺激が歯髄幹細胞に与える影響を細胞の分化、増殖能、活性化等の面から調べ、再生医療への応用を見据えた研究である。比較的low周波の変動磁場刺激を歯髄幹細胞に12時間付与すると、骨芽細胞への分化が見られ、増殖能と増殖活性が現れたことを明らかにした。長時間の変動磁場刺激についての情報がまだ得られていないため、このまま増殖が進行するのか、あるいは長

時間の刺激によって増殖に悪影響を示すのか、刺激の付与時間による影響が興味深い。細胞の分化誘導を含め、細胞増殖等に及ぼす長時間の変動磁場刺激の影響について新たな知見提供に期待するところである。

演題番号 7

従来のMIセンサを用いた嚙下運動測定法を更に進化させ、2個のMIセンサの差分を利用して地磁気と体動の影響を抑制する新しい測定法の研究である。地磁気の異なる地域においては、その地域におけるキャリブレーションを行うことで対応でき、体動による地磁気の影響を抑制できることから、MIセンサを用いた測定法の改善が伺える。2個のMIセンサの波形分離等の課題も明確に示された研究であり、より苦痛なく、簡便に正確に嚙下運動を測定できる方法の確立は、嚙下障害の医療に大きく貢献すると思われ、本研究の今後の発展に大きく期待する次第である。

演題番号 8

リニアボールスライドを用いたISO測定ジグによる磁性アタッチメントの維持力測定

○須田賢司, 梅川義忠, 長谷川みかげ, 塩野目尚, 安田裕康, 大谷賢二, 永井栄一, 豊間均, 石上友彦

日本大学歯学部歯科補綴学第II講座

【目的】

オーバードンチャーに磁性アタッチメントを適用する際に、支台歯の歯軸傾斜や人工歯排列の都合から、キーパーを傾斜した状態で根面に装着することは少なくない。支台歯への荷重条件について検討した当講座の過去の報告からも、支台歯の条件によっては磁性アタッチメント吸着面を咬合平面に対して傾斜させた方が有利となることが示されている。これまでも本学術大会において、傾斜角度の変化と維持力の関係について報告してきたが、今回ISO規格ジグの改訂に伴い、再度、キーパーの傾斜角度を変化させ、従来の試験方法によるデータとの整合性を確認した。

【方法】

磁性アタッチメントとしてGC社製ギガウスD600磁石構造体およびKBキーパーを使用した。実験用ジグとして、従来より使用している日大型引張試験用ジグと、ISO規格引張試験用ジグを使用した。実験1として、既定のアクリル角柱および真鍮製試料ホルダに磁性アタッチメントを装着し、万能試験機（EZ-TEST 島津製作所）上で維持力測定を行い、日大型ジグとISOジグの比較を行った。実験2としてキーパー上面が牽引方向と直交するものを 0° とし、 90° まで上面の角度を変化させた試験体を製作し、維持力の変化を測定した。ISOジグへの試験体の固定には試料ホルダを新たに製作し、使用した。すべての試験は、クロスヘッドスピード5.0mm/minで各5回ずつの測定を行い、平均値を求め維持力の値とした。

【結果、考察】

実験1において、日大型ジグは $5.10 \pm 0.08\text{N}$ 、ISOジグは $5.04 \pm 0.05\text{N}$ の維持力を示し、有意な差は見られなかった。実験2において、キーパーの傾斜角度増加に伴い維持力が減衰することが示された。また、日大型ジグによる過去の報告はISO規格ジグと整合し、従来のデータの信頼性が示された。維持力測定実験には高い精密性が必要であることが示唆された。

質問：中村好徳（愛知学院大学）

磁石構造体を斜めに引き上げると吸引力が低下するとの結果であったが、物理的にどう説明できますか？

回答：須田賢司（日本大学）

垂直および水平方向に分解されるため吸引力が減少します。

追加：高田雄京（東北大学）

吸着面の法線に対して角度 θ に傾いた方向で引張力を加えたとなると傾きを与えない時の吸引力の $\text{COS}\theta$ 倍になるため吸引力は減少します。

質問：高田雄京（東北大学）

本実験では、横すべりを規制した条件で傾きを与え、吸引力を測定しているが、横すべりを含めた吸引力を示すべきではないか。

回答：須田賢司（日本大学）

磁性アタッチメント単独では横すべりの程度を

規定しづらいため、義歯モデルを作製し臨床的な条件で測定する実験を行っています。

演題番号 9

簡易型磁性アタッチメント吸引力測定装置の開発 —第2報—

○庄司和伸, 中村好徳, 神原 亮, 高橋正敏¹, 高田雄京¹, 田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

¹東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

ISO規格における磁性アタッチメントの吸引力測定システムとしては、高性能な引張り試験機と牽引方向を規制し可及的に摩擦抵抗を排除できる治具が必要不可欠である。現在、ISO13017には、当科考案の2軸性治具および高性能引張り試験機が提示されている。しかし、この吸引力測定システムを用いる場合、高度な治具および高性能引張り試験機が必要であるため、汎用性に欠けることが危惧される。2軸性治具において、高精度な測定が可能な半面、構造が若干複雑である事、製作費も比較的高価である事から世界各国においては、製作が容易ではないという問題点が挙げられた。そこで、ISO対策委員会より、1軸性に簡易化した改良ジグが開発された。これは、2軸性治具を用いた測定と比較して、問題の無い値と標準偏差を示したので、その有用性が確認された。現在、新たにISO測定治具となっている。これにより治具の汎用化が図られたが、我々は、引張り試験機に注目し、この簡易化も図るに至った。

そこで、ジグ・引張り試験機一体型であり、安価で容易に製作できる簡易型吸引力測定装置を東北大学と共同開発し、この測定精度についての検証を行った。

開発したジグ・引張り試験機一体の簡易型吸引力測定装置は、既製品を組み合わせることで製作した装置に新たなISO測定ジグを組み込んだものである。測定値は、イマダ社製デジタルフォースゲージにて最大荷重50Nまで表示される。測定開始ネジにより、キーパーの付いた下部ステージを自重により降下させ、加速度が生じない様、ダッシュポット（メイユウ社製キネチェック）を用いクロ

スヘッドスピードを5mm/min以下の4.4mm/minにコントロールした。

この一体型吸引力測定装置を用いた測定法による測定結果と従来型の2つの測定法の測定結果とを比較した。測定試料には、ジーシー社製ギガウスC600を用いた。結果は、2軸性冶具を用いた測定法では5.81N、ISO測定冶具を用いた測定法では5.71N、開発した簡易型吸引力測定装置を用いた測定法では5.79Nであった。

従来型の測定法の結果と比較して今回開発した簡易型吸引力測定装置を用いた測定法の測定結果において有意な差は認められなかった。

引張り試験で無く、ダッシュポットを用い、一定速度で降下させる手法を取り入れたことで、測定時に発生する摩擦抵抗を小さくできた。国内外におけるラウンドロビンテストに対応できる安価で簡便な装置であり、磁性タッチメントの吸引力測定において、有用性が示された。

質問：石上友彦（日本大学）

今後は、どの測定法をしていくのか？

回答：庄司和伸（愛知学院大学）

今回、開発した測定装置もISOジグを使用しているため測定法としてはそのままです。測定機に関して簡易化を図ったものにISOジグを取り付けた形です。

追加：中村好徳（愛知学院大学）

今回、当講座で開発した簡易型吸引力測定装置は新しいジグ開発でなく、高価な引張り試験機を簡易化し汎用性を高めた装置であります。今回、開発した試験機にISOジグを組み込んで簡易型吸引力測定装置とします。

質問：田中貴信（愛知学院大学）

ジグに簡便な荷重装置を組み込んだ。如何なる地域でも簡便に制作できる新しい測定装置を我々は今後どの様にPRしてゆけば良いのか？

又、この簡易計測装置を新たなISO規格として現状のものに置換していくことを目指すのか？

回答：高田雄京（東北大学）

ISOジグを利用した引張り試験機に代わる測定機を開発したものであり、高価な引張り試験機がなくても安価で高性能なフォースゲージでISO13017に従った測定が可能になります。世界に広くISOジグが利用されるための研究です。ISOジグ

（維持力測定ジグ）についてはその構造がISO13017で規格化しているが、測定機に関しては測定精度と引張速度のみの規定なので本研究で開発された測定装置をISO13017の規定に加える必要はございません。

追加：梅川義忠（日本大学）

日大型ジグは構造そのものはISO型と全く同じですので、日大だけが国際規格から外れることを意図している訳ではなく、先生方と同様、今後もともにISO規格の推進に努める所存です。

演題番号 10

ISO13017における吸引力測定方法の記載内容に関する評価

○庄司和伸, 中村好徳, 神原 亮, 高橋正敏¹, 高田雄京¹, 田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

¹東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

2012年、7月に歯科用磁性アタッチメントのISO13017の発行に伴い、不明瞭であった吸引力測定法に関しても国際標準化が進められる様になった。国際標準とするためには、測定精度と再現性に優れていることに加え、汎用性にも優れたものが推奨される。そこで、2010年よりISO対策委員会において、測定ジグ・測定方法（固定法）の改良が図られ、新たにISO13017規格書修正案が作製された。それに伴い我々は、規格書修正案の記載内容の妥当性を確認することが必要であると考えた。

そこで今回、ISO13017規格書修正案に記載された吸引力測定法の説明文を初めて読んだ者が、どの程度内容を理解し、正確な測定が行えるかを検証し、規格書修正案の記載内容を評価することを目的とした。

検証手順としては、以下の3ステージを設定し、吸引力の測定経験のない者5名（A, B, C, D, E）を選出し、吸引力測定を行わせた。ステージ1：測定者各自で規格書修正案のみを参照し測定。ステージ2：不明な点について熟練者に質問後測定。ステージ3：熟練者による測定を見た後に測定。全ステージ終了後にフィードバックを行うと

いう流れである。測定試料には、ギガウスC600（ジーシー）を測定装置には、簡易型吸引力測定装置を用いた。クロスヘッドスピード4.4mm/minで試料数1個、測定回数10回、着脱回数各ステージ5回の測定を行わせた。

その結果、測定者A, B, Cについては、ステージ1からステージ3まで安定した測定値が得られた。また、ステージ3に向かうにつれて、標準偏差が小さくなった。測定者D, Eでは、ステージ2, 3においては、安定した測定値が得られたが、ステージ1においては、目安となる表示値の85%より低い測定値となったので、それぞれのステージ1の5回の測定を確認した。測定者Dでは、安定した測定値が1度しか確認できなかった。測定者Eは、着脱を繰り返すことで、安定した測定が行える様になっている事が確認された。

測定時の着脱を数回行うことによって、5名中4名は正確な測定値が得られた。残りの1名は、操作時のエラーによる影響が大きく、記載文の明解度には関連が認められなかった。以上の事から、規格書修正案の有用性が示された。

質問：石上友彦（日本大学）

1回目の測定が低い値であった者はどういった原因が考えられるか？

回答：庄司和伸（愛知学院大学）

規格書の説明文の理解ができてなく、吸着面のズレもしくは傾斜が生じてしまったためと考えます。

追加：中村好徳（愛知学院大学）

ステージ1の1回目から吸引力が低い理由は測定技術的な問題と規格書の理解度が低いことがあげられる。

演題番号 11

軟質裏装材を用いた磁石構造体の保持に関する研究

○岡山章太郎, 新保秀仁, 大久保力廣

鶴見大学歯学部 有床義歯補綴学講座

【目的】

磁性アタッチメントの臨床操作の中で、常温重合レジンを用いて磁石構造体を義歯に装着する際には、キーパー周囲のアンダーカットに十分に留意する必要がある。本研究は常温重合レジンに換えて軟質裏装材を用いて磁石構造体を義歯に装着することを目的に、磁石構造体の形態および保持方法に関して実験的検討を行った。

【方法】

3種類のウイングおよびアンダーカットを付与した磁石構造体を試作し、既存の磁石構造体と比較した。磁石構造体上面の表面処理は接着性レジン系セメント（スーパーボンド、サンメディカル）、金属接着性プライマー（アロイプライマー、クラレ）、表面処理なしの3条件とした。軟質裏装材（ソフトライナー、ジーシー）の硬さはメーカー指示に従った標準粉液比およびポリマー量1.5倍の2条件とした。常温重合レジンにて製作した実験用ジグ内に軟質裏装材を使用し、磁石構造体を保持した後、磁石構造体がジグから離脱する引張強さを保持力とした。引張試験は万能試験機（EZ-S 200N, SHIMADZU）を用いて、クロスヘッドスピード1.0mm/minにて行った。なお試料は各条件につき、5個ずつ計120個製作した。得られたデータは一元配置分散分析後、Tukeyの多重比較検定およびt検定にて統計解析を行った。

【結果、考察】

表面処理の影響に関しては接着性レジン系セメントが金属接着性プライマーおよび表面処理なしと比較して高い引張強さを示す傾向にあったものの、アンダーカット量および軟質裏装材の粉液比にかかわらず、有意差は認められなかった。磁石構造体の上面にアンダーカットとなるウイングを付与することにより、保持力が増大する傾向が認められた。アンダーカットを付与した全ての試作

磁石構造体において、軟質裏装材を用いて一体化させた保持力は1,000gf以上であった。使用した磁石構造体の吸引力が約560gfであることから、試作磁石構造体は軟質裏装材により義歯床内に保持できる可能性が示唆された。

質問：安田裕康（日本大学）

1. 清掃性について、問題はないのか？
2. 長期的な使用は難しいと思うのですが、どうするか教えてほしい。
3. 他の軟質裏装材では問題ないのか？

回答：岡山章太郎（鶴見大学）

軟質裏装材の清掃性は、レジンと比較してもさほど良好ではないが、定期的な管理により今回の臨床では比較的長期に渡って機能する場合もあると考えられます。

軟質裏装材間の比較に関しては試作磁石構造体に関して一般的に軟質裏装材ではどうなのかと考え、ソフトライナーを使用し、裏装材間の比較も考えておりますのでご理解頂きますよう宜しくお願い致します。

質問：石上友彦（日本大学）

弾性体を支台装置に組み込むと磁性アタッチメントの非機能的な力ですぐはずれてくれる利点が無くなり、支台歯に悪影響が及びませんか。

回答：大久保力廣（鶴見大学）

常温重合レジンを用いた磁石構造体の装着が困難なことから代替となる材料の開発を目指しています。理想的には1週間程度は弾性を有し、容易に取り外し可能で被圧変位性も補償する。問題のないことを確認した後、光照射などにより硬化させるわけです。今回はその弾性期間の保持を検討するために行った。pilot study とご理解ください。

演題番号 12

三次元有限要素法を用いた磁性アタッチメントの吸引力特性について —磁気回路の違いによる影響—

○熊野弘一，中村好徳，増田達彦，林 建佑，永井秀典，高田雄京¹，田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

¹東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

【目的】

歯科用磁性アタッチメントは、小型で大きな吸引力を発揮させるために、様々な磁気回路が設計されている。すなわち、最適な磁気回路を導入することで、臨床価値のより高い磁石構造体の開発が可能である。従来から、磁気回路の最適化には、有限要素法解析が最も合理的な手法であると考えられている。そこで今回、磁性アタッチメントにおける磁気回路の違いが、吸引力および磁束密度に及ぼす影響について、三次元有限要素法を用いて解析、検討を行った。

【方法】

解析の試料には、現在最も多く使用されている磁性アタッチメントの一つであるジーシー社製ギガウスD600を参考とした。解析モデルは軸対象であることを考慮し、1/4モデルとし、解析範囲は、キーパー、磁石構造体の周囲全周2mmの範囲を解析対象とした。今回、設定した設計に基づき、磁石構造体のシールドディスク内の非磁性体の直径を2.0mmまで0.1mmずつ変化させた計21モデルを構築した。モデル構築にはFemap (UGS) を、解析には μ -MF (μ -TEC)を用いた。磁石はNe-Fe-Bとし、ヨーク、キーパーはSUS447J1を想定し、B-H曲線を近似させ、その磁気特性とした。

【結果、考察】

磁束密度分布は、非磁性体の直径が0.5mmになるまでは磁石構造体とキーパーの吸着面において磁束密度の上昇が確認できた。非磁性体の直径が0.6mm以上になると、シールドディスク内部に過飽和状態の部分が生じ、さらに大きくなると、磁石構造体とキーパー吸着面におけるシールドディスク内部が完全に過飽和状態となった。吸引力は、

非磁性体の直径が0.5mmになるまでは上昇し、0.5mmで最大値を示した。その時の吸引力は、約540gfで、上昇率は約103%であった。その後、直径が大きくなると、吸引力は減少した。今回の解析より、磁石構造体におけるシールドディスクに適正な大きさの非磁性体を加え、磁気回路を変化させることで、磁性アタッチメントの吸引力が上昇する可能性が示唆された。

質問：渋谷哲勇（日本大学）

（メッシュ図および要素数）の設定が、実際の磁石構造体の磁束密度分布と等価されているのか？

回答：熊野弘一（愛知学院大学）

二次元解析、三次元解析で予備解析を行い、影響を確認しています。また、モデル構築時にアスペクト比の検討を行っています。

質問：安田裕康（日本大学）

なぜ0.5mmまでは上昇し、その後減少したのか考察を教えてください。

回答：熊野弘一（愛知学院大学）

0.5mmまでは磁束密度の影響により吸引力が上昇し、0.6mmからは飽和磁束密度に達するため面積（吸着）の影響により吸引力が減少しました。

座長総括（演題番号 11,12）

日本大学・大山哲夫

演題11

常温重合レジンに換えて軟性材料により磁石構造体を保持させる方法に関する研究である。試作磁石構造体に付与したアンダーカットを使用すること、また、磁石構造体への表面処理を行うことで、磁性アタッチメントの吸引力（約560gf）より軟性材料による保持力（約1000gf）が上回ることが確認され、実用の可能性を示唆した研究報告であった。しかし、最終補綴装置への軟性材料の応用に関して、今後、軟性材料の耐久性、辺縁歯肉に対する影響等も含めてさらに検討されることを期待する。

演題12

磁気回路の最適化は、磁性アタッチメントの吸引力に大きく影響すること知られている。本研究は、磁性アタッチメントの磁気回路の違い、すなわち磁石構造体のシールドディスク内の非磁性体の大きさを変化させることにより、吸引力および磁束密度に及ぼす影響を、三次元有限要素法により検討することで、磁気回路の最適化に挑んだ研究である。本研究は、磁石構造体のシールドディスクに適正な非磁性体を加え磁気回路を変化させることで、磁性アタッチメントの吸引力が向上する可能性を示唆している。サイズはより小さく、吸引力はより大きな、最適な磁気回路設計について、今後の報告に期待したい。

平成25年度 日本磁気歯科学会 第2回理事会議事要旨

日時：平成25年11月2日(金)10:00—12:00

場所：第一滝本館 佳水館 6階 「竹の間」

出席：理事長：鱒見進一

副理事長：大川周治

庶務：大川周治

会計：秀島雅之

編集：中村好徳

学術：越野 寿

安全基準：大久保力廣

広報：芥川正武

医療：秀島雅之

認定医：石上友彦

ISO対策：高田雄京

用語検討：水口俊介

プロジェクト検討：市川哲雄

理事：大山哲生，田中譲治，田中貴信，
土田富士夫，永田和裕，都尾元宣，
蒼田雄司

監事：水谷 紘，東風 巧

幹事：河野稔広（理事長）

曾根峰世（庶務）

梅川義忠（認定医）

神原 亮（編集）

オブザーバー：佐々木英機

1. 理事長挨拶

鱒見理事長より挨拶があった。

2. 報告事項

1) 会務報告

(1) 庶務

大川理事から、平成25年9月30日現在の会員数（正会員358名，名誉会員8名，賛助会員6社，購読会員12団体）についての報告があった。新規名誉会員2名に関しては、本年度総会において木内陽介先生の代理で芥川正武先生が名誉会員証を受け取られる旨、細井紀雄先生には次年度総会において名誉会員証が授与される旨、および小倉英夫先生の代理で大熊一夫先生が特別功労賞を受け取られる旨の報告がなされた。賛助会員のノーベルバイオケアが退会となった旨の報告がなされた。医学文献検索サービスメディカルオンラインは今後も継続していく旨の報告がなされた。

また、改正国立国会図書館法に基づく、オンライン資料収集制度に関して、本学会の対応として、今後HP上にアップロードされた学会雑誌は国立国会図書館に自動収集される旨の報告がなされた。

2) 委員会報告

(1) 編集委員会

中村好徳委員長から、第22巻1，2号投稿論文数は、それぞれ16編および10編であり、内容に関しては編集委員会で審査された旨の報告がなされた。また、広告費を今年度からの値上げする旨の報告がなされた。

(2) 学術委員会

越野委員長から、第23回学術大会で開催予定のシンポジウムの内容について報告があった。

(3) 安全基準検討委員会

大久保委員長から、今期の活動方針であるアーチファクトの低減方法の検討は、現在追加実験中のため一時中断している旨の報告がなされた。また、放射線技師を対象としたMRI励起会に委員が参加したとの報告があった。

(4) 広報委員会

芥川委員長から、ホームページの文字化けに関して、委員会で対応し復旧された旨の報告がなされた。また、学会誌のバックナンバーをPDF化してWEB上で公開していく件に関しては順次行っていく旨が報告された。

(5) 医療委員会

秀島委員長から、診療ガイドラインの策定に関して、内部評価者およびコンセンサスグループのメンバー（約70名）にCQ12題の評価を依頼したこと、および今後の活動として、外部評価者を選定して評価依頼を行い、日本歯科医学会への申請、ホームページへ掲載していく旨の報告がなされた。第23回学術大会で診療ガイドラインシンポジウムを開催される旨の報告がなされた。

また、厚労省への医療技術提案書に関しては申請を見送る旨の報告がなされた。

(6) 認定医審議委員会

石上委員長から、現在の認定医数は40名であること、および今回更新予定の認定医数は2名である旨の報告がなされた。また、明日開催予定の委員会において、認定技工士制度の概要と今後の認定医申請および登録の時期を検討する旨の報告がなされた。

(7) 磁性アタッチメント臨床評価委員会

星合委員長（代理曾根委員）から、術後調査が実施、登録された症例は、平成25年10月現在9機関による96症例である旨の報告がなされた。また、10年経過時の術後調査が困難であるため、今後は後ろ向きコホート研究等

を考慮して活動していく旨の報告がなされた。

(8) ISO 対策委員会

高田委員長から、ISO の維持力決定法の原案に則った磁性アタッチメントの維持力測定が産学を合わせた7機関により行われた旨の報告がなされた。また、その測定結果と原案をもって ISO 韓国会議に参加し、DIS 登録を得ることができたので、現在それらの投票結果待ちであること、結果に関しては来年の夏に公表される旨の報告がなされた。

(9) 用語検討委員会

水口委員長から、第1回理事会後に各理事より加筆された磁性アタッチメント関連用語の提示と、今後の更なる検討を各理事の先生方にご協力いただきたい旨、今後は磁性アタッチメント関連用語集としてホームページ等への掲載を行っていく旨の報告がなされた。

(10) 会則検討委員会

中村和夫委員長(代理大川委員)から、本学会会則第3条において、正会員と準会員の区分けをどのようにしていくか今後継続して検討していく旨の報告がなされた。

(11) プロジェクト検討委員会

市川委員長から、文科省および経産省へのプロジェクト研究テーマの申請を今後も進めていく旨の報告がなされた。

3) 第23回学術大会, 第13回国際磁気歯科インターネット会議

越野大会長から、第13回国際磁気歯科学会インターネット会議が平成26年3月3日から21日に開催予定である旨の報告がなされた。

4) 第24回学術大会, 第14回国際磁気歯科インターネット会議

大久保大会長から、次年度の学術大会は鶴見大学の校内施設で開催する予定であるが、開催地に関しては決まり次第ご案内したい旨の報告がなされた。

5) 日本歯科医学会認定分科会

鱒見理事長から、日本歯科医学会会長との懇談会は、先方の都合により本学術大会においては開催されない旨の報告がなされた。

3. 協議事項

1) 平成25年度決算について

秀島理事から、平成25年度収支決算について、および水谷監事から、平成25年度収支決算の監査報告が行われた後、審議の結果、全会一致で承認され、平成25年度第1回総会に諮ることとなった。

2) 平成26年度予算案について

秀島理事から、平成26年度予算案の上げが

なされ、また高田理事から ISO 対策準備金に関する補足説明がなされた後、本予算案が諮られ、全会一致で承認され、平成25年度第1回総会に諮ることとなった。

3) 第25回学術大会, 第15回国際磁気歯科インターネット会議

鱒見理事長から、第25回学術大会および第15回国際磁気歯科インターネット会議のハワイでの開催が提案され、承認された。詳細については、今後協議していくことで承認された。

4) 次期役員について

鱒見理事長のもと、平成26年度まで継続して現役員で運営していくことが了承された。

5) 平成24年度総会次第について

総会次第は、理事会次第に準じて作成された内容が諮られ、了承された。

6) その他

(1) 国内における磁性アタッチメントの普及について

鱒見理事長から、磁性アタッチメントの国内への普及推進のために、学会認定の歯科医師および歯科技工士向けのセミナーを開催し、認定証などを発行していく案が諮られ、承認された。また、田中貴信理事より、産学協同で磁性アタッチメントの国内普及に取り組むと同時に、臨床研修医にも広く啓発すべきとの提案があり、承認された。

(2) 学会雑誌投稿規程の改正について

中村好徳委員長から、日本磁気歯科学会雑誌投稿規程の改正案が諮られ、審議の結果、依頼論文の投稿料、文献の記載様式、倫理規程に関する改正案が承認された。また、市川理事より利益相反に関する文言の追加が提案され、承認された。なお、本文中の句読点を、カンマ(,)ピリオド(.)に統一する案に関しては、編集委員会で引き続き協議することとなった。

(3) 磁性アタッチメント関連用語について

田中貴信理事から、日本磁気歯科学会の専門用語として適切なものを集積するべきであるとの提案がなされた。また、鱒見理事長から、専門用語にとどまらず解説文を盛り込んだものにするべきであるとの提案がなされ、用語検討委員会で引き続き検討していくこととなった。

(4) 日本磁気歯科学会会則改正について

会員資格の失効は、会費を3年以上滞納した場合とする改正案が諮られ、承認された。また、非会員の1件の研究発表および1編の雑誌投稿は、2,500円の登録料を支払うこと

- で認められる旨が諮られ、承認された。
- (5) 診療ガイドラインについて
秀島理事から、診療ガイドラインのHP掲載が提案され、承認された。また、外部評価者に関しては、他学会および他分野から人選を進める旨が提案され、承認された。

- (6) 磁性アタッチメントの臨床評価について
水谷監事より、磁性アタッチメントの術後調査は継続すべきであるとの提案がなされ、承認された。

以上

平成26年度 日本磁気歯科学会 第1回理事会議事要旨

平成26年4月18日(金)13:00—15:00

場所：東京医科歯科大学 歯科外来事務棟 4F 演習室

出席：理事長：鱒見進一

副理事長：大川周治

庶務：大川周治

会計：秀島雅之

編集：中村好徳

安全基準：大久保力廣

広報：芥川正武

医療：秀島雅之

認定医：石上友彦

臨床評価：永田和裕

ISO対策：高田雄京

用語検討：水口俊介

会則検討：中村和夫

プロジェクト検討：市川哲雄

理事：大山哲生，田中譲治，土田富士夫，
蔭田真人，増田達彦，都尾元宣

監事：水谷 紘，東風 巧

幹事：河野稔広（理事長）

曾根峰世（庶務）

梅川義忠（認定医）

神原 亮（編集）

オブザーバー：佐々木英機

1. 理事長挨拶

鱒見理事長より挨拶があった。

2. 報告事項

1) 会務報告

(1) 庶務

大川理事より、平成26年3月31日現在の会員数（正会員358名，名誉会員8名，賛助会員6社，購読会員12団体）について報告がなされた。なお，新入会員は4名，退会会員は4名であった。名誉会員の細井紀雄先生に関しては本年度総会において名誉会員証が授与される旨の報告がなされた。医学文献検索サービス メディカルオンラインは今後も継続していく旨の報告がなされた。また，独立行政法人 科学技術振興機構より本学会雑誌およ

び抄録の文献データベースへの登録許諾願いがあり，理事長確認の上許諾した旨の報告がなされた。

平成25年度日本磁気歯科学会第2回理事会要旨（案）に関して、記載されている会則改正の内容については申し送りを雑誌およびHPへ掲載する旨の報告がなされた。

また，今年度より新理事として増田達彦先生が，臨床評価委員長に永田和裕先生が，同幹事に菅原佳広先生が，同委員に増田達彦先生が選任された旨の報告がなされた。

(2) 会計

秀島理事より，平成26年度中間会計報告があった。賛助年会費が1社未収である旨の報告がなされた。また，広告費の増収にとともに，平成26年度予算についてはISO対策準備金を年間300,000円とし，次年度からは現行通りの年間100,000円とする旨の報告がなされた。

2) 委員会報告

(1) 編集委員会

中村好徳委員長から，第22巻1，2号投稿論文数は，それぞれ16報および10報であり，発行部数は各500部であった旨の報告がなされた。

また，23巻1号の掲載予定（特別講演 解説論文1報，シンポジウム解説原稿9報），投稿規程の改定，論文掲載費・広告掲載費の改定・変更について報告がなされた。

(2) 学術委員会

越野委員長（代理大川副理事長）より第24回学術大会報告と重複する内容のため，その項で一括して報告する旨が報告された。

(3) 安全基準検討委員会

大久保委員長より，今期の活動方針であるアーチファクトの低減方法の検討は，一時中断している旨の報告がなされた。

また，MRI安全基準マニュアルの英語版を作成中である旨の報告がなされた。

(4) 広報委員会

芥川委員長より，PDF化した学会誌のバツ

クナンバーをWEB上で公開していく件に関しては鋭意作業中である旨の報告がなされた。

また、第13回国際磁気歯科インターネット会議のアクセス数の集計が報告された。

(5) 医療委員会

秀島委員長より、第23回学術大会において診療GLシンポジウムを行った旨、ならびに第3回医療委員会を開催し、診療GL策定の進捗状況を確認し、2013年版として改訂した旨の報告がなされた。

CQの外部評価者として補綴系は佐藤博信教授（福岡歯科大）、理工系は高橋英和教授（東京歯科大）、口腔外科系は中島信也常任理事（日本歯科医学会）を選定し、外部評価を依頼した旨、それをもって改訂した診療GL案をHPに掲載し、歯科医学会に申請する旨の報告がなされた。

また、本学会を代表して都道府県歯科医師会社会保険担当理事連絡協議会に出席した旨の報告がなされた。

(6) 認定医審議委員会

石上委員長より、現在の認定医数は40名であること、および今回更新予定の認定医数は2名であり、加えて1名が申請中である旨の報告がなされた。

また、理事会後の委員会で認定技士制度の概要について協議する旨の報告がなされた。

(7) 磁性アタッチメント臨床評価委員会

永田委員長より、インターネットでのアンケート結果から現在の磁性アタッチメントを取り巻く状況に対する分析が報告された。臨床評価委員会としては長期の術後調査から、他装置と比較した磁性アタッチメントの優位性をアピールしていく旨の報告がなされた。その際の分析方法を臨床評価委員会で検討していく旨の報告がなされた。

(8) ISO対策委員会

高田委員長より、ISOの維持力決定法の本原案に則った磁性アタッチメントの維持力測定を、再度条件を揃えて各機関で行った旨の報告がなされた。維持力測定に関して協力を申し出た中国、ドイツに対して測定ジグを提供した旨の報告がなされた。磁性アタッチメント維持力測定に関するアmendメントは、海外からの投票待ちであり、DISとなった場合は、今年度中に完全なISO規格を取得出来る運びになる旨の報告がなされた。

また、予算案にあるISO対策準備金に関して、今後の運用方法について報告がなされた。

(9) 用語検討委員会

水口委員長（代理大川副理事長）より、引き続き用語集作成に関して各理事の先生方にご協力いただきたい旨の報告がなされた。

(10) 会則検討委員会

中村和夫委員長より、昨年度の第2回理事会で承認された会則改正（会員資格の失効、非会員の発表・投稿時の登録料）を施行する旨の報告がなされた。また今後、準会員の扱いについて検討して行く旨の報告がなされた。

(11) プロジェクト検討委員会

市川委員長より、今後も各種外部資金申請およびその獲得を目指していく旨の報告がなされた。

また、回覧資料にある平成26年度8020研究事業公募に関する応募を検討する旨の報告がなされた。

3) 第23回学術大会、第13回国際磁気歯科学会

越野大会長（代理大川副理事長）より、平成25年11月2、3日に開催された第23回学術大会の参加者数や収支について報告がなされた。

4) 第24回学術大会、第14回国際磁気歯科学会

大久保大会長より、第24回日本磁気歯科学会の開催場所、宿泊方法、開催準備スケジュール、学術大会日程および予算案について詳細な報告がなされた。

また、学会テーマは「磁性アタッチメントの未来を拓く」であり、特別講演、教育講演およびシンポジウムの内容について報告がなされた。

5) その他

(1) 「我が国における歯科医学の現状と国際比較 2013」, 「日本歯科医学会学術活動の現状 2013年」, 「歯科医療白書 2013年度版」, 「医学中央雑誌 収載誌目録 2014」および「平成26年度8020研究事業公募について」を回覧した。

(2) 理事である蒔田真人先生と都尾元宣先生より挨拶があった。また、新理事の増田達彦先生より挨拶があった。

3. 協議事項

1) 平成26年度事業計画

鱒見理事長より、平成26年度事業計画として、学術大会ならびにインターネット会議開催、学会雑誌発行、磁気歯科関連用語の整理、ISO/TC106会議への参加、ガイドラインの策定、臨床評価の整理、会員名簿の整理および会員数の増加を行っていく旨が諮られ、承認された。さらに、ISO13017取得を受けてのHPの充実、広報、講習会、学会誌、商業誌への執筆、国際学会での発表、学会として

の著書作成を行っていく旨が諮られ、承認された。

また、認定研修施設、指導医の設置についても今後検討していく旨が諮られ、承認された。

2) 第25回学術大会, 第15回国際磁気歯科医インターネット会議

鱒見理事長より、当該の学術大会およびインターネット会議は、水口理事を大会長とし、東京医科歯科大学を主幹として開催される旨が諮られ、承認された。また、当該の学術大会は記念大会とする旨が諮られ、承認された。

3) 日本歯科医学会会長との懇談会について

鱒見理事長より、第24回学術大会時に日本歯科医学会会長との懇談会ならびに懇親会を開催し、同会長を招聘する旨が諮られ、承認された。

4) 平成26年度日本歯科医学会会長賞授賞候補者の推薦について

鱒見理事長より、磁性アタッチメントのISO規格取得に貢献された名誉会員の奥野攻先生を本学会より推薦する旨が諮られ、承認された。

5) 名誉会員の推薦について

鱒見理事長より、今回は該当者が居ないため見送る旨が諮られ、承認された。

6) 宛先不明会員について

大川理事より、宛先不明会員について説明があり、会費を3年以上滞納している宛先不明会員については退会扱いとする旨が諮られ、

承認された。ただし、宛先不明会員の方々と関連する理事の方から、会員継続の意思の有無について確認していただき、継続を希望される場合は必要書類を送付すべく改めて宛先を庶務にご連絡いただく旨も併せて諮られ、承認された。

5) その他

(1) 中村好徳委員長より、日本磁気歯科学会雑誌22巻における収支の差し引き残高1,400,000円については、ISO対策委員会の運営資金として活用する旨が諮られ、承認された。また、次年度以降も継続して収支の差し引き残高を運営資金として活用し、運用に関する会計報告はISO対策委員会の高田委員長より行われる旨が諮られ、承認された。

(2) 鱒見理事長ほか多数の理事より、MRI撮影時の磁性アタッチメントの安全性ならびに臨床使用法について、磁性アタッチメントならびにMRIの取扱説明書に、本学会からの見解ないしは参考文献等の記載ができるように、安全基準検討委員会からメーカーに働きかける旨が諮られ、承認された。

(3) 鱒見理事長より、磁性アタッチメントに関する推薦図書ならびに磁性アタッチメントの臨床術式をホームページへアップすることが一昨年度第2回理事会で提案されており、庶務および広報委員会でコンテンツの作成について、引き続き検討する旨が諮られ、承認された。

以上

日本磁気歯科学会会則

1. 名称

本会は日本磁気歯科学会 (JAPANESE SOCIETY OF MAGNETIC APPLICATIONS IN DENTISTRY) と称する。

2. 目的

本会は磁気の歯科領域への応用に関する研究の発展ならびに会員の知識の向上をはかることを目的とする。

3. 会員

1) 本会の会員は下記の通りとする。

- (1) 正会員 磁気に関する学識又は関心を有するもので本会の目的に賛同する者。
- (2) 賛助会員 本会の目的、事業に賛同する法人又は団体。
- (3) 名誉会員 本会の目的達成に多大の貢献を果

たし理事会の議決を経た者。

- 2) 本会に入会を希望する者は入会金とその年度の会費を添え申し込むこと。
- 3) 会員は下記のいずれかの号に該当する時は理事会の決定によって会員の資格を失うことがある。
 - ① 会費を3年以上滞納した時。
 - ② 本会の会則に違反する行為があった時。

4. 会計

- 1) 本会の経費は、会費、寄付金、その他で支弁する。その収支は総会において報告し承認を得るものとする。
- 2) 正会員については入会金5,000円、年会費5,000円とする。また、賛助会員については入会金10,000円、年会費10,000円とする。
- 3) 非会員で雑誌購読を希望する者は、1部2,500円で購入できるものとする。また、非会員の1

件の研究発表および1編の雑誌投稿は、2,500円の登録料を支払うことで認められるものとする。

- 4) 本会の事業年度は1月1日より12月31日とする。
- 5) ただし、会計年度は10月1日より翌年の9月30日とする。

5. 役員

- 1) 本会に次の役員を置く。
理事長1名、副理事長1名、監事、理事、幹事各若干名。
- 2) 理事長、副理事長、理事は理事会を組織し、本会の目的達成のための必要事項を審議、企画および処理を行う。学術大会大会長ならびに次期学術大会大会長は理事として理事会に出席する。幹事は理事を補佐し、会務を分担する。
- 3) 理事長および副理事長は理事会でこれを推薦し、総会において選出する。理事は理事会において適当と認められ、総会で承認を得たものとする。監事は理事会の推薦により理事長が任命し、職務を委嘱する。
- 4) 役員任期は2年とする。但し、再任を妨げない。

6. 事業

- 1) 本会は毎年1回総会を開き、会務を報告し、重要事項を審議する。
- 2) 本会は毎年1回以上学術大会を開き、会員は学術および臨床研究について発表、討論を行う。
- 3) 本会は毎年機関誌を発刊し、会員に配布する。
- 4) 本会は各種委員会を理事会の承認のもとで設置することが出来る。

7. 事務局

事務局は理事長がこれを定める。

8. 会則の変更

本会会則の改廃は理事会の審議を受け、総会の決議により行う。

附則

- ・本会則は平成3年12月6日より施行する。
- ・平成8年11月16日 一部改定
- ・平成22年10月31日 一部改定
- ・平成25年11月2日 一部改定

日本磁気歯科学会認定医制度規則

第1章 総則

第1条 本制度は、磁気歯科学の専門的知識および臨床技能を有する歯科医師を育成・輩出することにより、医療水準の向上を図り、もって国民の保健福祉の増進に寄与することを目的とする。

第2条 前条の目的を達成するために日本磁気歯科学会（以下「本会」という）は、磁気歯科認定医（以下「認定医」という）の制度を設け、認定医制度の実施に必要な事業を行う。

第3条 認定医は、磁気歯科学領域における診断と治療のための高い歯科医療技術を修得するとともに、認定医以外の歯科医師または医師等からの要請に応じて適切な指示と対応がとれるように研鑽を図る。

第2章 認定医の条件

第4条 認定医は、次の各号をすべて満たさなければならない。

- (1) 日本磁気歯科学会会員であること。
- (2) 本会学術大会（本会の認める学術大会を含む）に出席すること。
- (3) 磁気歯科学に関連する研究活動に参加・発表を行うこと。
- (4) 磁気歯科学に関連する領域の診療を行うこと。

第5条 前述に拘わらず、本会理事会が特別に認めた場合には認定医になることができる。

第3章 認定医申請者の資格

第6条 認定医の資格を申請できるものは、次の各号の全てを満たすことを必要とする。

- (1) 日本国歯科医師の免許を有すること。
- (2) 認定医申請時において、3年以上連続した学会の会員歴を有すること。
- (3) 第4条の認定医の各号に掲げる条件を満たすこと。

第4章 認定医の申請

第7条 認定医の資格を取得しようとするものは、本会に申請し、資格審査を受け認証されなければならない。

第8条 認定医申請者は、別に定める申請書類を認定手数料とともに本会事務局に提出しなければならない。

第5章 認定医審議委員会

第9条 認定医としての適否を審査するために、認定医審議委員会（以下「審議会」という）を設置する。

第10条 審議会は10名以内の委員で構成する。

- 2 委員は認定医である理事の中から会長が推薦し、理事会の議を経て理事・評議委員会の承認を受ける。
- 3 委員の任期は2年とし、連続2期までとする。
- 4 委員長および副委員長各1名を委員の互選により選出する。

第11条 審議会は、委員の3分の2以上の出席をもって成立する。

- 2 資格の適否は、委員長を除く出席委員の過半数をもって決し、可否同数の場合は委員長の決するところによる。その結果は理事会に報告する。
- 3 審議会は、必要に応じ開催する。

第6章 認定医登録

第12条 審議会の審査に合格した者は、所定の登録料を納入しなければならない。

第13条 本会は前項に基づき認定医登録を行い、合格者に認定証を交付するとともに、日本磁気歯科学会雑誌および本会総会において報告する。

第7章 資格の更新

第14条 認定医は、5年ごとに資格の更新を行わなければならない。

第15条 認定医の資格の更新に当たっては、5年にわたる認定期間の間に別に定める条項を満たさなければならない。

第16条 資格更新申請者は、別に定める更新申請書類を更新手数料とともに本会事務局に提出しなければならない。

第8章 資格の消失

第17条 認定医は、次の各号の条件を欠いたとき、審議会の議を経て、その資格を失う。

- (1) 本人が資格の辞退を申し出たとき。
- (2) 日本国歯科医師の免許を喪失したとき。
- (3) 本会会員の資格を喪失したとき。
- (4) 認定医資格の更新手続きを行わなかったとき。
- (5) 審議会が認定医として不相当と認めたとき。

第18条 認定医の資格を喪失した場合であっても、喪失の理由が消滅したときは、再び認定医の資格を申請することができる。

第9章 補則

第19条 審議会の決定内容に異議のある者は、会長に申し立てることができる。

第20条 この規則の改訂については、理事会の承認を必要とする。

附 則

- ・この規則は、平成17年4月22日から施行する。
- ・この規則は、平成22年4月23日から施行する。

規則施行にともなう暫定処置

第1条 本会の会員暦が通算8年以上であって、本会が認める学術集会または機関誌に磁気歯科学に関する発表を1回以上行った者は、申請により認定医となることができる。また、特に理事会の認めた者に関しては、この限りではない。

第2条 暫定処置期間中の審議会は、理事がこれにあたる。

第3条 暫定処置の期間は、本制度発足により3年間（平成17年4月22日より平成20年4月21日まで）とする。

平成19年4月20日 一部改変

日本磁気歯科学会認定医制度施行細則

(平成17年4月22日)

第1条 日本磁気歯科学会認定医制度規則（以下「規則」という）に定めた条項以外については、この細則に基づき運営する。

第2条 規則第4条に基づく認定医の基本的条件としては、次の各号の要求を満たさなければならない。

- (1) 日本磁気歯科学会（以下「本会」という）が主催する学術大会（本会の認める学術大会を含む）への出席 …………… 3年間で3回以上
- (2) 学術大会（本会の認める学術大会を含む）発表 …………… 1回以上
- (3) 学会誌（本会の認める学会誌を含む）投稿 …………… 1編以上

(4) 磁気歯科学を活用した検査・診断および治療症例のケースプレゼンテーション …………… 2症例（第1症例は本会学術大会での発表を行い審査を受ける）

第3条 規則第5条に規定する認定医とは、本会に永年顕著に貢献した会員で、理事会の承認を得たものでなければならない。

第4条 規則第2条を満たし認定医の資格を申請する者は、次の各号に定める書類に認定医申請書を添えて本会に提出しなければならない。

- (1) 認定医申請書（様式1）
- (2) 履歴書（様式2）
- (3) 歯科医師免許証の写し

- (4) 本会会員歴証明書（様式3）
- (5) 学術大会出席証明書（様式4）
- (6) 学術大会発表および学会誌投稿を証明する書類（様式5）
- (7) ケースプレゼンテーション申請書（様式6）
- (8) ケースプレゼンテーションの症例記録（様式7、8および術後調査票）

認定医資格を認められた者は登録料を添えて認定医登録申請書（様式9）を提出しなければならない。

第5条 規則第8条、第12条、細則第16条に定める手数料は次の各号に定める。

- (1) 認定手数料 1万円
- (2) 登録料 2万円
- (3) 更新手数料 2万円

第6条 前条に定める即納の認定手数料、登録料、更新手数料は、いかなる理由があっても返却しない。

第7条 認定医の資格の更新に当たっては、5年間に次の各号における要求を全て満たさなければならない。

- (1) 学術大会（本会の認める学術大会を含む）への出席 3回以上
- (2) 学術大会（本会の認める学術大会を含む）発表 1回以上
もしくは磁気歯科学を活用した検査・診断お

- よび治療の症例 1例以上
- (3) 学会誌（本会の認める学会誌を含む）投稿 1編以上
もしくは磁気歯科学を活用した検査・診断および治療の症例 1例以上

第8条 認定医の資格を更新しようとする者は、認定医更新申請書（様式10）、磁気歯科学会学術大会ならびに関連学術大会出席記録（様式11）、磁気歯科学に関する発表記録（様式12）もしくは磁気歯科学を活用した検査・診断および治療の症例記録（様式13）を更新手数料を添えて本会に提出しなければならない。

- 2. 認定医の更新を認められたものは認定医更新登録申請書（様式14）を本会に提出しなければならない。認定医更新の申請は、認定医失効期日の1年前から6か月前までとする。

第9条 本会が認める学術大会、学会誌とは磁気歯科学に関するものであり、審議会の認めるものをいう。

第10条 この細則の改定については、審議会の議を経て、理事会の承認を得なければならない。

附 則

この細則は、平成17年4月22日から施行する。

この細則は、平成22年4月23日から施行する。

日本磁気歯科学会 倫理審査委員会規程

（平成26年11月8日制定）

（設置）

第1条 日本磁気歯科学会（以下、本学会）会則第6条第4項に基づき、本学会に倫理審査委員会（以下、本委員会）を置く。

（目的）

第2条 本委員会は倫理審査委員会をもたない医療施設および研究機関で本学会に所属する会員が行う、ヒトを対象とした医学・歯学研究に対して、ヘルシンキ宣言（1975年東京総会で修正、2000年エディンバラ修正）を規範とし、厚生労働省のヒト医学研究に関する指針を参考とし、倫理的配慮をはかることを目的とする。

2 厚生労働省のヒト医学研究に関する指針を以下に示す。

- (1) ヒトゲノム・遺伝子解析に関する倫理指針
- (2) 疫学研究に関する倫理指針
- (3) 遺伝子治療臨床研究に関する指針
- (4) 臨床研究に関する倫理指針
- (5) 手術等で摘出されたヒト組織を用いた研究

開発のあり方

- (6) ヒト幹細胞を用いる臨床研究に関する指針

（組織）

第3条 本委員会の組織について、以下のよう定める。

- (1) 本学会副理事長1名
- (2) 本学会理事1名以上
- (3) 倫理・法律を含む人文・社会科学の有識者（本学会非会員）1名以上
- (4) 一般の立場を代表する外部の者（本学会非会員）1名
- (5) その他本学会理事長（以下、理事長）が必要と認めた者（本学会会員）若干名

2 本委員会の委員は、男女両性により構成する。

3 委員は、理事長が委嘱する。

4 本委員会に委員長を置き、委員の互選により定める。

5 委員の任期は当該審議を終了したときをもって解任されるものとする。ただし、再任は妨げない。

- 6 委員に欠員が生じた場合は、これを補充するものとし、その任期は、前任者の残任期間とする。
- 7 委員長に事故のあるときは、委員長があらかじめ指名した委員がその職務を代行する。
- 8 本委員会が必要と認めるときは、当該専門の事項に関する学識経験者に意見を聞くことができる。
- 9 委嘱された学識経験者は、審査の判定に加わることはできない。

(運 営)

第4条 本委員会の運営にあたっては、以下のよう
に定める。

- (1) 委員長は本委員会を招集し、その議長となる。
- (2) 本委員会は委員の3分の2以上が出席し、かつ本学会会員以外の委員が少なくとも1名出席しなければ開催できないものとする。
- (3) 審議の結論は、原則として出席委員全員の合意を必要とする。
- (4) 審議経過および内容は、記録として保存する。

(審 査)

第5条 本学会会員が医学倫理上の判断を必要とする研究を行おうとするときは、理事長に研究計画の審査を申請するものとする。理事長は、申請を受理したときは、速やかに本委員会に審査を付託するものとする。

(審査内容)

第6条 本委員会は前条の付託があったときは、速やかに審査を開始するものとし、特に次の各号に掲げる観点に留意して、審査を行うものとする。

- (1) 研究の対象となる個人(以下「個人」という。)の
人権および情報の擁護
- (2) 個人に理解を求め同意を得る方法
- (3) 研究によって生ずる個人への不利益ならびに
危険性に対する予測

(判 定)

第7条 審査の判定は、次の各号に掲げるものとする。

- (1) 非該当
- (2) 承認
- (3) 条件付き承認
- (4) 変更の勧告
- (5) 不承認

(再審査の請求)

第8条 申請者は、審査の結果に異議があるときは、理事長に対して再審査を求めることができる。

(情報公開)

第9条 本委員会における情報の公開等について、以下のよう
に定める。

- (1) 本委員会の議事録、委員名簿等は、公開を原則とする。
- (2) 個人のプライバシーや研究の独自性、知的財産権等を保持するため、本委員会が必要と認めるときは、これを非公開とすることができる。

(守秘義務)

第10条 委員および委員であった者は、正当な理由がある場合でなければ、その任務に関して知り得た秘密を、他に漏らしてはならない。

(申請手続き)

第11条 倫理審査の中請手続きに関し、以下のよう
に定める。

- (1) 本委員会での審議を希望する者は、所定の倫理審査申請書に必要事項を記載し、理事長に提出しなければならない。
- (2) 理事長は申請事項を本委員会に諮問し、本委員会は審議を行う。
- (3) 委員長は、審議の結果を理事長に答申する。
- (4) 理事長は、答申を受けた内容を理事会の議を経て、その判定を所定の審査結果通知書により、申請者に通知する。
- (5) 前項の通知をするにあたって、条件付き承認、変更の勧告あるいは不承認のいずれかである場合には、その条件または変更内容、不承認の理由等を記載しなければならない。

(補 則)

第12条 申請者は本委員会に出席し、申請内容を説明するとともに、意見を述べるができる。

第13条 この規程の施行についての規則は、理事会の議決を経て、別に定める。

(改 廃)

第14条 この規程の改廃は、本委員会の発議により、会則検討委員会での協議の上、理事会の承認を得なければならない。

附 則

- 1 この規程は、平成26年11月8日から施行する。

日本磁気歯科学会 倫理審査委員会規則

(平成26年11月8日制定)

第1章 趣 旨

第1条 この規則は、日本磁気歯科学会倫理審査委員会規程（以下、本規程）第13条に基づき、日本磁気歯科学会倫理審査委員会（以下、本委員会）の運営に関して必要な事項を定めるものとする。

第2章 申請者

第2条 本規程第11条の規定に基づき申請できる者は、日本磁気歯科学会(以下、本学会)の会員とする。

第3章 申請方法

第3条 申請者は、倫理審査申請書（様式1）および研究計画書（様式2）に必要な事項を記入し、委員長に提出しなければならない。

2 申請者は、当該研究の内容が本委員会の審議事項に該当するか否かについて疑義があるときは、あらかじめ申請書提出時において委員長に対し、その旨、申し出るものとする。

第4章 審査結果の通知

第4条 委員長は、審査終了後速やかに、その判定を審査結果通知書（様式3）をもって申請者に通知しなければならない。

2 前項の通知をするにあたっては、審査の判定が本規程第7条第3号、第4号または第5号である場合は、その条件または変更・不承認の理由などを記載しなければならない。

第5章 異議の申立

第5条 本委員会の審査結果に対して異議のある場合に、申請者は、異議申立書（様式4）に必要な事項を記入して、委員長に再度の審議を1回に限り、申請することができる。この場合、異議申立書に異議の根拠となる資料を添付するものとする。

2 異議申立書を受理した委員長は、提出された異議申立書および資料をもとに、本委員会でも再度審議の上、本委員会としての意見をまとめ別紙様式5による再審査結果通知書により申請者に通知するものとする。

第6章 違反等

第6条 委員長は、申請者が本規程に違反したとき、または違反する恐れがあるときは、本学会理事長（以下、理事長）に報告するものとする。

2 理事長は、前項の報告を受けたときは、委員会の意見を聴取し、実施計画の修正または中止ないし取り消しを命じることができる。

第7章 補 則

第7条 この規則の改廃は、本委員会の発議により、会則検討委員会での協議のうえ、理事会の承認を得なければならない。

附 則

1 この規則は、平成26年11月8日から施行する。

日本磁気歯科学会 研究等の利益相反に関する指針

(平成26年11月8日制定)

序 文

日本磁気歯科学会（以下、本学会）は、磁気歯科学領域への応用に関する研究の発展ならびに会員の知識向上を図ることを通して、国民の健康長寿に貢献できることを目指している。

そのなかで、産学連携による研究（基礎研究、臨床研究、臨床試験など）が盛んになればなるほど、公的な存在である大学や研究機関、学術団体などが特定の企業の活動に深く関与することになり、その結果、教育、研究という学術機関、学術団体としての責任と、産学連携活動に伴い生じる個人が得る利益と衝突・相反する状態が必然的・不可避免的に発生する。こうした状態が「利益相反（conflict of interest：COI）」と

呼ばれるものであり、この利益相反状態を学術機関・団体が組織として適切に管理していくことが、産学連携活動を適切に推進するうえで乗り越えていかなければならない重要な課題となっている。

本学会は、会員などに本学会事業での発表などにおいて、一定の要件のもとにCOI状態を開示させることにより、会員などのCOI状態を適正に管理し、社会に対する説明責任を果たすために、以下のように利益相反指針を策定する。

第1条 目 的

本学会は、会員の研究等の利益相反（Conflict of Interest：COI）状態を公正に管理するために

「研究等の利益相反に関する指針」(以下、利益相反指針)を策定し、会員の研究等の公正・公平さを維持し、透明性、社会的信頼性を保持しつつ産学連携による研究等の適正な推進を図るものとする。

第2条 対象者

利益相反指針は、COI状態が生じる可能性のある以下の対象者に適用する。

- (1) 本学会会員
- (2) 本学会が実施する学術集会等の発表者
- (3) 本学会が発行する機関誌および学術図書等の著者
- (4) 本学会が実施する研究・教育および調査に係る研究者
- (5) (1)～(4)の対象者の配偶者、一親等の親族、または収入・財産を共有する者

第3条 対象となる事業活動

利益相反指針の対象となる事業活動の例は、以下のとおりである。

- (1) 本学会学術集会等の開催
- (2) 本学会機関誌および学術図書等の発行
- (3) 本学会が実施する研究・教育および調査事業
- (4) その他、本学会会員の目的を達成するために必要な事業活動

第4条 申告すべき事項

対象者は、個人における以下の(1)～(10)の事項について、利益相反指針の定める基準を超える場合には、その正確な状況を、所定の様式により、本学会理事長に申告するものとする。申告された内容の具体的な開示、公開方法は利益相反指針の定めるところにより行うものとする。

- (1) 企業・法人組織、営利を目的とする団体の役員、顧問職、社員などへの就任
- (2) 企業の株の保有
- (3) 企業・法人組織、営利を目的とする団体からの特許権使用料
- (4) 企業・法人組織、営利を目的とする団体から、会議の出席(発表)に対し、研究者を拘束した時間・労力に対して支払われた日当(講演料など)
- (5) 企業・法人組織、営利を目的とする団体がパンフレットなどの執筆に対して支払った原稿料
- (6) 企業・法人組織、営利を目的とする団体が提供する臨床研究費(治験、臨床試験費など)
- (7) 企業・法人組織、営利を目的とする団体が提供する研究費(受託研究、共同研究、寄付金など)

- (8) 企業・法人組織、営利を目的とする団体がスポンサーとなる寄付講座
- (9) 企業・法人組織、営利を目的とする団体に所属する人員、設備・施設が、研究遂行に提供された場合
- (10) その他、上記以外の旅費(学会参加など)や贈答品などの受領

第5条 COI自己申告の基準

前条で規定する基準は以下の通りとする。下記の基準の金額には消費税額を含まないものとする。

- (1) 企業・組織や団体の役員、顧問職については、1つの企業・組織や団体からの報酬額が年間100万円以上とする。
- (2) 株式の保有については、1つの企業についての年間の株式による利益(配当、売却利益の総和)が100万円以上の場合、あるいは当該全株式の5%以上を所有する場合とする。
- (3) 企業・組織や団体からの特許権使用料については、1つの権利使用料が年間100万円以上とする。
- (4) 企業・組織や団体から、会議の出席(発表)に対し、研究者を拘束した時間・労力に対して支払われた日当(講演料など)については、1つの企業・団体からの年間の講演料が合計50万円以上とする。
- (5) 企業・組織や団体がパンフレットなどの執筆に対して支払った原稿料については、1つの企業・組織や団体からの年間の原稿料が合計50万円以上とする。
- (6) 企業・組織や団体が提供する研究費については、1つの企業・団体から歯科医学研究(受託研究費、共同研究費、臨床試験など)に対して支払われた総額が年間200万円以上とする。
- (7) 企業・組織や団体が提供する奨学(奨励)寄付金については、1つの企業・組織や団体から、申告者個人または申告者が所属する部局あるいは研究室の代表者に支払われた総額が年間200万円以上の場合とする。
- (8) 企業・組織や団体が提供する寄付講座に申告者らが所属している場合とする。
- (9) その他、研究とは直接無関係な旅行、贈答品などの提供については、1つの企業・組織や団体から受けた総額が年間10万円以上とする。

第6条 COI自己申告書の取り扱い

- 1 本学会の学術集会等での発表に係る抄録登録時、本学会機関誌への論文投稿時、あるいは本学会が実施する研究・教育および調査事業の実施にあたり、研究倫理審査申請書と併せて提出される

COI 自己申告書は、受理日から5年間、本学会理事長の監督下に本学会事務所で厳重に保管されなければならない。ただし、本学会機関誌の投稿規程等において、COI 自己申告について別に定めのある場合は、その定めによる申告をもって、利益相反指針におけるCOI 自己申告に代えることができる。

- 2 COI 情報は、原則として非公開とする。COI 情報は、本学会の活動、各種委員会の活動などに関して、本学会として社会的、道義的な説明責任を果たすために必要があるときは、理事会の議を経て、必要な範囲で本学会の内外に開示若しくは公表することができる。ただし、当該問題を取り扱うに適切な特定の理事に委嘱して、利益相反委員会（以下、COI 委員会）の助言のもとにその決定をさせることを妨げない。この場合、開示もしくは公開されるCOI 情報の当事者は、理事会若しくは決定を委嘱された理事に対して意見を述べることができる。ただし、開示もしくは公表について緊急性があって意見を聞く余裕がないときは、その限りではない。
- 3 本学会の非会員から特定の会員を指名しての開示請求（法的請求も含めて）があった場合、妥当と思われる理由があれば、本学会理事長からの諮問を受けてCOI 委員会が個人情報保護のもとに適切に対応する。しかし、COI 委員会で対応できないと判断された場合には、本学会理事長が指名する会員若干名および外部委員1名以上により構成される利益相反調査委員会を設置して諮問する。利益相反調査委員会は開示請求書を受領してから30日以内に委員会を開催して可及的すみやかにその答申を行う。

第7条 利益相反委員会（COI 委員会）

- 1 本指針の第1条に基づき、利益相反委員会（COI 委員会）を置く。
- 2 COI 委員は知り得たCOI 情報についての守秘義務を負う。
- 3 COI 委員会は、理事会と連携して、利益相反ポリシーならびに本指針に定めるところにより、会員のCOI 状態が深刻な事態へと発展することを未然に防止するためのマネジメントと違反に対する対応を行う。
- 4 委員にかかるCOI 事項の報告ならびにCOI 情報の取扱いについては、第6条の規定を準用する。
- 5 COI 委員会についての規程は、理事会の議を経て、別に定める。

第8条 違反者に対する措置

提出されたCOI 自己申告事項について、疑義もしくは社会的、道義的問題が発生した場合、本

学会として社会的説明責任を果たすためにCOI 委員会が十分な調査、ヒアリングなどを行ったうえで適切な措置を講ずる。深刻なCOI 状態があり、説明責任が果たせない場合には、理事長は理事会で審議のうえ、当該発表予定者の学会発表や論文発表の差止めなどの措置を講じることができる。既に発表された後に疑義などの問題が発生した場合には、理事長は事実関係を調査し、違反があれば掲載論文の撤回などの措置を講じ、違反の内容が本学会の社会的信頼性を著しく損なう場合には、必要な措置を講じることができる。

第9条 不服申し立て

1 不服申し立て請求

第8条により、違反措置の決定通知を受けた者は、当該結果に不服があるときは、理事会議決の結果の通知を受けた日から7日以内に、理事長宛ての不服申し立て審査請求書を本学会事務局に提出することにより、審査請求をすることができる。審査請求書には、理事長が文書で示した決定理由に対する具体的な反論・反対意見を簡潔に記載するものとする。その場合、理事長に開示した情報に加えて異議理由の根拠となる関連情報を文書で示すことができる。

2 不服申し立て審査手続

- (1) 不服申し立ての審査請求を受けた場合、理事長は速やかに不服申し立て審査委員会（以下、審査委員会という）を設置しなければならない。審査委員会は理事長が指名する本学会会員若干名および外部委員1名以上により構成され、委員長は委員の互選により選出する。COI 委員会委員は審査委員会委員を兼ねることはできない。審査委員会は審査請求書を受領してから30日以内に委員会を開催してその審査を行う。
- (2) 審査委員会は、当該不服申し立てにかかるCOI 委員会委員長ならびに不服申し立て者から意見を聴取することができる。ただし、定められた意見聴取の期日に出頭しない場合は、その限りではない。
- (3) 審査委員会は、特別の事情がない限り、審査に関する第1回の委員会開催日から1か月以内に不服申し立てに対する答申書をまとめ、理事会に提出する。
- (4) 理事会は不服申し立てに対する審査委員会の裁定をもとに最終処分を決定する。

第10条 守秘義務違反者に対する措置

COI 情報をマネジメントする上で、個人のCOI 情報を知り得た本学会事務局職員は本学会理事、関係役職者と同様に第6条第2項に定める

守秘義務を負う。正規の手続きを踏まず、COI情報を意図的に部外者に漏洩した関係者や事務局職員に対して、理事会は罰則を科すことができる。

第11条 指針の変更

利益相反指針は、社会的要因や産学連携に関する法令の改変などから、個々の事例によって一部に変更が必要となることが予想される。理事会は利益相反指針の見直しのための審議をCOI委員会に諮問し、その答申をもとに変更を決議することができる。

附 則

1 施行期日

本指針は、平成26年11月8日から試行期間とし、平成27年4月1日より完全実施とする。

2 本指針の改正

本指針は、社会的要因や産学連携に関する法令の改正、整備ならびに医療および臨床研究をめぐる諸条件の変化に適合させるために、原則として数年ごとに見直しを行うこととする。

3 第8条「違反者への措置について」

本指針の試行開始後、当分の間、第8条「違反者への措置について」については施行を見合わせる。この間、理事会は利益相反委員会とともに本指針の趣旨説明に努め、COI報告の完全実施を督促する。

日本磁気菌科学会 利益相反委員会規程

(平成26年11月8日制定)

(設置)

第1条 日本磁気菌科学会(以下、本学会)会則第6条第4項の規定、ならびに本学会の「研究等の利益相反に関する指針」第1条および第7条に基づき、本学会に利益相反委員会(以下、本委員会)を置く。

(目的)

第2条 本委員会は産学連携活動により生じる利益相反問題に適切に対処(マネジメント)することにより、会員および本学会の名誉および社会的信用を保持することを目的とする。

(所掌事項)

第3条 本委員会は、次の事項を所掌する。

- (1) 利益相反状態にある会員個人からのあらゆる質問、要望への対応(説明、助言、指導を含む)
- (2) 利益相反の管理ならびに啓発活動に関する事項
- (3) 利益相反に関する調査、審議、審査マネジメント、改善措置の提案、勧告に関する事項
- (4) その他、利益相反に係る必要事項

(組織)

第4条 本委員会は、次に掲げる委員および幹事1名をもって組織する。

- (1) 本学会理事長(以下、理事長)が指名する会員若干名

(2) 外部有識者1名以上

- 2 本委員会の委員は、男女両性により構成する。
- 3 委員および幹事は、理事長が理事会に諮って委嘱する。
- 4 委員長は委員の互選により選出する。
- 5 委員長、委員および幹事の任期は2年とし、再任を妨げない。
- 6 委員に欠員が生じた場合は、これを補充するものとし、その任期は、前任者の残任期間とする。
- 7 委員長に事故のあるときは、委員長があらかじめ指名した委員がその職務を代行する。

(会議)

第5条 本委員会は、必要の都度、委員長が招集する。

- 2 本委員会は、委員の3分の2以上の出席をもって成立する。
- 3 本委員会が必要と認めたときは、委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

(補則)

第6条 この規程の施行に関する必要事項は、理事会の議決を経て、別に定める。

(改廃)

第7条 この規程の改廃は、本委員会の発議により、会則検討委員会での協議のうえ、理事会の承認を得なければならない。

附 則

- 1 この規程は、平成26年11月8日から施行する。

日本磁気歯科学会 「研究の利益相反に関する指針」の細則

(平成26年11月8日制定)

日本磁気歯科学会（以下、本学会）は、役員、会員および研究発表者の利益相反（conflict of interest：COI）状態を公正に管理するために「研究の利益相反に関する指針」（以下、「利益相反指針」）を策定した。本指針は本学会における研究の公正・公平さを維持し、学会発表での透明性、社会的信頼性を保持しつつ産学連携による研究の適正な推進を図るために策定したものである。本指針の適正かつ円滑な運用のために「研究の利益相反に関する指針の細則」を次のとおり定める。

第1条 本学会学術大会などにおける COI 事項の申告および開示

第1項 会員、非会員の別を問わず、発表者は本学会が主催する学術大会などで歯科医学研究に関する発表・講演を行う場合、筆頭発表者は、配偶者、一親等内の親族、生計を共にする者も含めて、今回の演題発表に際して、研究に関連する企業や営利を目的とした団体との経済的な関係において、過去1年間における COI 状態で開示すべき事項がある場合は、抄録登録時に「自己申告による COI 報告書」（様式1）により自己申告しなければならない。

第2項 筆頭発表者は該当する COI 状態について、発表スライドの最初（または演題・発表者などを紹介するスライドの次）に、あるいはポスターの最後に、「自己申告による COI 報告書」（様式1-A, 1-B）により開示するものとする。

第3項 発表時に自己申告すべき COI 状態は、「利益相反指針」第4条で定められたものとする。各々の開示すべき事項において、自己申告が必要な金額は「利益相反指針」第5条に従うものとする。

第4項 発表演題に関連する「歯科医学研究」とは、医療における疾病の予防方法、診断方法および治療方法の改善、疾病原因及び病態の理解ならびに患者の生活の質の向上を目的として実施される基礎的ならびに臨床的研究であって、人間を対象とするものをいう。人間を対象とする歯科医学系研究には、個人を特定できる人間由来の試料および個人を特定できるデータの研究を含むものとする。個人を特定できる試料またはデータに当たるかどうかは厚生労働省の「臨床研究に関する倫理指針」に定めるところによる

ものとする。

第2条 本学会機関誌などにおける COI 事項の申告および開示

第1項 本学会の機関誌（日本磁気歯科学会雑誌）などで発表（総説、原著論文など）を行う著者全員は、会員、非会員を問わず、発表内容が「利益相反指針」第4条に規定された企業・組織や団体と経済的な関係をもっている場合、投稿時から遡って過去2年間以内における COI 状態を「自己申告による COI 報告書」（様式2）を用いて事前に学会事務局へ届け出なければならない。

第2項 筆頭著者は当該論文にかかる著者全員からの COI 状態に関する申告書を取りまとめて提出し、記載内容について責任を負うことが求められる。「COI 開示」の記載内容は、論文末尾、謝辞または参考文献の前に掲載する。規定された COI 状態がない場合は、「論文発表に関連し、開示すべき COI 関係にある企業などはありません」などの文言を同部分に記載する。

第3項 投稿時に自己申告すべき COI 状態は、「利益相反指針」第4条で定められたものとする。各々の開示すべき事項において、自己申告が必要な金額は「利益相反指針」第5条に従うものとする。日本磁気歯科学会雑誌以外の本学会刊行物での発表もこれに準じる。なお、発表者より届けられた「COI 開示」は論文査読者に開示しない。

第3条 役員、委員長、委員などにおける COI 申告書の提出

第1項 本学会の役員（理事長、副理事長、理事、監事）、常置委員会、臨時委員会の委員長、学術大理事長、学会の従業員は、「利益相反指針」第4条に従って、就任時の前年度1年間における COI 状態の有無を所定の様式3に従い、新就任時と、就任後は2年ごとに、COI 自己申告書を理事会へ提出しなければならない。既に COI 自己申告書を届けている場合には提出の必要はない。

第2項 「自己申告による COI 報告書」（様式3）に記載する COI 状態については、「利益相反指針」第4条で定められたものを自己申告する。各々の開示すべき事項において、自己申告が必要な金額は、「利益相反指針」

第5条で規定された基準額とし、様式3に従って項目ごとに金額区分を明記する。様式3は就任時の前年度1年分を記入し、その算出期間を明示する。ただし、役員などは、在任中に新たなCOI状態が発生した場合は、8週以内に様式3をもって報告する義務を負うものとする。

第4条（細則の変更）

本細則は、社会的要因や産学連携に関する法令の改変などから、個々の事例によって一部に変更が必要となることが予想される。理事会は本細則の見直しのための審議をCOI

委員会に諮問し、その答申をもとに変更を決議することができる。

附則

第1条（施行期日）

本細則は、平成26年11月8日から試行期間とし、平成27年4月1日より完全実施とする。

第2条（本細則の改正）

本細則は、社会的要因や産学連携に関する法令の改正、整備ならびに医療及び臨床研究をめぐる諸条件の変化に適合させるために、原則として数年ごとに見直しを行うこととする。

日本磁気歯科学会雑誌投稿規程

(平成4年10月1日 制定)
 (平成6年10月1日一部改定)
 (平成22年10月1日一部改定)
 (平成23年10月1日一部改定)
 (平成24年10月1日一部改定)
 (平成25年11月1日一部改定)
 (平成26年11月8日一部改定)

1. 投稿資格

本誌に投稿する著者（共著者）は、本学会会員あるいは所定の手続きを済ませた非会員に限る。ただし、編集委員会が認めた者はこの限りではない。

2. 原稿内容

- 1) 原稿の内容は、本学会の目的に沿った研究成果、臨床報告などで、他誌に未発表のものに限る。
- 2) 原稿の種別は、総説、原著論文、臨床論文、その他講演抄録とする。著者としての希望は投稿時に原稿の表紙に明示すること。ただし、その決定は編集委員会で行う。

3. 倫理規定

ヒトを研究（実験）対象とする内容については、ヘルシンキ宣言を遵守して、倫理的に行われており、被験者あるいは患者のインフォームドコンセントが得られていなければならない。また、所属施設の倫理委員会等の承認が得られていなければならない。

動物を研究（実験）対象とする内容については、所属施設の動物実験委員会が設置された後の研究については当該委員会の承認が得られていなければならない。また、各種の動物保護や愛護に関する法律や基準に則していなければならない。

4. 利益相反

投稿にあたってすべての著者は投稿時から遡って過去1年以内における利益相反について申告する。利益相反関係については論文の末尾に、謝辞または

文献の前に記載する。

記載例：

本研究は〇〇の資金提供を受けた。
 〇〇の検討にあたっては、〇〇から測定装置の提供を受けた。

5. 原稿投稿方法、査読、採否、掲載順序

- 1) 総説、原著論文、臨床論文、その他講演抄録の投稿は、日本磁気歯科学会雑誌編集担当へEメールにより送信する。
- 2) 投稿された原稿は、編集委員会で査読を行い、採否を決定する。必要に応じて査読委員を委嘱する。
- 3) 掲載順序は、編集委員会が決定する。

6. 投稿料

- 1) 投稿料は刷り上がり1頁当たり10,000円とする。また、カラー印刷、トレース、英文抄録校閲費などの実費は別途に算出して著者負担とする。ただし、非会員の依頼論文、講演抄録の掲載料は無料とする。
- 2) 別刷り希望の場合は原稿投稿のおり編集委員会宛に申し出ること、その経費は著者負担とする。

7. 著作権

本誌に掲載された論文の著作権（著作財産権 copy right）は本会に帰属する。本会が必要と認めるときあるいは外部からの引用の申請があったときは、

編集委員会で審議し、掲載ならびに著作権使用を認めることがある。

8. 複写権の行使

著者は当該著作物の複写権および公衆送信権の行使を本会に委任するものとする。

9. 校正

著者校正は原則として初校のみとする。組み版面積に影響を与えるような加筆、変更は認めない。

10. 原稿の様式

投稿原稿は「日本磁気歯科学会雑誌」投稿の手引きに従って執筆する。準拠しない原稿は加筆、訂正を申し入れる。または却下する場合がある。

11. 改廃

この規程の改廃は、編集委員会の発議により、理事会での協議のうえ、理事会の承認を得なければならない。

日本磁気歯科学会雑誌「投稿の手引き」

日本磁気歯科学会雑誌への投稿では、投稿規程のほかに本手引きに準拠する。

1. 投稿方法の概要

- 1) 投稿は、日本磁気歯科学会編集委員会宛へEメールにより送信する。
- 2) 原稿は次の順に作成し、番号ごとに改頁する。
 - 表題の頁を第1頁とし、頁番号を下段中央に記す。表は本文末に表ごとに改頁して添付し、図はPower Point ファイルに貼りつける。
 - (1) 表題、著者名、所属、キーワード5語以内(和文、英文)、別刷り数、PDFの要否
 - (2) 和文抄録(総説論文の場合のみ必要)400字以内
 - (3) 英文抄録、200 words 以内
 - (4) 本文原稿
 - (5) 文献
 - (6) 図表のタイトル
 - (7) 表

2. 原稿の様式

- 1) 文章および表はMS-Wordに記載し、特に表については本文末に表ごとに改頁して添付すること。また図に関しては、Power Pointにて作成することとする。
- 2) 図表については、全段または片段を指定し、白黒またはカラーを図表ごとに明記すること。
- 3) 原稿は、漢字混じり平仮名、口語体、横書きとし、A4版、余白(全て25mm)、行数(36~40行程度)、文字の大きさ(10.5pt)で記載すること。歯式はFDI方式を使用すること、英文も同様。本文中の句読点は、カンマ(,)ピリオド(.)を使用すること。また、数字、欧文はすべて半角で入力し、欧文における単語間は半角とする。
- 4) 本文の他に、和文抄録(総説の場合のみ:400字以内)、英文抄録(200 words 以内)、キーワード(英訳つき、5語以内)を記載すること。
- 5) 必ず表紙を付け、表紙には、表題、著者名(フル

ネーム)、所属(以上には英語訳を付ける)、キーワード(英訳付き、5語以内)、別刷り数、pdf(別刷りのpdfです)の要否を記載すること。

- 6) 原稿(表紙、和文抄録、英文抄録、本文、引用文献、図表のタイトル、表を含む)(Author_txt.doc)と図(Author_ppt)の2つのファイルに分けて送ること。図表には、表1、図1等の番号とタイトルをつけ、挿入箇所を本文の右欄外または文中(カッコ書きで図表の番号を記入)に朱記すること。図表内容の詳細な説明はタイトルに記載しないこと。
 - 7) 総説、原著論文は原則として刷り上がり20頁以内、臨床論文は10頁以内、その他は5頁以内とし、講演抄録は本文を800字以内とする。なお、講演抄録には、図表および英文抄録は付けない。
- ### 3. 文献の記載様式
- 1) 本文で引用した順序に一連番号を付して列記し、本文の末尾に記載する、同一箇所複数引用した場合は年代順とする。
 - 2) 著者名は姓、名(外国人のFirst Nameはイニシャルのみ)の順とする。
 - 3) 共著の場合は筆頭者を含め6名まで記して、7人目からは、「ほか」または[et al.]と略す。ただし、広報編集委員会が認めれば7名以上を記載することができる。
 - 4) 引用文献の表示は原著の表示に従う。英文の場合は、文頭の語の頭文字のみ大文字とする。
 - 5) 雑誌文献引用記載は次の方式による。
 - (1) 雑誌論文は著者、表題、雑誌略名、発行年(西暦表示とする);巻:頁-頁、の順に記載する。頁は通巻頁を原則とするが、頁表記が1号ごとに第1ページから始まる(通し頁でない)雑誌に限り、号も記載する。
 - (2) 雑誌の略名は当該誌が標榜する略称(付:学術雑誌略号一覧参照)とする。それ以外は医学中央雑誌の略名表とIndex Medicusに準拠する。

- (3) 原書あるいは原論文が得られずに引用する場合は、末尾に(から引用)と付ける。
- (4) 受理されたが未発刊の文献は末尾に印刷中(英文の場合は, in press)と記載する。
- (5) Web ページの引用記載様式は, Vancouver style とする。

一般例:

田中貴信, 中村好徳, 神原 亮, 庄司和伸, 熊野弘一, 増田達彦ほか. 磁性アタッチメントの新たな適応症を求めて一歯冠外アタッチメントへの挑戦. 日磁誌 2000; 15: 256-264.

Kanbara R., Nakamura Y., Ando A., Kumano H., Masuda T., Sakane M. et al. Stress analysis of an abutment tooth with extracoronary magnetic attachment. J J Mag Dent 2010; 19: 356-357.

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK,

<<http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>>; 2003 [accessed 13.03.03].

通し頁でない雑誌の例:

宮田利清, 中村好徳, 安藤彰浩, 庄司和伸, 新実 淳, 熊野弘一ほか. 磁性アタッチメントの加熱による吸引力への影響. 日磁誌 2009; 19(5): 15-20.

Kanbara R., Nakamura Y., Tanaka K. Three-dimensional finite element stress analysis. Dent Mater J 2012; 31(3): 29-33.

6) 単行本文献引用記載は次の方法による。

- (1) 単行本は著者. 書名. 発行地: 発行者; 発行年, 頁一頁. の順に記載する。
- (2) 単行本の書名は略記しない。
- (3) 単行本を2カ所以上で引用する際は, 各々の引用頁を記載する。

例:

田中貴信. 磁性アタッチメント. 東京: 医歯薬出版; 1995, 122-130.

Glickman I. Clinical Periodontology. Philadelphia: Saunders; 1953, 76-78.

Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Brackett SE. Fundamentals of fixed prosthodontics, 3rd ed. Chicago: Quintessence; 1997, 155-169, 211-223.

7) 分担執筆の単行本文献引用記載は次の方式による。

分担執筆の単行本は分担執筆者. 分担執筆の表題. 編者または監修者, 書名, 巻などの区別, 発行地: 発行者; 発行年, 頁一頁. の順に記載する。

例:

津留宏道. テレスコープシステムの理論と実際.

林都志夫, 保母須弥也, 三谷春保ほか編, 日本の補綴, 東京: クインテッセンス出版; 1981, 277-291.

Ogle RE. Preprosthetic surgery. In: Winkler S, editor, Essentials of complete denture prosthodontics, Philadelphia: Saunders; 1979, 63-89.

8) 翻訳書文献引用記載は次の方式とする。

翻訳の単行本, 論文は著者(翻訳者). 書名(翻訳書名. 発行地: 発行者; 発行年, 頁一頁.), 発行年. の順に記載する。

例:

Hickey JC, Zarb GA, Bolender CL (川口豊造). Boucher's prosthodontic treatment for edentulous patients (パウチャー無歯顎患者の補綴治療. 東京: 医歯薬出版; 1988, 397-399.), 1985.

4. 図と表の書き方

- 1) 図表は, 片段あるは両段を指定し, 白黒あるいはカラーの区別を明記すること。
- 2) 図表のタイトルおよび説明文を併記する。
- 3) 図と表(写真を含む)は本文で引用順に, 表は表1, 表2..., 図(写真を含む)は図1, 図2...のように一連番号をつける。表および図は1枚ごとに改頁する。
- 4) 表1, 図1等の番号とタイトルをつけ, 挿入箇所を本文右欄外または本文中に朱書する。
- 5) 図ファイル(Power Point)の総データサイズが15メガバイト(MB)未満となるよう可能な範囲内でできるだけ鮮明に図表の画像データを調整する。もし画像解像度が著者の満足する水準に至らない場合は, 投稿論文受領後, 出版前最終校正時に所望する画像データを日本磁気歯科学会編集委員会へ送付する。

5. 学会誌掲載時の校正

- 1) 学会誌掲載時の校正は著者が行う。学会事務局から電子メールで著者に送付されるPDFファイルの校正用原稿に, 日本工業規格(JIS Z8280-1965)に準拠した形式で校正を行う。
- 2) 校正を終了した原稿は, 電子メールもしくはファックスで速やかに返送する。

6. その他論文作成上の留意事項

- 1) 見出しは次の順に項目をたて, 順に行の最初の一画をあける。

I, II, III, IV, V,

1, 2, 3, 4, 5,

1) 2) 3) 4) 5)

(1) (2) (3) (4) (5)

- a, b, c, d, e,
a) b) c) d) e)
(a) (b) (c) (d) (e)
- 2) 材料, 器材の表記は, 一般名 (製品名, 製造社名, 所在地, 国名) を原則とする.
例: 即時重合レジソ (ユニファースト, GC, 東京, 日本)
- 3) 歯学学術用語などについては平成4年日本歯科学会発行の「学術用語集歯学編 (増訂版)」, 平成21年社団法人日本補綴歯科学会発行の「歯科補綴学専門用語集 (第3版)」に準拠する.
- 4) 計測データとその取り扱い: 計測データは, 原則として, 平均値, 標準偏差等の統計値を用いて表

現されるべきである. また, データの属性や分布に応じて, 適切な統計解析を行わなければならない. 詳細については「統計解析のガイドライン」を参照する.

- 5) 数字は算用数字とする.
6) 数字を含む名詞, 形容詞, 副詞 (例: 十二指腸, 三角形など) は漢数字とする.
7) 単位は原則として国際単位系の基本単位, 補助単位および組み立て単位を使用する (温度は摂氏を使用する).

参照: 単位及び単位間換算表: 日本金属学会編 (及川洪). 「改訂二版金属データブック」(1984) 丸善 (株)

原稿の様式の例

原稿は, 以下の順に作成し, 番号ごとに改頁する.
表題の頁を第1頁とし, 頁番号を下段中央に記す.
表は本文末に表ごとに改頁して添付し, 図は Power Point ファイルに貼りつける.

1. 表紙

①表題 (英語訳を付ける)

磁気歯科学会雑誌のための原稿の書き方

How to write draft for J J Mag Dent

②著者名, 所属 (英語訳を付ける)

著者名: 磁気太郎, 磁石花子¹, 根面板介, 吸引力¹
Taro Jiki, Hanako Jishaku¹, Bansuke Konmen
and Chikara Kyuin¹

所属名: 江戸大学歯学部歯科理工学講座

¹ 上方大学歯学部歯科理工学講座

Department of dental Materials Science,
School of Dentistry, Edo University

¹ Department of dental Materials Science,
School of Dentistry, Kamigata University

③キーワード (英訳付き, 5語以内)

磁性アタッチメント (Magnetic attachment), 磁石 (Magnet), キーパー (Keeper), 磁石構造体 (Magnetic assembly), 金合金 (Gold alloy)

④別刷数

別刷数 100部

⑤pdf (別刷りの pdf です) の要否を記載のこと. pdf 要

-----改ページ-----

2. 和文抄録 (総説論文の場合のみ必要)

400文字以内

-----改ページ-----

3. 英文抄録

Max 200 words

-----改ページ-----

4. 本文

1. 諸言, 2. 材料および方法, 3. 結果, 4. 考察, 参考文献の順に記載すること.

文献は引用箇所に番号をつけ, 本文の末尾に引用順に並べる.

-----改ページ-----

図表のタイトルを引用文献の後に付ける.

図1

図2

表1

表2

-----改ページ-----

表は本文末に表ごとに改頁して添付する

表1

-----改ページ-----

表2

図は Power Point にて作成する

原稿送付先

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座内

日本磁気歯科学会編集委員会

委員長 中村好徳

〒464-0056 名古屋市千種区末盛通り2-11

TEL: 052-759-2152 FAX: 052-759-2152

E-mail: jjmag@jismad.jp

平成27・28年度日本磁気歯科学会役員

(平成27年1月1日～平成28年12月31日)

理事長：鱒見 進一（九歯大・教授）
 副理事長：大川 周治（明海大・歯・教授）
 庶務担当理事：大川 周治（明海大・歯・教授）
 編集担当理事：中村 好徳（愛院大・歯・准教授）
 会計担当理事：秀島 雅之（東医歯・歯・講師）
 学術担当理事：越野 寿（北医療大・歯・教授）
 監事：東風 巧（千葉県開業）
 田中 貴信（愛院大・歯・教授）
 水谷 紘（東医歯大・歯・非常勤講師）

理事：(50音順)

會田 英紀（北医療大・歯・准教授）	土田富士夫（神奈川県開業）
芥川 正武（徳島大・工・講師）	中村 和夫（山王病院 歯科）
石上 友彦（日大・歯・教授）	永田 和裕（日歯新潟・歯・准教授）
市川 哲雄（徳島大・歯・教授）	誉田 雄司（福島県開業）
大久保力廣（鶴見大・歯・教授）	蒔田 真人（静岡県開業）
大山 哲生（日大・歯・診療准教授）	槇原 絵理（九歯大・歯・助教）
倉林 亨（東医歯大・歯・教授）	増田 達彦（愛院大・歯・講師）
高田 雄京（東北大・歯・准教授）	水口 俊介（東医歯大・歯・教授）
田中 讓治（千葉県開業）	都尾 元宣（朝日大・歯・教授）

編集委員会：中村好徳（委員長）、會田英紀、芥川正武、石上友彦、高田雄京、中村和夫、鱒見進一

学術委員会：越野 寿（委員長）、芥川正武、尾澤昌悟、秀島雅之、槇原絵理、鱒見進一

用語検討委員会：水口俊介（委員長）、石上友彦、高田雄京、中村好徳、秀島雅之、鱒見進一

プロジェクト検討委員会：市川哲雄（委員長）、大久保力廣、越野 寿、高田雄京、土田富士夫、秀島雅之

会則検討委員会：中村和夫（委員長）、大山哲生、秀島雅之、大川周治

安全基準検討委員会：大久保力廣（委員長）、芥川正武、石上友彦、土田富士夫、長谷川みかげ、倉林 亨、土橋俊男、

医療委員会：秀島雅之（委員長）、梅川義忠、尾澤昌悟、河野稔広、河野 舞、鈴木恭典、田中讓治、永尾 寛、西山 暁、星合和基

広報委員会：芥川正武（委員長）、大山哲生、越野 寿、誉田雄司、槇原絵理、和達重郎

認定医審議委員会：石上友彦（委員長）、田中讓治、中村好徳、鱒見進一、都尾元宣

臨床評価委員会：永田和裕（委員長）、大山哲生、曾根峰世、増田達彦

ISO 対策委員会：高田雄京（委員長）、石上友彦、梅川義忠、神原 亮、中村好徳、槇原絵理、鱒見進一

オブザーバー：菊地 亮、眞塩 剛

倫理審査委員会：大川周治（委員長）、越野 寿

利益相反委員会：大山哲生（委員長）、大川周治、槇原絵理

理事長幹事：河野稔広（九歯大・歯）

庶務幹事：曾根峰世（明海大・歯）

編集幹事：神原 亮（愛院大・歯）

認定医審議幹事：梅川義忠（日本大・歯）
学 術 幹 事：豊下祥史（北医療大・歯）
用語検討幹事：金澤 学（東医歯大・歯）
プロジェクト検討幹事：石田雄一（徳島大・歯）
臨床評価幹事：菅原佳広（日歯新潟・歯）
I S O 幹 事：高橋正敏（東北大・歯）
利益相反幹事：中林晋也（日本大・歯）

事 務 局：日本磁気歯科学会事務局
明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野内
〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台1-1
TEL：049-279-2747 FAX：049-279-2747

日本磁気歯科学会 認定医名簿

(平成26年12月現在)

認定医番号	氏名	所属
1	田中貴信	愛知学院大学歯学部
2	石上友彦	日本大学歯学部
3	星合和基	愛知学院大学歯学部
4	石橋寛二	岩手医科大学歯学部
5	水谷 紘	東京医科歯科大学
6	鱒見進一	九州歯科大学
8	大川周治	明海大学歯学部
12	細井紀雄	鶴見大学歯学部
13	中村和夫	東京医科歯科大学大学院
15	磯村哲也	康生歯科医院
16	田中讓治	田中歯科医院
20	細見洋泰	細見デンタルクリニック
21	井上 宏	大阪歯科大学
22	佐々木英機	佐々木歯科医院
23	平井敏博	北海道医療大学歯学部
24	津田賢治	中花ファミリー歯科
25	誉田雄司	誉田歯科医院第一診療所
28	中村好徳	愛知学院大学歯学部
29	石川 晋	石川歯科医院
30	水野直紀	みずの歯科医院
31	蒔田真人	敬天堂歯科医院
32	平田幹男	平田歯科医院
33	大貫昌理	鶴見大学歯学部
34	土田富士夫	鶴見大学歯学部
35	大山哲生	日本大学歯学部
36	佐々木秀隆	東京医科歯科大学歯学部
37	大塩恭仁	徳島大学歯学部
38	郡 元治	徳島大学歯学部
39	大草大輔	大草歯科医院
41	松崎慎也	中村歯科医院
42	楨原絵理	九州歯科大学歯学部
43	蓮池敏明	明海大学歯学部
44	藤本俊輝	日本大学歯学部
45	千草隆治	千草歯科医院

認定医番号	氏名	所属
46	都尾元宣	朝日大学歯学部
47	薩摩登誉子	徳島大学歯学部
48	佐藤志貴	さとう歯科
49	八木まゆみ	九州歯科大学歯学部
50	宮前真	愛知学院大学歯学部
51	長谷川信洋	愛知学院大学歯学部
52	天野優一郎	愛知学院大学歯学部
53	倉田秀	三井住友銀行診療所
54	中村浩子	愛知学院大学歯学部
56	安藤智宏	東京医科歯科大学歯学部
57	山本公珠	愛知学院大学歯学部
58	庄司和伸	愛知学院大学歯学部
59	武藤亮治	鶴見大学歯学部
60	石田雄一	徳島大学大
61	熊野弘一	愛知学院大学歯学部
62	増田達彦	愛知学院大学歯学部
63	神原亮	愛知学院大学歯学部

賛助会員 (五十音順)

愛知製鋼株式会社	〒476-8666	愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 電子・磁性部
医歯薬出版株式会社	〒113-0021	東京都文京区本駒込1-7-10 歯科宣伝
株式会社 ジーシー	〒113-0033	東京都文京区本郷3-2-14
株式会社 モリタ	〒564-8650	大阪府吹田市垂水町3-33-18
日本メディカルテクノロジー株式会社	〒176-0011	東京都練馬区豊玉上2-2-5 桜台ツーウッズビル2F
NEOMAXエンジニアリング株式会社	〒360-8577	埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地
和田精密歯研株式会社	〒532-0002	大阪府大阪市淀川東三国1-12-15 辻本ビル6F

- 編集後記 -

日本磁気歯科学会雑誌23巻の作製にあたりまして、本年度も多数の企業様から御協力を頂き、発行に至ることができました。また、本年は日本メディカルテクノロジー株式会社様も賛助会員に加わっていただき、我々学会員も益々学会の発展に尽力していかなければならないと考えております。

本誌の編集委員会は平成26年8月25日(月)に開催し、査読の結果、総説11編、原著3編、臨床報告2編を掲載することとなりました。関係各位に深く感謝申し上げます。

今後も会員の皆様に充実した雑誌を提供できますよう編集委員会も努力して参ります。会員の皆様におかれましても、振るっての原著論文、臨床論文のご投稿宜しくお願い申し上げます。

◆次号の原稿締切りは、平成27年6月30日の予定です。随時投稿受付を行っておりますので、お早めにご準備のほどお願い申し上げます。編集の迅速化と印刷費低減のため、メールあるいはCD送付などの電子媒体でのご投稿にご協力ください。メールでのご投稿は下記のメールアドレスまで。

jimag@jismad.jp

編集幹事 神原 亮

編集委員長 中村好徳 (愛知学院大学)

編集委員 會田英紀 (北海道医療大)

(五十音順) 芥川正武 (徳島大学)

石上友彦 (日本大学)

高田雄京 (東北大学)

中村和夫 (東京都開業)

鱒見進一 (九州歯科大学)

編集幹事 神原 亮 (愛知学院大学)

日本磁気歯科学会雑誌 第23巻・第1号

2014年12月1日発行

発行者 鱒見進一

発行所 日本磁気歯科学会

事務局 明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野内

〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台1-1

TEL: 049-279-2747 FAX: 049-279-2747

印刷 東北大学生生活協同組合キャンパスサポートセンター

〒989-3121 宮城県仙台市青葉区郷六字久保8-1

TEL: 022-226-3886・3887 FAX: 022-223-4518