

北海道医療大学歯学雑誌

The Dental Journal of Health Sciences University of Hokkaido

北 医 療 大 歯 誌
第25巻 第1号 平成18年6月
目 次

〔解 説〕

- 1 歯科用合金と接着機能性高分子材料との接着に関する研究
大野 弘機.....(1)

〔原 著〕

- 31 Chew-and-spit法の算定法改善による食品咀嚼における全唾液分泌能力測定
倉橋 昌司.....(31)
- 37 グレートテーバーガッタパーチャポイントの根管封鎖性
畑 良明, 立松 祐哉, 甕 富美子, 永井 康彦,
半田 慶介, 斎藤 隆史.....(37)
- 45 乳歯う蝕, 永久歯う蝕に及ぼす生活要因分析
—札幌市白石区某小学校における調査から—
畑 良明, 三浦 宏子, 葭内 純史, 山崎 亜希,
半田 慶介, 斎藤 隆史.....(45)
- 53 実験的歯の移動時のラット歯周組織圧迫側におけるMMP-13の局在
水上 和博, 浜谷 明里, 坂倉 康則, 矢嶋 俊彦, 溝口 到.....(53)
- 63 株化骨芽細胞様細胞MC3T3-E1細胞の分化・石灰化過程における
デコリンとバイグリアンのmRNA発現
泰間 康平, 鳥谷奈保子, 荒川 俊哉, 田隈 泰信, 溝口 到.....(63)

〔症例報告〕

- 73 Globulomaxillary lesionの1例
藤井 茂仁, 細川洋一郎, 大内 知之, 高橋 陽夫, 松嶋 宏篤,
金子 昌幸, 賀来 享, 矢嶋 俊彦.....(73)

北海道医療大学歯学会役員

会 長 矢 嶋 俊 彦
専 務 理 事 越 智 守 生
常 任 理 事 斎 藤 隆 史・千 葉 逸 朗 (庶務担当)
越 智 守 生・国 永 史 朗 (会計担当)
和 泉 博 之・田 隈 泰 信 (編集担当)
溝 口 到・越 野 寿 (企画担当)
監 事 小 野 正 利・賀 来 亨

Editorial Board

Editor-in-Chief : Hiroshi IZUMI

Members : Morio OCHI, Takashi SAITOU, Takanori SHIBATA,
Taishin TAKUMA, Yosuke TOJYO, Itaru MIZOGUCHI

The Dental Society of Health Sciences University of Hokkaido

President : Toshihiko YAJIMA

Vice President : Morio OCHI

Auditors : Masatoshi ONO, Tohru KAKU

Directors : Hiroshi IZUMI, Morio OCHI, Shiro KUNINAGA,
Hisashi KOSHINO, Takashi SAITOU, Taishin TAKUMA,
Itsuo CHIBA, Itaru MIZOGUCHI

Address of Office

c/o Health Sciences University of Hokkaido, Ishikari-Tobetsu, Hokkaido 061-0293, Japan

Address of Editorial Board

Hiroshi IZUMI

Department of Oral Physiology, School of Dentistry,
Health Sciences University of Hokkaido,
Ishikari-Tobetsu, Hokkaido 061-0293, Japan

E-mail: izumih@hoku-iryo-u.ac.jp

Phone: +81 133-23-1239; Fax: +81 133-23-1402

北海道医療大学歯学雑誌
第25巻 第1号 平成18年6月
目 次

〔総 説〕

- 1 歯科用合金と接着機能性高分子材料との接着に関する研究
大野 弘機……………(1)

〔原 著〕

- 31 Chew-and-spit法の算定法改善による食品咀嚼における全唾液分泌能力測定
倉橋 昌司……………(31)

- 37 グレートテーパーガッタパーチャポイントの根管封鎖性
畑 良明, 立松 祐哉, 甕 富美子, 永井 康彦,
半田 慶介, 斎藤 隆史……………(37)

- 45 乳歯う蝕, 永久歯う蝕に及ぼす生活要因分析
—札幌市白石区某小学校における調査から—
畑 良明, 三浦 宏子, 葭内 純史, 山崎 亜希,
半田 慶介, 斎藤 隆史……………(45)

- 53 実験的歯の移動時のラット歯周組織圧迫側におけるMMP-13の局在
水上 和博, 浜谷 明里, 坂倉 康則, 矢嶋 俊彦, 溝口 到……………(53)

- 63 株化骨芽細胞様細胞MC3T3-E1細胞の分化・石灰化過程における
デコリンとバイグリアンのmRNA発現
泰間 康平, 鳥谷奈保子, 荒川 俊哉, 田隈 泰信, 溝口 到……………(63)

〔症例報告〕

- 73 Globulomaxillary lesionの1例
藤井 茂仁, 細川洋一郎, 大内 知之, 高橋 陽夫, 松嶋 宏篤,
金子 昌幸, 賀来 亨, 矢嶋 俊彦……………(73)

The Dental Journal of Health Sciences University of Hokkaido
VOL. 25, NO. 1, JUNE, 2006
CONTENTS

COMMENTARY

- 1 **A Study on Adhesion of Adhesive Resin to Dental Alloys**
Hiroki OHNO (1)

ORIDINAL REPORTS

- 31 **Evaluation of salivary flow rate during chewing of food
by improved chew-and-spit method**
Masashi KURAHASHI (31)
- 37 **A study on the sealing ability of the great tapered gutta-percha point**
Yoshiaki HATA, Yuya TATEMATSU, Fumiko MOTAI, Yasuhiko NAGAI,
Keisuke HANDA, Takashi SAITO (37)
- 45 **A Statistical Analysis of Cariogenic Factors in Deciduous or Permanent Teeth
Dental Examinations in Elementary School Children in Shiroishi, Sapporo**
Yoshiaki HATA, Hiroko MIURA, Yoshifumi YOSHIUCHI,
Aki YAMAZAKI, Keisuke HANDA, Takashi SAITO (45)
- 53 **Localization of MMP-13 on the pressure side of rat periodontal tissues
during orthodontic tooth movement**
Kazuhiro MIZUKAMI, Meiri HAMAYA, Yasunori SAKAKURA,
Toshihiko YAJIMA, Itaru MIZOGUCHI (53)
- 63 **Quantitative mRNA analysis of decorin and biglycan during differentiation
and calcification in MC3T3-E1 cells**
Kohei TAIMA, Naoko TORIYA, Toshiya ARAKAWA, Taishin TAKUMA,
Itaru MIZOGUCHI (63)

CASE REPORT

- 73 **A Case of Globulomaxillary Lesion**
Shigehito FUJII, Yoichiro HOSOKAWA, Tomoyuki OHUCHI, Akio TAKAHASHI,
Hiroatsu MATSUSHIMA, Masayuki KANEKO, Tohru KAKU, Toshihiko YAJIMA (73)

〔解説〕

歯科用合金と接着機能性高分子材料との接着に関する研究

大野 弘機

北海道医療大学歯学部歯科理工学講座

A Study on Adhesion of Adhesive Resin to Dental Alloys

Hiroki OHNO

Department of Dental Materials Science, School of Dentistry,
Health Sciences University of Hokkaido

Abstract

Adhesion of 4-META resin to dental base metal alloys and precious metal alloys was investigated in relation to the surface structures of the alloys. The surface structures of the alloys were mainly analyzed by electron spectroscopy for chemical analysis (ESCA). Section 2 discusses the bonding ability of 4-META resin to base metal alloys (Co-Cr and Ni-Cr) covered with passive films and oxide layers formed by high-temperature oxidation. Resin-passive surface bonds were stronger than resin-oxidized surface bonds.

Section 3 discusses the mechanisms of destruction of metal-resin adhesion due to water with the findings of the surface structures of the alloys. The water content at the adhesion interface was calculated with the solution to Fick's second equation to discuss the degradation at the interface with respect to the water content. The water durability at the adhesion interface was investigated by separation tests of resin film using liquid nitrogen. The thermal stress induced by thermal shock was calculated by the three-dimensional finite element method.

A new method (Ga-Sn modification) for promoting adhesion between precious metal alloys and 4-META resin was developed and it is described in section 4. Gold-based and silver-based alloys modified by a Ga-Sn liquid alloy showed both high bond strengths and also excellent water durability at the adhesion interface.

In section 5, base metals were added to a dental precious metal alloy to develop alloys that adhere strongly to dental adhesive resins without surface modification. The ESCA analysis showed that oxides such as In_2O_3 , ZnO , and SnO_2/SnO played an important role in improving the adhesive ability of the alloys.

External and internal oxidation zones composed of Cu oxides were formed on the surfaces of dental precious metal alloys containing Cu when the alloy was heated at a high temperature in air. A sponge-like structure was formed on the alloy surface after removal of the internal oxidation particles with an acid solution. The bonding strength of 4-META resin to the porous alloy surface is discussed in section 6.

キーワード：接着，歯科用合金，4-META，表面構造，ESCA

1. 序 論

歯科医療における接着技術は，実用段階に達してわずか25年しか経過しておらず，工業界の接着技術と比較して大きく立ち遅れていた。しかし，歯質ならびに歯科用

合金と強固に接着する接着機能性モノマーとして，Fig. 1-1に示す4-META（4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride）が1978年に開発され，歯科医療技術に大きな変革をもたらした。また，同時に重合開始剤として導入

受付：平成18年3月31日

されたトリ・ブチル・ボラン (TBB) も特異な反応特性を有している。すなわち、一般に重合開始剤として広く使用されている過酸化ベンゾイル (BPO) は、空気や水の存在下では、重合反応が阻害される。しかし、TBBは、空気中の酸素や被着体表面の水と反応し、過酸化物を形成し、ラジカルを生成するという生体環境に適した特性を有している。

本研究では、接着剤を4-META含有アクリルレジン(4-METAレジンと略す)に限定し、Table 1-1に示す金属(卑金属合金・貴金属合金)と接着剤の接着界面を研究対象とした。接着技術の導入によってもたらされる最大の恩恵は、健全な歯質の削除量を大幅に減少できることである。また接着による修復物と歯質の一体化によって、歯冠修復物の耐久性を飛躍的に向上できることである。

接着という現象は、被着体の表面構造に非常に鋭敏である。被着体としての金属の表面構造は、合金を構成する純金属の種類と量によって異なる。すなわち、合金の成分と組成によって表面に形成される酸化物の種類と量が異なる。強固な接着界面構造を構築するためには、合金の表面構造と接着性との関係を解明する必要がある。また、接着構造物は、一般に乾燥状態では強固に接着しているが、水中に浸漬すると接着力が低下する。歯科医療において利用される接着構造物は、水の存在下で使用されるので、耐水性に優れた接着構造を構築する上でも被着体の表面構造と接着性の関係を解明することは重要

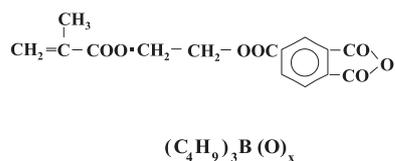


Fig. 1-1 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride (4-META) and tri-butyl borane (TBB).

な研究課題である。

本論文では、金属の表面構造と接着の関係を明らかにし、耐水性に優れた強固な接着界面の構築を研究目的とした。表面構造の解明には、合金の表面構造を解析するのに適した分析方法を選択する必要がある。そこで本研究では、反射電子回折法とX線光電子分光法(ESCA)を採用した。反射電子回折は、数十nmから数百nmの皮膜の結晶構造を解析するのに役立つ。またESCAは、1nmオーダーの極表面構造を解析できる。ESCAの分析領域と接着に関する表面の厚さはほぼ一致しているため、ESCAは接着現象を解明するための強力な分析法である。特に、装置内でアルゴンイオン・エッチングとESCA分析を繰り返すことによって、合金の表面から深さ方向における物質の化学状態の解析と成分の定量が可能である。本実験の条件では、エッチング速度は純銀上で0.1nm/secである。

本論文は、金属の表面構造と接着性に関する基礎的研究(1・2・3節)と接着性の向上に関する応用研究(4・5・6節)の2部から構成されている。すなわち、初めに、被着材としての歯科用卑金属合金の表面構造をESCAで詳細に解析し、表面構造と接着性について論じた(2節)。また生体材料分野では、水の存在する環境で接着構造物を使用されるため、水による接着界面の構造変化を調べることは重要である。そこで、水による劣化機構の解明に基づき、接着界面の耐水性の評価法を提案した(3節)。次に優れた耐水性を発揮する貴金属合金の表面改質法を開発し、表面構造と接着性について論じた(4節)。続いて、表面改質を必要としない接着用貴金属合金の開発を試みた(5節)。最後に、合金表面に多孔質構造を創製する技術を応用し、レジンとの機械的結合を強化する新しい方法について提案した(6節)。

Table 1-1 Compositions of dental alloys.

	Au	Pt	Pd	Ag	Cu	Zn	Sn	In	Cr	Ni	Co	Fe	other
Type IV*	70	3	3	10	14	-	-	-	-	-	-	-	-
14 K†	58.33	-	3	13.7	23.97	1	-	-	-	-	-	-	-
Ag-Pd‡	12	-	20	55	10	-	-	-	-	-	-	-	3
Ag-Cu§	-	-	-	70	27	-	-	-	-	-	-	-	3
Ag-Sn¶	-	-	-	65	-	13	22	-	-	-	-	-	-
Ag-In**	-	-	1	68	-	6	-	24	-	-	-	-	1
SUS	-	-	-	-	-	-	-	-	18	8	-	65	9
Co-Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	23	5	57	-	15
Ni-Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	15	59	15	-	11

*Casting Gold IV M.S. GC, Tokyo, Japan; †K 14 M.C. Gold Alloy, GC, Tokyo, Japan; ‡New Palla Gold, Tokuriki, Tokyo, Japan; §Yatagin, Yata, Osaka, Japan; ¶Miro Silver, GC, Tokyo, Japan; **Saivian, Nippon, Shiken, Tokyo, Japan; *Suncolium, Sankin, Osaka, Japan; †Sunilium, Sankin, Osaka, Japan.

2. 卑金属合金の表面構造と接着性

2-1 Co-Cr合金に対する接着性と合金表面構造

本節では、歯科用のCo-Cr合金と4-METAレジンとの接着強さを調べるとともに、ESCAで合金の表面構造を解析し、合金の表面状態と接着性との関係を明らかにした (Ohno et al., 1986a). 引張試験では、Fig. 2-1に示す試験片を使用した。ステンレス円板とステンレス棒を垂直に接着させ、かつ接着剤層の厚さを50 μ mにするために、Fig. 2-2に示すマイクロメータを備えた接着試験装置を用いた。Fig. 2-3は引張試験のためのジグである。引張試験を実施する前に、接着試験片に液体窒素(-196 $^{\circ}$ C)と水(40 $^{\circ}$ C)に各1分間浸漬する熱サイクルを20回負荷した。レジンと金属の熱膨張係数の違いを利用して、接着界面に熱応力を作用させることによって、接着性に及ぼす合金表面状態の違いを検出するためである。

接着性を評価する場合、接着強さのみならず、破壊様式も参考にした。破壊様式をTable 2-1に示す5つに分類した。Type Iはレジンの凝集破壊、Type IIは凝集破壊と界面破壊の混合破壊である。Type IIIは混合破壊である。これは、接着面の周辺において界面破壊を呈する場合で、熱サイクルの影響によって出現するタイプである。接着性が劣る場合、周辺の界面破壊の面積が増加する。Type IVはType IIとIIIの混合である。Type Vは全体が界面破壊を呈する場合である。合金とレジンが最も良く接着している場合には、Type Iとなる。逆に、接着性が悪い場合には、Type Vの破断面を呈する。

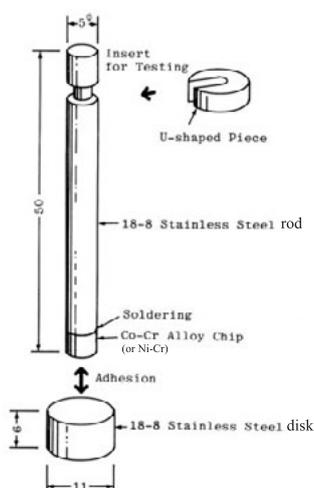


Fig. 2-1 Tensile test piece for bonding strength measurements. Alloy specimens were bonded with adhesive resin to an 18-8 stainless steel disk. The U shaped piece was applied to the groove in the stainless steel rod for the testing.

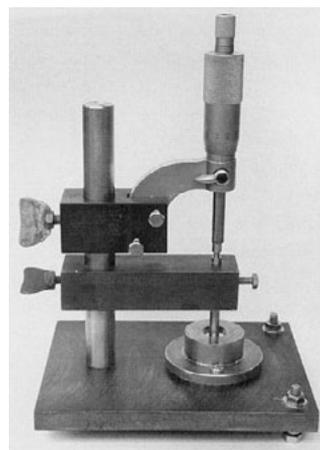


Fig. 2-2 Adhesion apparatus used to bond the stainless steel rod vertically to the alloy surface and to maintain a constant 50- μ m thick resin layer.

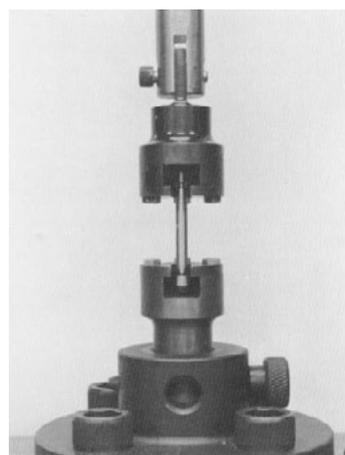


Fig. 2-3 Jig for the tensile test.

Table 2-1 Failure types and notation.

Failure Type	Observed Figure	Notation
I		
II		
III		
IV		
V		

Fig. 2-4は、研磨したままのCo-Cr合金表面に形成された不動態皮膜に対する接着強さで、熱サイクルを負荷しない場合（No-thermal cycles）と負荷した場合（Thermal cycles）の結果である。強さと破壊様式を示すために繰り返し結果を分散させて表現した。水平線はそれぞれの平均値を示す。同様にFig. 2-5と2-6に、300℃と500℃で5分間、空气中で加熱したCo-Cr合金に対する結果を示す。研磨したままでは、熱サイクル後においても強さは低下しないが、高温酸化を施した場合では、熱サイクルによって強さが低下するとともに、すべて

TypeⅢの破壊様式となった。熱サイクルを施さない場合、不動態皮膜と高温酸化皮膜の違いが強さと破壊様式に現れないが、この熱サイクル法を導入することによって、不動態皮膜の方が高温酸化皮膜よりも優れた接着性を示すことを明らかにできた。

Fig. 2-7は、Fig. 2-6の熱サイクルを負荷した結果について、強さ（ y ）と界面破壊の面積（ x ）の結果をプロットしたものである。この関係は、式（2-1）で表される。

$$y = -6x + 43.5 \text{-----} (2-1)$$

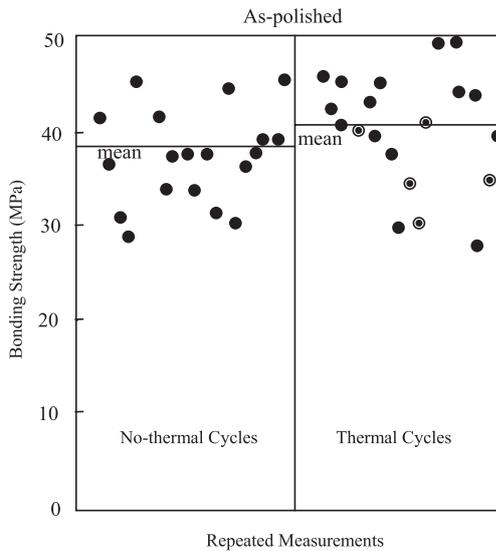


Fig. 2-4 Results of bonding strength measurement obtained from specimens bonded to the as-polished Co-Cr alloy surface. The left side shows the bonding strengths without thermal cycles (no-thermal cycles) and the right side are with the thermal cycles. The horizontal line shows the average of the repeated tests.

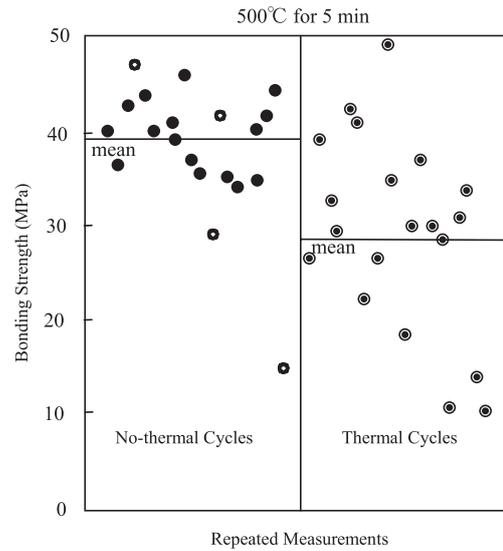


Fig. 2-6 Results of bonding strength measurements obtained from the Co-Cr alloy specimens oxidized at 500°C.

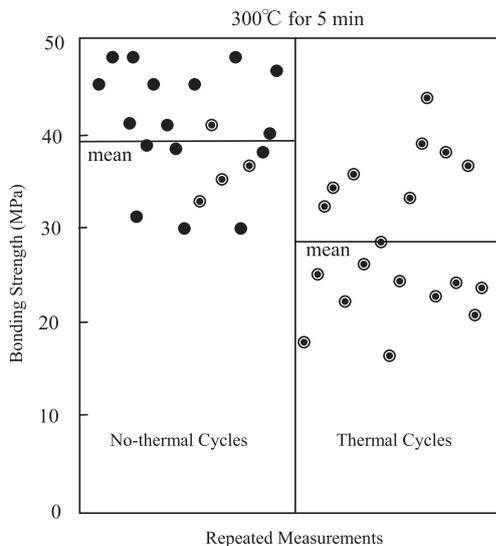


Fig. 2-5 Results of bonding strength measurements obtained for Co-Cr alloy specimens oxidized at 300°C.

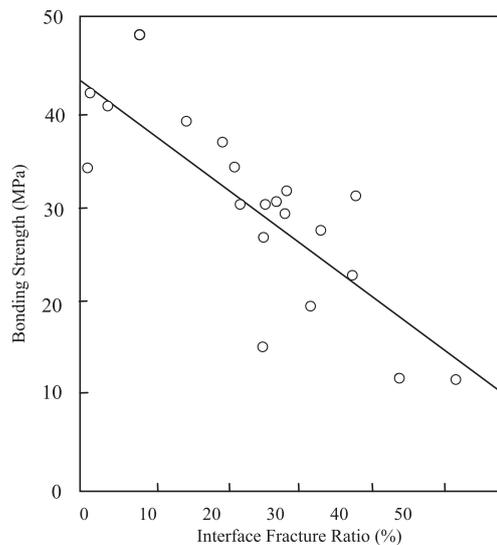


Fig. 2-7 Relationship between bonding strength and area fraction of interface failure at the periphery (Interface Fracture Ratio) from the tests of specimens subjected to thermal cycles in Fig. 2-6.

TypeⅢの破壊様式を呈する場合は、界面破壊の面積率が増大するに伴って、接着強さは直線的に低下する。

2-2 反射電子回折とESCAで解析された合金表面構造

2-1項で示した結果の理由を解明するために、2種類の合金の表面状態（研磨したままと高温酸化）を反射電子回折とESCAで分析した（Ohno et al., 1986a）. Fig. 2-8に反射電子回折パターンを示す. (a)は研磨したままの表面から、(b)は高温酸化の表面から得られた. 300℃ではパターンが不明瞭なので500℃の例を示した. (a)に示す回折パターンから、合金表面に存在する皮膜は非晶

質であることが分かる. また (b) に示す回折パターンから面間隔を計測した結果をTable 2-2に示す. 観測値とJCPDSデータとの比較から、(b)では主にCo₃O₄が生成していることを示している.

Fig. 2-9は、研磨したままのCo-Cr合金で得られたアルゴンイオン・エッチング前後のESCAスペクトルである. (a)はCo 2p_{3/2}で、(b)はCr 2p_{1/2,3/2}である. 'surface'はエッチングを施さない研磨したままの表面を意味する. エッチング40秒後に得られたスペクトルは、金属状態のCoとCrに対応するピークである. 一方、'surface'で得られたスペクトルの主ピークは、金属状態からCoでは2.9 eV, Crでは2.8eV高結合エネルギー側にシフトしている. 高エネルギー側のピークは酸化状態のCoとCrに対

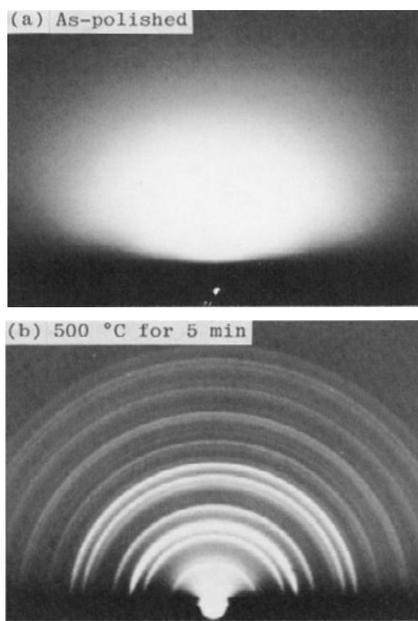


Fig. 2-8 Reflection electron diffraction patterns from the surfaces of the as-polished (a) and 500°C oxidized Co-Cr alloy specimens (b).

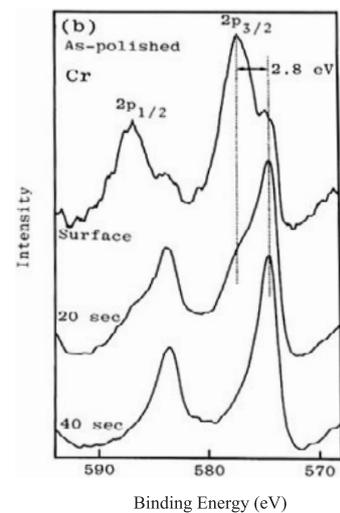
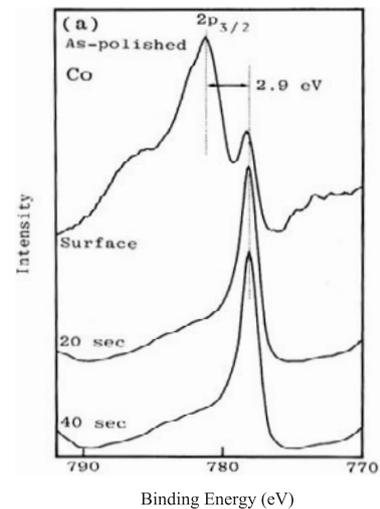


Fig. 2-9 ESCA spectra at different depths of the as-polished Co-Cr alloy specimens at varying argon ion etching times: (a) is the Co 2p_{3/2} spectrum and (b) is the Cr 2p_{1/2,3/2} spectra. The 'surface' spectra are from the surface without argon ion etching.

Table 2-2 Lattice spacings and intensities observed from diffraction rings (in Fig. 2.2-1 (b)) with the data for Co₃O₄ from the JCPDS card-index. An 'X' indicates the absence of an identification lattice spacing.

Observed values			Reference substance measured by X-ray		
			JCPDS card		
Ring No.	dÅ	I	Co ₃ O ₄		
			dÅ	I/I ₁	hkl
1	4.71	m	4.666	20	111
2	2.88	s	2.860	40	220
3	2.46	vs	2.438	100	311
4	2.33	vw	2.333	12	222
5	2.03	s	2.021	25	400
6	1.86 X	vw			
7	1.65	w	1.6505	12	422
8	1.57	s	1.5559	35	511
9	1.44	s	1.4293	45	440
10	1.37 X	vw			
11	1.29	vw	1.2788	6	620
12	1.24	w	1.2330	12	533
			1.2191	8	622
13	1.18	vw	1.1671	4	444
14	1.14	vw	1.1321	4	711
15	1.09	w	1.0803	8	642
16	1.06	w	1.0524	16	731

応する。従って研磨したままの表面では、金属状態と酸化状態が混合した状態であることを示している。金属状態の上に存在する不動態皮膜の厚さは、20秒エッチングのスペクトルから推定して、光電子の平均自由行程（約1 nm）に近い厚さであることが分かる。Fig.2-10は、300℃で5分間、高温で酸化したCo-Cr合金で得られたアルゴンイオン・エッチング前後のESCAスペクトルである。'surface'においては、Co 2p_{3/2}およびCr 2p_{1/2,3/2}スペクトルには、金属状態に対応するピークよりも、それぞれ1.7eVおよび2.5eV高結合エネルギー側に酸化物に対応するピークのみが認められる。この結果から、高温酸化で得られた合金の表面は、研磨した状態よりも厚い酸化物皮膜で被われていることが確認できる。

反射電子回折とESCAのケミカル・シフトから、

Co-Cr合金の表面状態を次のように決定した。Table 2-3は、CoとCrについて、金属状態に対する酸化状態のケミカル・シフトの文献値を示した。Table 2-4は、本実験で観測されたケミカル・シフトである。Table 2-5は、反射電子回折とESCAの結果から決定された表面状態を示す。金属状態のCoとCrについては、Co(0)とCr(0)で表現した。

合金の表面構造は、一番上層は酸化状態であるが、表面から深くなるに従って金属状態に変化する。この深さ方向における2つの状態の存在割合を分離して求めることができる。その方法について述べる。Fig.2-11の太い実線は、Fig.2-10 (b)のエッチング80secで得られたCr 2pスペクトルである。このスペクトルでは金属状態と酸化状態のCrが混在している。このスペクトルについ

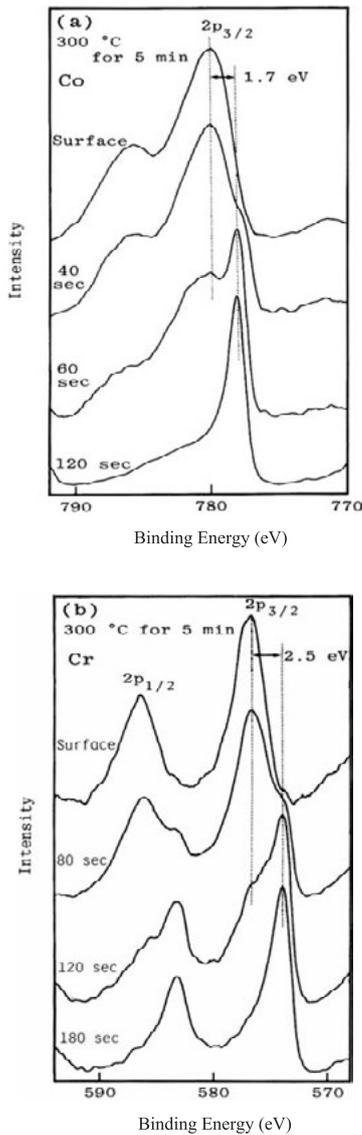


Fig. 2-10 ESCA spectra at different depths of the 300℃ oxidized Co-Cr alloy specimen.

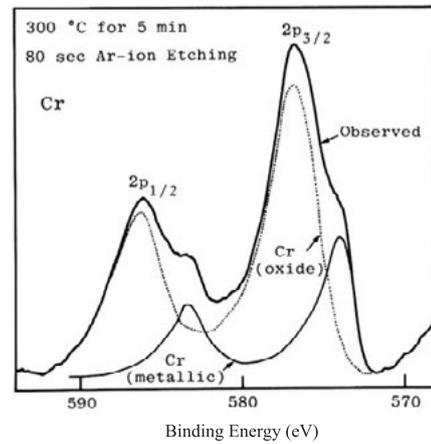


Fig. 2-11 The observed Cr 2p_{1/2,3/2} spectra (heavy solid line) after 80 sec argon ion etching of the Co-Cr alloy specimen oxidized at 300℃ resolved into the spectra for the metallic state (fine solid line) and Cr-oxide (dotted line). The area fractions of the spectra give the concentration of the two states.

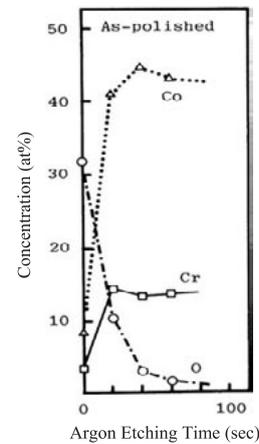


Fig. 2-12 Depth concentrations of Co, Cr, and O from the as-polished Co-Cr alloy specimen. One sec of etching time is equivalent about 0.1 nm etching.

て、波形分離によって2つの状態に分離した。分離した金属状態（細線）と酸化状態（点線）におけるスペクトルの面積率は、それぞれの存在割合を示す。

Fig.2-12は、研磨した表面で得られた深さ方向における元素の濃度変化である。CoとCrには、2つの状態が含まれているので、これを2つの状態に分離した。Co(a)とCr(b)の金属状態と酸化状態（unknown）の深さ方向の分布をFig.2-13に示す。Fig.2-14は、高温酸化を施した合金表面について、それぞれの元素の深さ方向における濃度変化である。Fig.2-13と同様に分離した金属状態と酸化状態の深さ方向における濃度変化をFig.2-15に示す。これらのFigs.2-13と2-15のデータを用いて、次の項で表面構造を論ずることとする。

1) 研磨したままのCo-Cr合金の表面構造

合金表面の酸素濃度をもとに表面構造の解析を試みた。Fig.2-16は、Crを含む合金の不動態皮膜のモデル（岡本モデル）である。金属イオンを中心にして水（H₂O）や水酸基（-OH）が6配位している。この不動態皮膜を構成する酸素の濃度 $C_{ox(passive)}$ は、式（2-1）で求めることができる。

$$C_{ox(passive)} = 3(C_{Co} + C_{Cr}) \text{ ----- (2-1)}$$

ただし、 C_{Co} と C_{Cr} は、深さ方向における酸化状態（unknown）のCoとCrの濃度で、それぞれFig.2-13の(a)と(b)から求めることができる。Fig.2-17は、不動態皮膜を構成する酸素濃度の実測値（Fig.2-12）と計算値を重ねたものである。計算値と実測値はほぼ一致し

Table 2-3 Reported oxide chemical shifts ΔE_B (eV) with reference to the metallic state.

Element	Oxides	Oxidation states	Energy level	ΔE_B (eV) Data taken from literature
Co	CoO	II	2p _{3/2}	2.9, 2.2, 2.5
	Co ₃ O ₄	II + III		1.8
	Co ₂ O ₃	III		1.6, 1.1
Cr	Cr ₂ O ₃	III	2p _{3/2}	3.0, 2.5, 2.4
	CrO ₃	IV		4.5, 4.9

Table 2-4 Measured chemical shifts ΔE_B (eV) of the unknown peak obtained from the Co-Cr alloy surface before argon ion etching with reference to the metallic state.

Surface pretreatment	Measured ΔE_B (eV)	
	Co 2p _{3/2}	Cr 2p _{3/2}
As-polished	2.9	2.8
300°C	1.7	2.5
500°C	2.2	2.3

Table 2-5 Characterization of the as-polished and oxidized surfaces of the Co-Cr alloy. X: the unknown substance, ?: chemical state not determined by ESCA.

Surface pretreatments	ESCA	Reflection electron diffraction
As-polished	Co(II)+Co(O), Cr(III)+Cr(O)	Amorphous
300°C	Co(?), Cr(III)	Co ₃ O ₄ + X
500°C	Co(?), Cr(III)	Co ₃ O ₄ + X

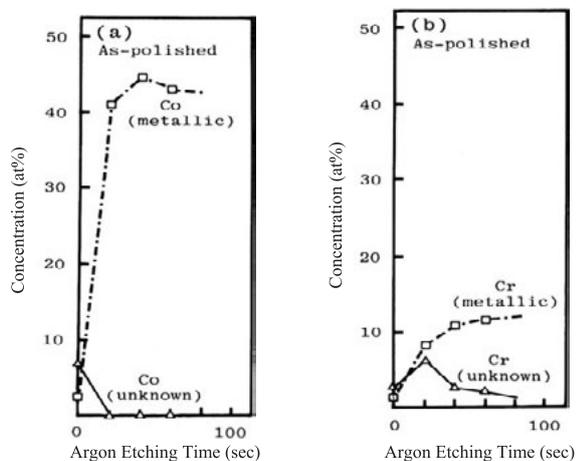


Fig. 2-13 Concentrations of the metallic and unknown states of Co (a) and Cr (b) in depth, obtained from the as-polished Co-Cr alloy surface (Fig. 2-12).

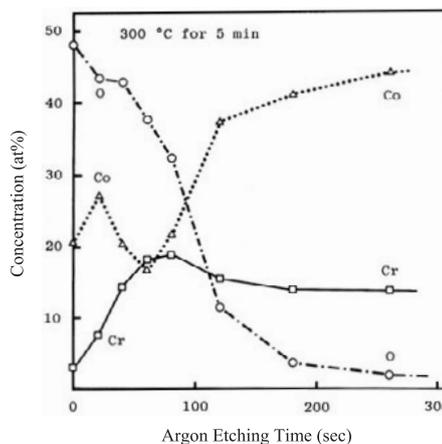


Fig. 2-14 Concentrations of Co, Cr, and O in depth, from the 300 °C oxidized Co-Cr alloy specimen. One sec etching is equivalent to ca. 0.1 nm in depth.

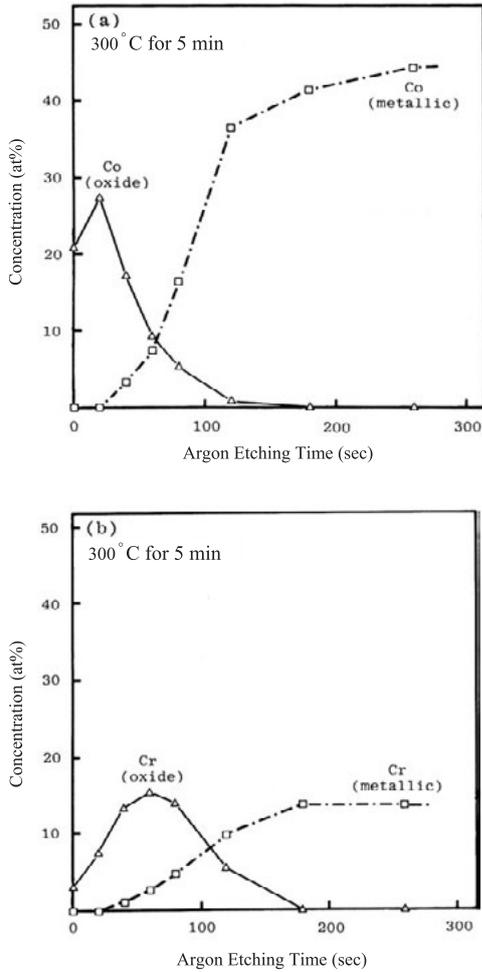


Fig. 2-15 Concentrations of the metallic and unknown states of Co (a) and Cr (b) in depth, obtained from the 300°C oxidized Co-Cr alloy surface (Fig. 2-14).

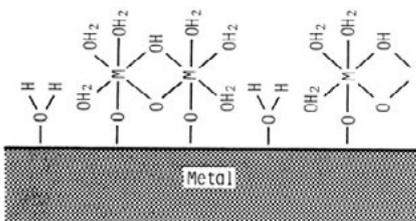


Fig. 2-16 Model of passivated surface on stainless steel (Okamoto).

ている。このことから、Co-Cr合金の研磨したままの表面構造は、不動態皮膜の岡本モデルと近似した構造であると結論できる。この構造モデルと4-METAとの化学結合を推論した。

2) 高温酸化を施したCo-Cr合金の表面構造

一方、300°Cで加熱した合金では、表面がCo₃O₄とCr₂O₃から構成されていると仮定し、式(2-2)に基づいて酸素濃度を計算した。深さ方向における酸化状態

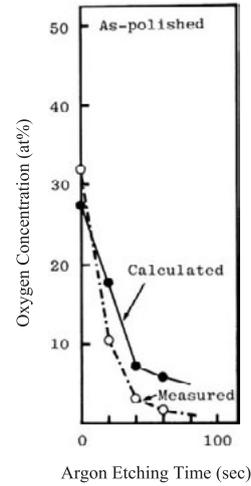


Fig. 2-17 Measured oxygen concentration (from Fig. 2-12) and calculated oxygen concentration for six coordinated -OH and/or H₂O around the metal ions.

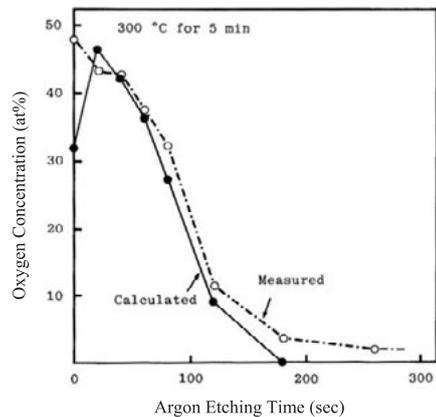


Fig. 2-18 Measured oxygen concentration (from Fig. 2.2-7) and oxygen concentration calculated to be necessary to form Co- and Cr-oxides.

(oxide) の濃度、すなわちC_{Co}とC_{Cr}は、それぞれFig. 2-15の (a) と (b) のoxideから求めることができる。

$$C_{Ox(oxide)} = 1.33 \times C_{Co} + 1.5 \times C_{Cr} \text{ ----- (2-2)}$$

Fig. 2-18は、実測値 (Fig. 2-14) と計算値の重ねたものである。2 nm (エッチング時間20sec) より深い層では両者は一致するが、表面から2 nmの深さにおいては、計算値よりも実測値の酸素濃度が高くなった。この差は、酸化物層表面に存在する5-7分子層の水によると推定された。従って、高温で酸化した合金表面構造は、Fig. 2-19に示した金属表面の酸化物層の構造モデル (Bolgerモデル) に近似しているものと考えられる。すなわち、酸化物表面には単層の-OHが存在し、さらにその上に化学吸着と物理吸着の水が存在するというモデルである。高温酸化を施したCo-Cr合金では、このモデルと4-METAとの化学結合を推論した。Figs. 2-4, 2-5, 2-6に示したように、4-METAレジンとの接着では、高

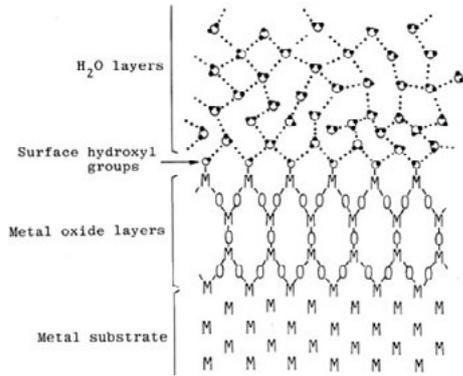


Fig. 2-19 Adsorbed -OH and H₂O layer model for metal oxide (Bolger).

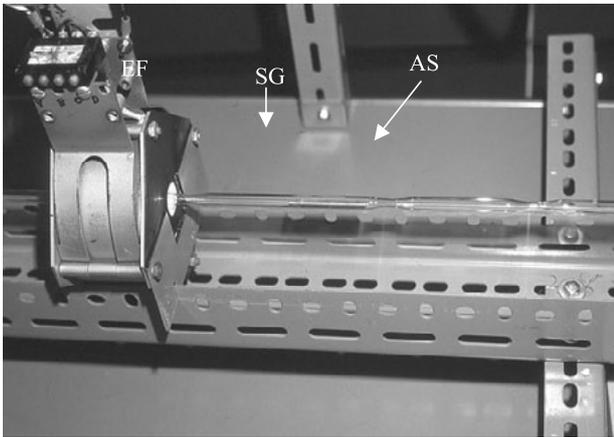


Fig. 2-20 Apparatus for dehydration of the oxide surface. EF: electric furnace, AS: alloy specimen, SG: silica glass tube.

温酸化皮膜の方が不動態皮膜よりも劣っていた。この原因として、酸化物皮膜上に存在する水の多分子層が考えられた。

2-3 なぜ研磨したままの不動態皮膜よりも高温酸化表面では接着性が劣るか—酸化物層の吸着水による接着性の低下に関する実験的検証—

前節において、Co-Cr合金の高温酸化表面では、4-METAの側鎖との間に、H₂Oの多分子層が介在した結合が推定され、これが不動態皮膜の表面よりも、接着性が劣る原因と考えられた。もしこの推定が正しいと仮定すると、吸着水が存在しない場合には、接着強さが向上すると考えられる。これを検証するために、高温酸化を施したCo-Cr合金について、脱水処理を施した後に接着試験を実施した (Ohno et al., 1986b)。Fig. 2-20は、試験片を脱水処理するための加熱装置である。石英ガラス管

Table 2-6 Dissociation pressure, π_{O_2} , of oxides and ΔG at 700°C.

Reaction	$\Delta G_{973}(\text{cal})^{\text{a}}$	$\log \pi_{O_2}$
(1) $2 <Co> + O_2 = 2 <CoO>$	-78,913	-17.7
(2) $6 <CoO> + O_2 = 2 <Co_3O_4>$	-18,712	-4.2
(3) $4 <Fe_3O_4> + O_2 = 6 <Fe_2O_3>$	-53,815	-12.1
(4) $\frac{4}{3} <Cr> + O_2 = \frac{2}{3} <Cr_2O_3>$	-138,218	-31.0
(5) $2 <Fe> + O_2 + 2 <Cr_2O_3> = 2 <FeCr_2O_4>$	-108,053*	-24.3

*extrapolated value

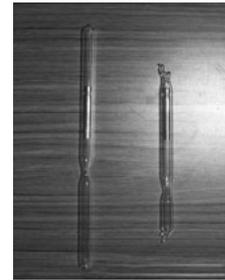


Fig. 2-21 Alloy specimens enclosed in silica glass tubes under 1×10^{-4} Pa after dehydration.

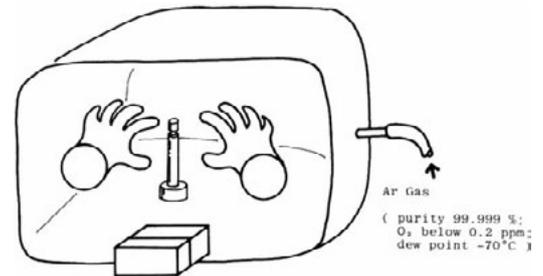


Fig. 2-22 Argon gas chamber for adhesion procedures.

の中に予め大気中で酸化した試験片が入れている。石英管には回転ポンプとオイル拡散ポンプが接続されており、 1×10^{-4} Paに減圧できる。さらに石英管の外から電気炉を用いて700°Cで加熱した。減圧下において加熱した場合、酸化物が還元する可能性がある。ΔGの値から求めた700°Cにおける酸化物の解離酸素圧をTable 2-6に示す。 1×10^{-4} Paで減圧した場合、酸素圧は $\log P_{O_2} = -9.6$ であるので、Co₃O₄はCoOに還元するが、その他の酸化物は還元しない。

脱水処理を施した後に、石英管のくびれた箇所を酸素・プロパンガスバーナーで溶断し、石英管に試験片を封入した。Fig. 2-21に石英管に封入した試験片を示す。接着操作は試験片を大気に触れさせることなしに行う必要がある。Fig. 2-22は、そのための装置である。高純度アルゴンガスを満たしたポリエチレン容器の中で石英管を割り、試験片を取り出した。TBBを添加したモノマーを

高度に乾燥した空気（露点-60℃以下）中で攪拌した。攪拌後、モノマー容器をポリエチレン容器に移し、接着操作を行った。この場合、4-METAレジンの厚さは50 μmに制御できなかった。50μmにするためには、ステンレス棒の接着面をステンレス円板表面に接触する必要がある。接触によって接着面の汚染が予想されたからである。Figs. 2-23と2-24に、予め大気中において、500℃で加熱したCo-Cr合金と18-8ステンレス鋼に対する4-METAレジンの接着強さを示す。脱水後では、不動態皮膜と同等の接着性を示した。この実験によって、酸化物

の表層に存在する水分子が接着を阻害していることが確認できた。

2-4 Ni-Cr合金に対する接着性と合金表面構造

研磨したままのNi-Cr合金に対する4-METAレジンの接着強さをFig. 2-25に示す。熱サイクルを負荷しない場合では、接着強さはCo-Cr (Fig. 2-4) のそれとほぼ同じであるが、熱サイクルの負荷後では、接着強さが低下するとともに、破壊様式にも違いが現れた。不動態皮膜で被われた状態では、Co-Cr合金の方がNi-Cr合金よりも

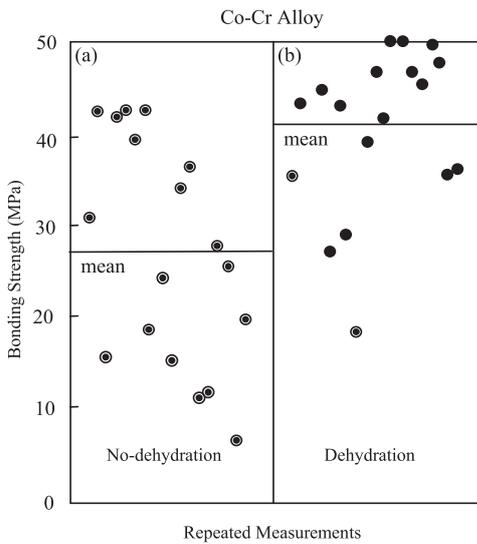


Fig. 2-23 Results of bonding strength measurements obtained from specimens bonded to Co-Cr alloy surfaces. All specimens were subjected to thermal cycles. (a): as-heated specimen oxidized at 500℃ in air, (b): specimen dehydrated at 700℃ in 1×10^{-4} Pa after heating 500℃ in air. The horizontal line means indicate the average of repeated tests.

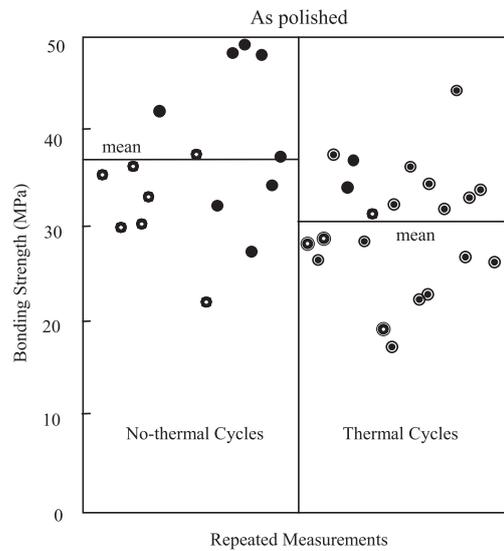


Fig. 2-25 Results of bonding strength measurements for specimens bonded to the as-polished Ni-Cr alloy surface.

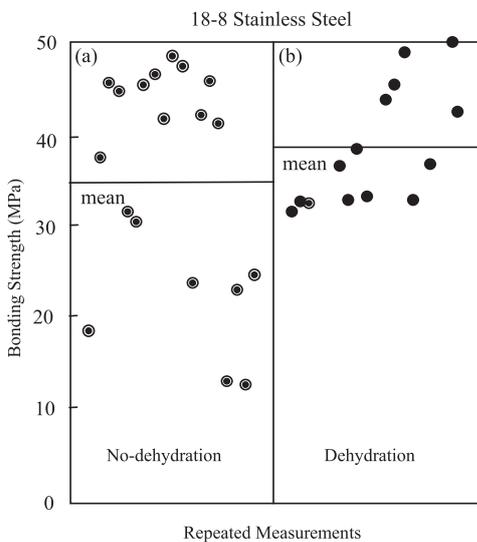


Fig. 2-24 Results for the 18-8 stainless steel. Conditions as in Fig. 2-23.

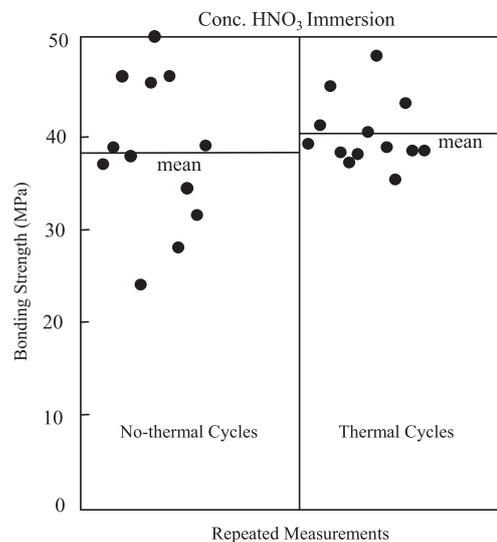


Fig. 2-26 Results of bonding strength measurements for the Ni-Cr alloy specimens treated with HNO₃ solution.

優れた接着性を示した (Ohno et al., 1987a). Ni-Cr合金を濃硝酸で処理するとFig.2-26に示すように、熱サイクル後でも接着強さの低下は見られず、Co-Cr合金に匹敵

する接着性が得られた. また300°Cで加熱した試験片では、Fig.2-27に示すようにCo-Cr合金と同様に熱サイクルによって強さは低下した.

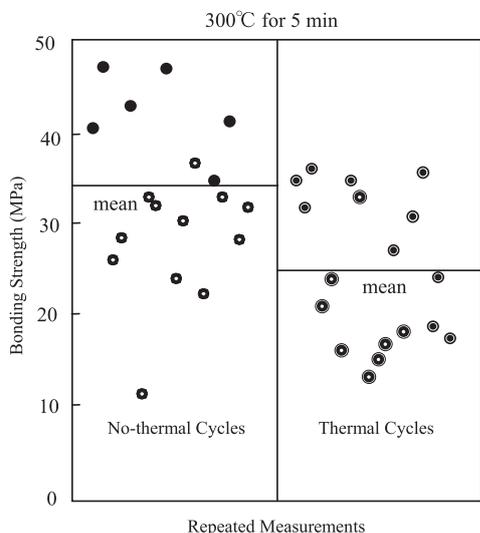


Fig. 2-27 Results of bonding strength measurements for Ni-Cr alloy specimens oxidized at 300°C.

ここで接着性と表面構造の違いについて検討することとする (Ohno et al., 1987b). Fig.2-28は、研磨したまま (a), および300°C (b) と500°C (c) で5分間加熱した試験片の表面で得られた反射電子回折のパターンである. Table 2-7とTable 2-8は、(a) と (b) のパターンから得られた面間隔と標準物質のそれとの比較である. 研磨したままでは、Co-Cr合金では非晶質であったが、Ni-Cr合金では、下地の合金からの回折線が観測された. 高温酸化表面では、NiOが形成されていた.

Figs.2-29と2-30は、研磨したままと硝酸処理後の表面で得られた深さ方向における元素分布を示す. 硝酸処理後では、Ni濃度が減少し、Cr濃度が増加した. 酸素の濃度変化から硝酸処理によって不動態皮膜が厚く形成さ

Table 2-7 Lattice spacings and intensities observed by reflection electron diffraction, obtained from the as-polished specimen (Fig. 2-28 (a)).

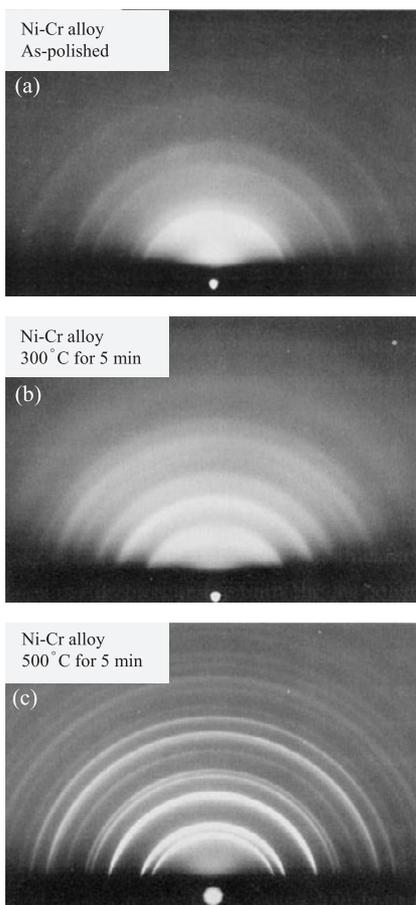


Fig. 2-28 Reflection electron diffraction pattern obtained from the Ni-Cr alloy surface of the as-polished (a), oxidized at 300°C (b), and oxidized at 500°C (c).

Measured values by reflection electron diffraction (As-polished)		Measured values by X-ray diffraction*		
		Alloy		
dA	I	dA	I	hkl
2.10	s	2.063	vs	111
1.80	m	1.782	s	200
1.28	m	1.259	m	220
1.08	m	1.076	m	311
		1.030	vw	222
		0.8929	vw	400
0.834	w	0.8197	w	331
0.813	w	0.7991	w	420

* Debye-Scherrer method

Table 2-8 Lattice spacings and intensities observed by reflection electron diffraction, obtained from the oxidized specimen (Fig. 2-28 (c)).

Measured values by reflection electron diffraction (500°C for 5 min)		Measured values by X-ray diffraction*		
		NiO		
dA	I	dA	I/I ₁	hkl
2.43	s	2.410	91	111
2.08	vs	2.088	100	200
1.48	vs	1.476	57	220
1.26	m	1.259	16	311
1.21	m	1.206	13	222
1.05	w	1.0441	8	400
0.960	w	0.9582	7	331
0.934	m	0.9338	21	420
0.851	m	0.8527	17	422
0.806	vw	0.8040	7	511

* JCPDS card

れていると推定された。そこで、Cr 2pとO 1sのスペクトルを詳細に解析することによって、これを確認するこ

ととする。Figs.2-31と2-32は、それぞれ異なる表面状態の試験片から得られたCr 2pとO 1sのスペクトルであ

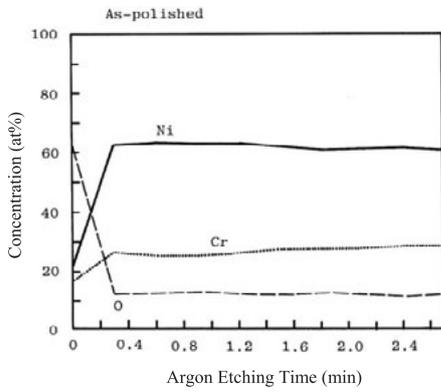


Fig. 2-29 Depth variation of concentrations (at%) of Cr, O, and Ni for as-polished Ni-Cr alloy specimens.

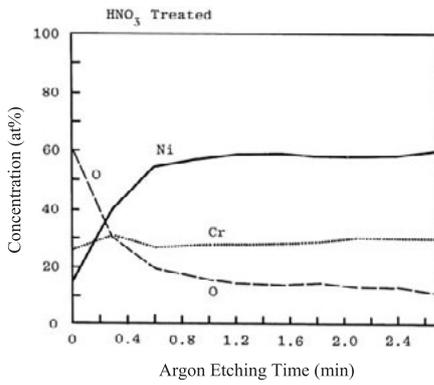


Fig. 2-30 Depth variation of concentrations (at%) of Cr, O, and Ni for HNO₃ treated Ni-Cr alloy specimens.

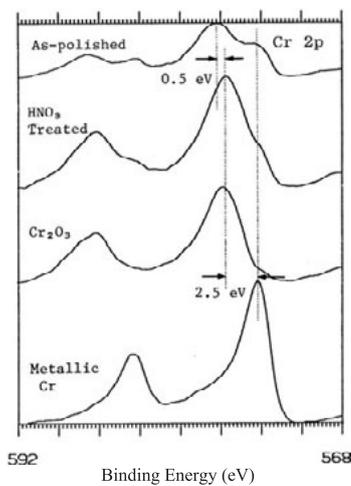


Fig. 2-31 The Cr 2p spectra obtained from four specimens: as-polished Ni-Cr alloy surface (unetched), HNO₃ treated Ni-Cr alloy surface (unetched), Cr₂O₃, and metallic Cr.

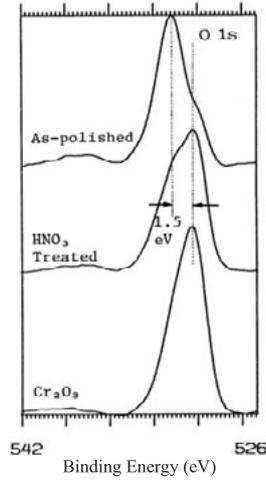


Fig. 2-32 The O 1s spectra obtained from three specimens: as-polished Ni-Cr alloy surface (unetched), HNO₃ treated Ni-Cr alloy surface (unetched), and Cr₂O₃.

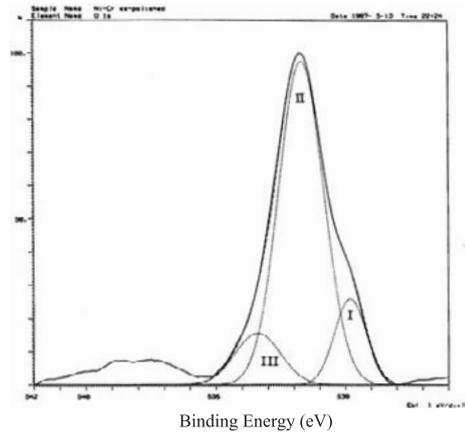


Fig. 2-33 The O 1s spectra obtained from as-polished Ni-Cr alloy specimens (unetched), separated into three components.

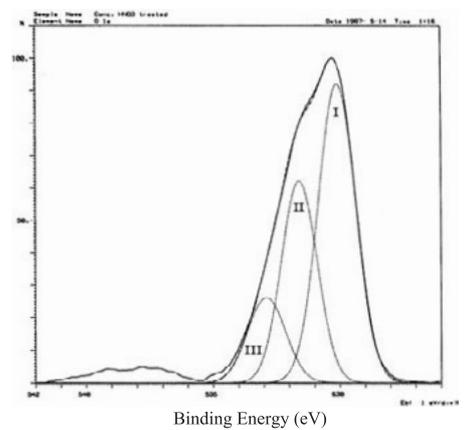


Fig. 2-34 The O 1s spectra obtained from HNO₃ treated Ni-Cr alloy specimens (unetched), separated into three components.

Table 2-9 Peak position and area fraction of the three components in the O 1s spectra in Figs. 2-33 and 2-34.

O1s Spectra Component	As-polished		HNO ₃ Treated	
	Peak Position (eV)	Area (%)	Peak Position (eV)	Area (%)
I	529.8	14	530.1	52
II	531.7	74	531.6	33
III	533.4	12	532.9	15

Table 2-10 Values of the Gibbs energy change and partial pressure ratio of H₂O to H₂ at different temperatures.

°C	K	ΔG _T (cal)	(P _{H₂O} /P _{H₂}) _{eq}
800	1073	84,839	1.7×10 ⁻⁶
900	1173	83,530	6.5×10 ⁻⁶
1000	1273	82,270	2.0×10 ⁻⁵

る。Fig. 2-31の研磨したまま (as-polished) と硝酸処理 (HNO₃ treated) を比較すると、硝酸処理の方がCr₂O₃と同じ酸化状態のCrが多く存在することが分かる。

Fig. 2-32のO 1sスペクトルを解析するとさらにこのことが明瞭になる。Figs. 2-33と2-34は、Fig. 2-32の研磨したままと硝酸処理を施した場合のO 1sスペクトルで、3つの成分に分離して示した。成分Iは、Fig. 2-32に示すように、Cr₂O₃の酸素に由来する。アルゴンイオン・エッチングを施すと、成分IIIが短時間で消失し、次に成分IIが消失する。このことから成分IIは不動態皮膜中の酸素あるいは化学吸着の水に、そして成分IIIは物理吸着の水に由来すると考えた。3つの成分についてのピーク位置と面積率をTable 2-9に示す。各成分の存在比率は、研磨したままの表面においてはII > I > IIIの順であるのに対して、硝酸処理においてはI > II > IIIの順である。硝酸処理後では、(Cr-O-Cr)の酸素の割合が増加し、(Cr-OH---OH₂)に由来する酸素の割合が減少したことを意味している。Ni-Cr合金の硝酸処理による接着性の向上は、硝酸処理によってNiが減少し、4-METAレジンを化学的親和性に優れたCrが濃化し、厚い不動態皮膜が形成されたことによると結論した。

2-5 水素還元法で得られた清浄金属表面に対する接着性

前節では、酸化物表面の吸着水が接着性に影響を及ぼし、接着という現象が、表面の微少な状態変化によって変化することを明らかにした。ここで疑問になるのは、不動態皮膜や高温酸化皮膜そのものの接着に及ぼす影響である。これらの皮膜が存在しない金属表面に対する4

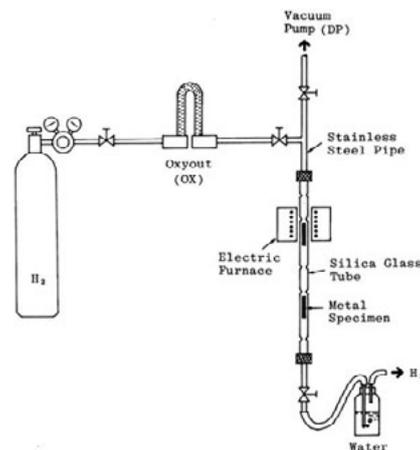
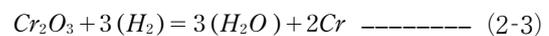


Fig. 2-35 Apparatus for hydrogen gas reduction: H₂; the hydrogen gas cylinder; OX; the u-shaped tube including oxygen removal agent Oxyout; DP; the oil diffusion pump.

-METAレジンの接着挙動はどうなるのであろうか。これを確かめる目的で、水素ガス還元法で得た清浄な金属表面に対する4-METAレジンの接着性を検討した (Ohno et al., 1989)。Fig. 2-35は、水素ガス還元のための装置である。試験片を石英ガラス管に入れ、水素気流中で加熱し、合金表面の酸化物を還元した。このとき、酸素と親和性の強い金属の酸化物を還元するためには、微量の水や酸素を含まない高純度の水素ガスが必要であるということである。例えば、式 (2-3) に示すように水素でCr₂O₃をCrに還元することを考えてみる。式 (2-3) で、水素に対する水の平衡分圧は、式 (2-4) で表される。



$$1/3\Delta G^\circ_T = -4.574T \log(P_{H_2O}/P_{H_2})_{eq} \text{ ----- (2-4)}$$

Table 2-10に、ΔGの値と800℃、900℃、および

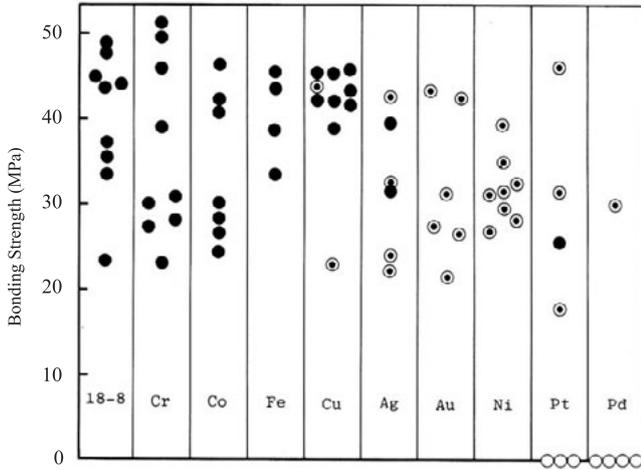


Fig. 2-36 Measured bonding strengths with failure type after thermal cycles (see Table 2-1).

1000℃における水の平衡分圧を示す。Cr₂O₃をCrに還元するためには、900℃において水分濃度は6.5×10⁻⁴%以下である必要がある。そこで、実験では、99.99999%の純度で、酸素が0.2ppm以下の水素ガスを用いた。加熱時間は5分とした。還元温度は、Cr、Co、および18-8ステンレス鋼については900℃、CuとNiについては700℃、そしてAu、Pt、Pd、およびAgについては、500℃とした。還元の状態は、予め高温で酸化し、着色した試験片の色の变化から肉眼的に確認した。

還元処理後、2-3項で述べたように減圧下で試験片を石英ガラス管に封入し、同様の方法で接着操作を行った。引張試験による接着強さの結果をFig. 2-36に示す。清浄金属表面に対する4-METAレジン接着性の順位は、Cr = Co = Fe > Cu > Ag > Au = Ni > Pt > Pdであった。NiはCrよりも接着性が劣ることが明らかになった。研磨したままの合金表面では、Ni-Cr合金がCo-Cr合金よりも接着性が劣る理由が判明した。またPdの場合

は、5個中4個が界面破壊を呈し、非常に特殊な挙動を示した。これは、おそらくPdが水素を吸収しやすい性質と関係しているものと考えられる。Fig. 2-19に示したBolgerモデルにおいては、-OHの単層の吸着層が存在している。Pdの場合、-OHの吸着層の状態が他の金属と異なることによると考えられるが詳細は不明である。金銀パラジウム合金は広く使用されている合金であるため、4-METAとの接着におけるPdの特異性は大きな問題となる。これについては、5節で再度触れることとする。

3. 水による接着界面の破壊

3-1 接着界面の水分濃度

接着構造物を水中に浸漬した場合、接着界面に到達する水の浸入経路は、Fig. 3-1に示すように、①接着界面に沿って水が浸入する経路、②水がレジン内を浸透・拡散し、接着界面に到達する経路のいずれかである。水の浸入経路を確認するために次の実験を行った。厚さの異なるPMMAレジン (0.1, 0.2, 0.3mm) を4-METAレジン (厚さ0.05mm) で軟鋼に接着した。接着後、水中に浸漬し、透明なレジンを通して水中浸漬後における鋼板接着界面の状態を観察した。37℃の水中に5日間浸漬した結果をFig. 3-2に示す。薄いPMMAレジン接着させた試験片ほど接着界面の変色が著しかった。また、この変化は、局所的に生ずるのではなく、鋼板の全面で起った。浸漬中の状態変化をよく観察すると、初め、白い斑点が生じ、続いて、茶色に変化し、さらに黒色へと変化した。この観察結果から、接着界面に到達する水の浸入経路は、②の経路であると結論した。この事実に基づいて、接着界面における水の濃度をFig. 3-3に示すモデルを用いて計算した。すなわち、Fickの拡散方程式に基づき、接着界面における水分濃度を水中浸漬時間とレジンの厚さの関数として次式で計算した(Ohno et al., 1992a)。

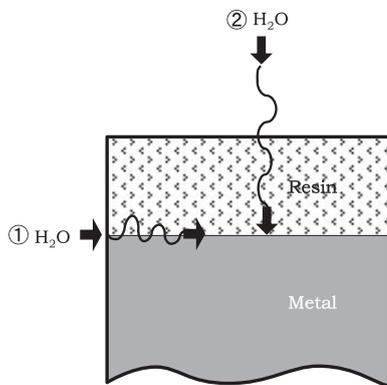


Fig. 3-1 Permeation path of water to adhesion interface between metal and adhesive resin

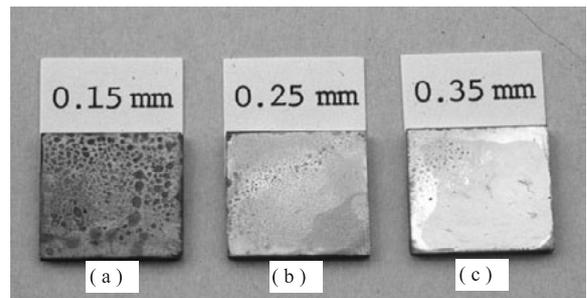


Fig. 3-2 Type B specimen (Fig. 3.1-1 (b)) with different resin thicknesses, 0.15 (a), 0.25 (b), and 0.35 mm (c), after immersion in water at 37℃ for 5 days.

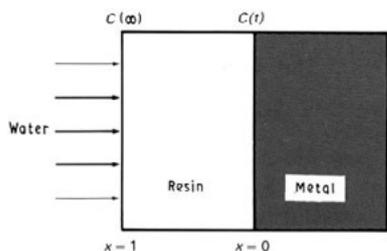


Fig. 3-3 Diffusion model to calculate water content at the adhesion interface.

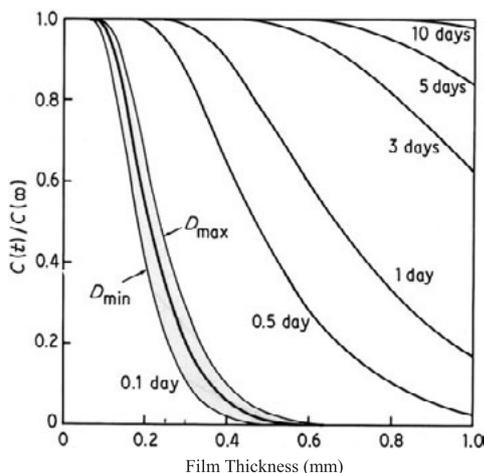


Fig. 3-4 Relationship between film thickness and water content at the adhesion interface with immersion periods.

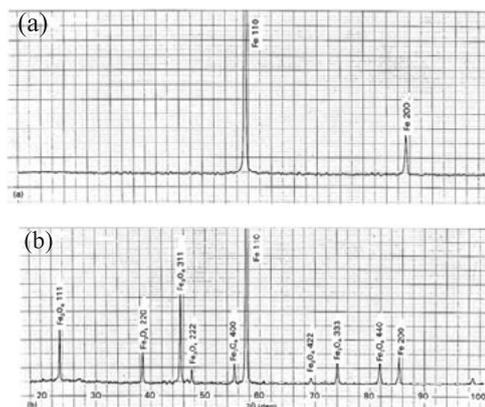


Fig. 3-5 X-ray diffraction patterns obtained from the water immersed specimens after 2 weeks (a) and 2 months (b).

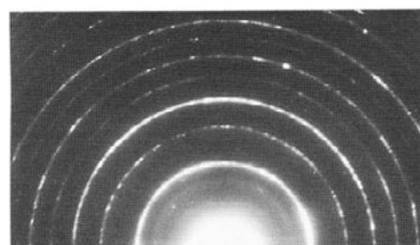


Fig. 3-6 Reflection high energy electron diffraction pattern obtained from the 2 week specimen.

Table 3-1 Observed lattice spacings and intensities with JCPDS data for iron and lepidocrocite obtained from the 2 week water immersed specimens.

Observed values		Reference substances					
		Iron			FeO(OH)		
d (nm)	I	d (nm)	I/I ₁	hkl	d (nm)	I/I ₁	hkl
	a				0.626	100	020
	b				0.329	90	120
0.268	b				0.279	10	011
0.252	b				0.247	80	031
0.228	b				0.236	20	111
0.201	vs	2.027	100	110			
0.143	m	1.433	20	200			
0.116	s	1.170	30	211			
0.101	w	1.013	10	220			
0.090	m	0.906	12	310			
0.082	vw	0.828	6	222			

^a Not observed.
^b Spotty.

$$\frac{\partial C_x}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C_x}{\partial X^2} \quad (3-1)$$

$$\frac{C(t)}{C(\infty)} = 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} \times \exp[-D(2n+1)^2 \pi^2 t / 4l^2] \quad (3-2)$$

ここで、 $C(t)$ は浸漬時間 t における接着界面の水の濃度である。また、 $C(\infty)$ は飽和吸水濃度、 D はPMMA中の水の拡散係数、 l はレジンの厚さである。(3-2)式の計算結果をFig.3-4に示す。 D_{max} と D_{min} は、アクリルレジンを拡散する水の拡散係数について推定した上限値と

下限値である。他の曲線は平均的拡散係数で計算した結果である。0.25mmのレジンでは、24時間の水中浸漬で接着界面はレジンの飽和吸水量(1.6%)に達する。この結果をもとに、接着界面における水の濃度と水による接着界面の破壊の関係を次項で論ずることとする。

3-2 水中浸漬後における接着界面の状態変化

軟鋼と4-METAレジンの接着界面について、水による接着界面の破壊現象を解明するために、水中浸漬後における金属側界面の状態変化を3つの方法(X線回折、反射電子回折、ESCA)で調べた(Ohno et al., 1993,

2001). 先ずX線回折と反射電子回折の結果について述べる. Fig.3-5は, 2週間 (a) と2ヶ月浸漬後 (b) の試験片から得られた回折パターンである. (a) では, 下地のFeの回折パターンのみである. (b) では, 下地以外にFe₃O₄の回折線が検出された. これが水中浸漬後における金属側の最終的な状態である. ここまでに到るかなり以前に接着界面は破壊されているはずである. Fig.3-6は, 2週間浸漬した試料から得られた反射電子回折のパターンである. 計測した面間隔をTable 3-1に示す. 2週間浸漬後の試料においては, X線回折では下地のFeのみが検出されるだけであるが, 反射電子回折ではFeO(OH)が検出されている. 2週間より短時間の水中浸漬では, 反射電子回折でも明瞭な回折パターンが得られな

かった.

そこで, ESCAを用いて分析を試みた. この場合, どのようにして分析試料を作製するかが鍵となる. 本実験で採用した方法について述べる. ESCA用の試験片をFig.3-7に示す. ESCA用ステンレス鋼試料ホルダーの先端(4mm^φ)に軟鋼をろう付けし, 軟鋼表面に厚さが0.25mmになるように4-METAレジンでPMMA板を接着した. それを水中に浸漬した後, PMMA板にPMMAブロックを接着した. 次にこの試験片を高純度Arガス雰囲気下の石英ガラス管中に封入し, ガラス管ごと液体窒素と40℃の水に交互に浸漬した. PMMAブロックを接着した理由は, 液体窒素による熱衝撃によってレジンを剥離させやすくするためである. ESCA装置の試料導入口をポリエチレンの袋で覆い, 高純度Arガスで満たした. その中で石英ガラス管を割り, 露出した金属接着界面を大気に触れさせることなくESCA装置内に導入した.

その分析結果をFigs.3-8と3-9に示す. Fig.3-8はFe 2p_{3/2}スペクトルである. (a) は3日間, (b) は2週間, 水中に浸漬した試験片から得られた. (c) は (b) の試験片にアルゴンイオン・エッチングを施した後に得られた金

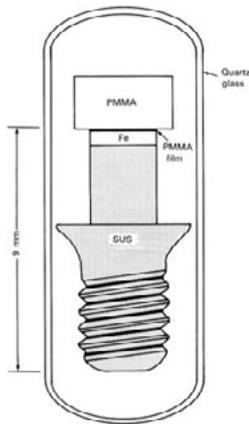


Fig. 3-7 ESCA specimen with soldered mild steel sealed in quartz glass tube filled with ultra-high purity argon gas.

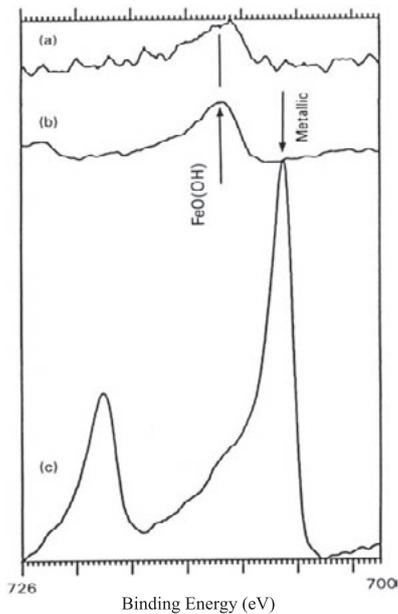


Fig. 3-8 The Fe 2p_{3/2} ESCA spectra obtained after 3 days (a) and 2 weeks (b) of water immersion; (c) shows the 2 week specimen after 100×60 sec of argon ion etching.

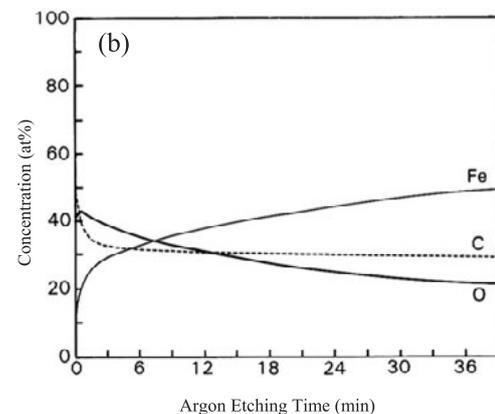
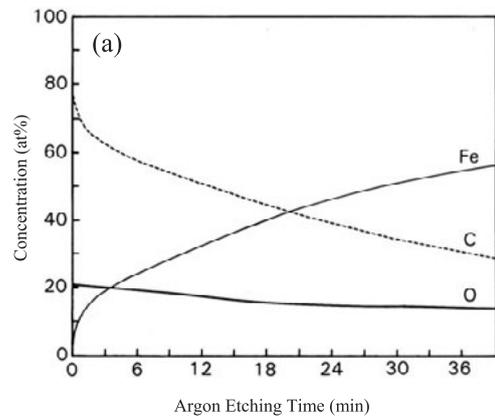


Fig. 3-9 Concentration variations (at%) with depth for the 3 (a) and 4 day (b) water immersed specimens.

属状態のFeのスペクトルである。(a)と(b)は同じスペクトルであることから、3日間浸漬後でもFeO(OH)が生成していることが分かる。接着界面に水酸化物が生成したために、熱衝撃によって接着界面からレジンが剥離したと考えられる。3日より短時間の浸漬試験片ではレジンを剥離出来なかった。

Fig.3-9は、3日間(a)と4日間浸漬した試験片(b)から得られたアルゴンイオン・エッチング後における各元素の濃度である。これによって接着界面から深さ方向の元素分布を知ることができる。酸素は、装置内の残留ガスによる試験片表面の汚染、接着界面に到達した水、および残留したレジンに由来する。炭素は、残留ガスとレジンに由来する。酸素について比較すると、3日間(a)より4日間(b)の試験片で濃度が高くなっている。炭素濃度は(a)が高い。残留ガス濃度は一定であるので、炭素濃度の違いは、レジン成分が(b)の方が少なかったことを意味している。(b)でレジン成分の残留が少ないにも係わらず、酸素濃度が高くなっているの

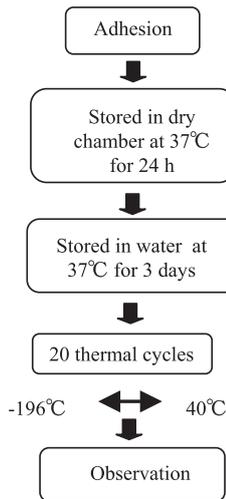


Fig. 3-10 Evaluation method of the degradation of the adhesion interface by water.

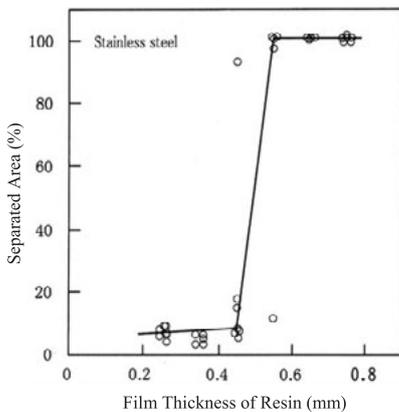


Fig. 3-11 Separated area of resin film bonded to 18-8 stainless steel vs. resin film thickness following thermal cycles.

は、接着界面に到達した水の量(Fe水酸化物)が多かったことによる。接着界面の劣化は、水によって接着界面の金属側が水酸化物に変化するために起こることが明らかになった。

3-3 熱衝撃剥離試験による接着界面の耐水性評価

接着界面における水の濃度と接着界面の破壊との関係を調べるためには、水による接着界面の劣化を評価する方法を確立する必要がある。従来、接着構造物の耐水性は、試験片を水中に浸漬後、引張試験あるいは剪断試験を行って評価していた。しかし、この方法では接着界面が飽和吸水量に到達するのに長時間を要し、短時間で耐水性を判定することは困難であった。本研究では、Fig.3-10に示す熱衝撃剥離試験で接着界面の劣化を評価した(Ohno et al., 1996)。すなわち、18×18×1.5mmの金属板に、0.2mmの透明なPMMAレジン板を厚さ0.05mmの4-METAレジンで接着した。その後、試験片を37°Cの乾燥雰囲気中に24時間放置し、続いて、37°Cの水中に3日間浸漬した。界面は、1日の浸漬で飽和吸水量に達している(Fig.3-4)。次に液体窒素(-196°C)と水(40°C)にそれぞれ1分間浸漬する熱サイクルを20回負荷した。

なぜレジンの厚さを0.25mmに設定したかについて述べる。熱衝撃試験によって生じる熱応力の大きさは、接

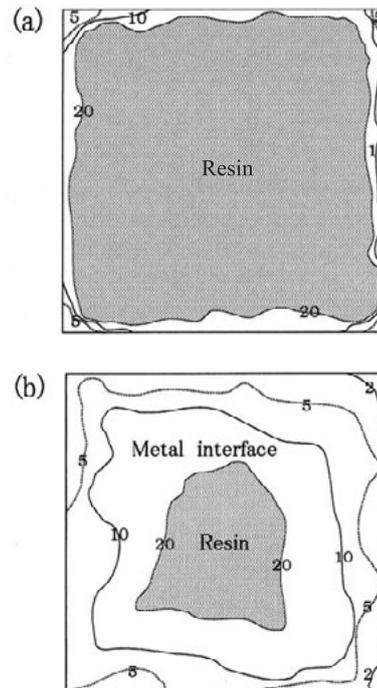


Fig. 3-12 Separating traces of resin films after 20 thermal cycles. Numbers indicate repetition of thermal cycles. Excellent (a) and poor water durability (b).

着するレジンの厚さが厚くなるほど大きくなると推定される。レジンが厚い場合には、接着界面の劣化に係わらず剥離すると予想できる。従って、水による劣化が起っていない場合には剥離しないレジンの厚さを決定する必要がある。そこで、4-METAと強力に接着する18-8ステンレス鋼に厚さの異なるレジンを接着し、乾燥状態下におけるレジンの厚さと熱衝撃による剥離面積との関係を明らかにした。その結果をFig. 3-11に示す。厚さが0.5 mm以上の場合、全面で剥離した。従って水による界面劣化を評価する場合には、レジンの厚さが0.5 mm以下である必要がある。そこで本研究では、接着界面が劣化していない場合には剥離せずに、劣化した場合に剥離する厚さとして、また接着界面が短時間の水中浸漬で飽和吸水量に達し、かつ実験操作が容易なレジンの厚さとして0.25 mmを選択した。以後の実験において接着界面の

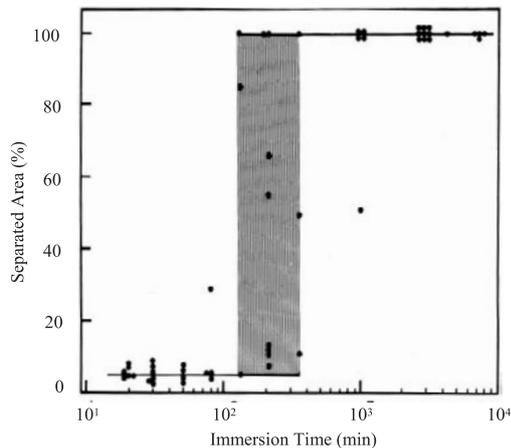


Fig. 3-13 Relationship between separated area of resin films bonded to mild steel vs. immersion time in water after thermal cycles.

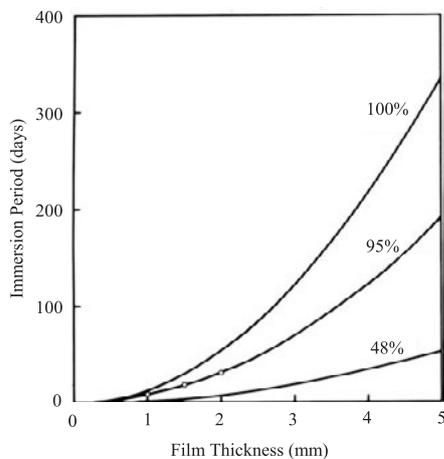


Fig. 3-14 Relationship between the immersion period in water and the film thickness for the water content at the adhesion interface to reach 48% (interface failure occurs), 95% (white spots appear), and 100% of the equilibrium water concentration.

耐水性を評価する場合には、すべてこの厚さで実験を行った。Fig. 3-12は、接着界面の耐水性が優れている場合 (a) と劣る場合 (b) に観察された熱サイクル後のレジンの剥離の軌跡である。レジンの剥離面積から、水による接着界面の劣化を評価した。

次に軟鋼と4-METAレジンの接着試験片を用いて、この方法で水中浸漬時間と剥離面積の関係を調べた。得られた結果をFig. 3-13に示す。浸漬時間が100分以下では、剥離面積は数%に過ぎなかった。しかし、200分以上では、急に、接着界面の全面で剥離した。これは、接着界面における水分濃度がある一定量に達し、界面が劣化した場合に熱応力によって接着界面が破壊することを示している。拡散方程式の解から、浸漬時間が200分における接着界面の水分濃度は、PMMAレジンの飽和吸水量の48%であることが分かった。PMMAの飽和吸水率は、約1.6%であるので、接着界面の水の濃度が0.8%に到達すると3-2節で述べた現象が進行し、熱応力によって破壊する。接着界面における水分濃度と接着界面の劣化を関連づけた研究は、本研究以外にはほとんど行われていない。

軟鋼に厚さ0.25 mmのレジンを接着させた試験片について、透明レジンを透して接着界面の変化を肉眼で観察した場合、はじめ白い斑点が生じ、それが薄い褐色になり、最終的には黒色に変化することはすでに述べた。白色の斑点が生ずるのは、飽和吸水量の95%に到達したときであることが浸漬時間から計算できた。レジンの飽和吸水率に対する水の割合 (48%, 95%, 100%) について、浸漬時間とレジンの厚さの関係をFig. 3-14に示した。以上の結果は、あくまでも基盤が軟鋼の場合である。ステンレス鋼や他の合金の場合は、どうであろうか。興味のあるところである。

3-4 有限要素法による熱応力解析

本研究で採用した熱衝撃試験によって、はたしてどのくらいの熱応力が負荷されるかを見積もる必要がある。

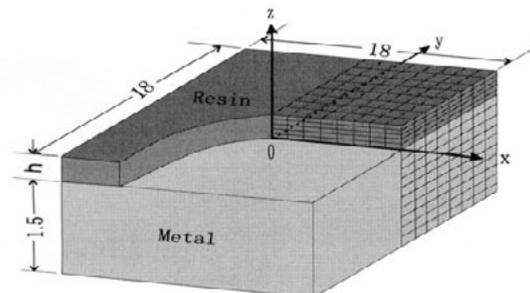


Fig. 3-15 Hexahedron for the three-dimensional finite element method.

Table 3-2 Coefficients of linear thermal expansion, modulus of elasticity, and Poisson's ratio of resin and steel.

	coefficient of thermal expansion (/°C)	moduli of elasticity (MPa)	Poisson's ratio
Steel	8.7×10^{-6}	2.04×10^5	0.29
PMMA	80×10^{-6}	0.2×10^5	0.32

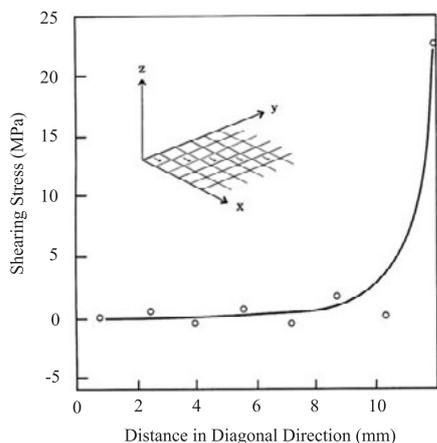


Fig. 3-16 Shearing stress along diagonal direction at the adhesion interface of resin with 0.5 mm thick resin layer during thermal cycle.

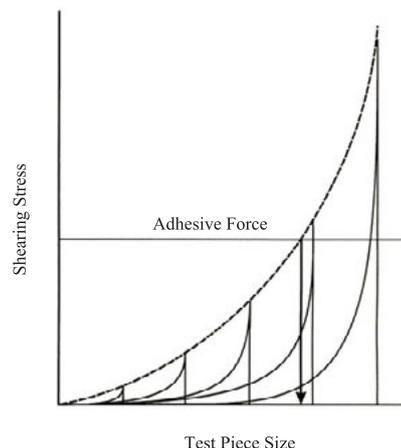


Fig. 3-18 Changes in maximum stress at the periphery of specimens with propagating separation of resin film.

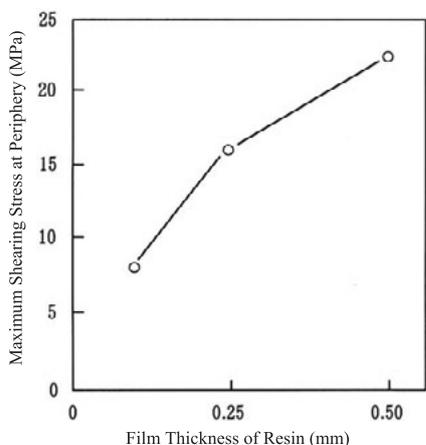


Fig. 3-17 Maximum shearing stress at the periphery of the adhesion interface with different resin thicknesses.

そこで接着界面に生ずる熱応力を有限要素法で解析した (Ohno et al., 1996). Fig. 3-15に示す熱衝撃試験片の4分割モデルを用いて, Table 3-2に示すパラメーターで, 界面に生ずる剪断応力を解析した. 0.5mmの厚さの試験片について, 中心から4分割の対角方向 (挿入図) における剪断応力をFig. 3-16に示す. 試験片周辺で最大の剪断応力が生じ, 周辺から中心方向に応力は急激に減少することが明らかになった. Fig. 3-12に示した観察結果においても, 剥離は試験片の周辺から生じた. また, 試験片周辺の最大剪断応力は, Fig. 3-17に示すごとく, 接着し

たレジンが厚いほど大きくなった. レジンの厚さが0.25 mmの場合, 試験片周辺で16MPaの熱応力が生ずる. すなわち, 水によって低下した接着力がこの応力に耐えられなくなったとき, 剥離することを示している. 熱衝撃剥離試験においては, 最大剪断応力は, 試験片が大きいほど大きくなる. Fig. 3-12に示した剥離の軌跡に示すように, 剥離後は試験片が小さくなることと同じであるので, 続く熱衝撃では発生する熱応力は小さくなる. 従って, 接着力と熱応力が均衡した位置までレジン板は基盤金属から剥離する. Fig. 3-18は, 試験片の寸法と生じた剪断応力の大きさの概念図である. 試験片周辺で生ずる最大応力値を結んだ曲線 (点線) と接着力の水平線の交点までレジンは剥離する. 水による接着力の低下は, 水平線が下に移動することを意味するので, 剥離面積は大きくなる. 従って, この試験法による剥離面積 (Fig. 3-12) は, 接着界面の耐水性を評価する指標となる.

4. 液状Ga-Sn合金による被着貴金属合金表面の改質

4-METAレジンは, Ni-Cr合金やCo-Cr合金などの卑金属合金に対して強固な接着性を示すが, 貴金属に対しては接着性を示さない. そこで, スズ電析法, イオン・コーティング法, SiO_xコーティング法 (シリコーター法), 高温酸化処理法など, 種々の合金表面処理法が開

発されてきた。しかし、これらのシステムは装置が高価であるばかりでなく、薬剤の保存期間が短く、しかも操作が複雑であるなどの欠点があった。簡便かつ安価な手法で、しかも一般歯科診療のチェアサイドでも行える貴金属合金の表面改質法が望まれていた。これを実現するために、簡単な表面改質法を開発し、Adlloy改質法と命名した (Ohno, 1990, Ohno et al., 1992a, 1992b, 1992c)。Adlloyは、75 mass% Ga-25%Snの組成 (液相点 50°C, 固相点 20°C) で、銀白色を呈した合金である。20°C以上の温度において、液状のAdlloyをSn棒で被着貴金属合金表面にこすり付け、余剰の液状合金を拭き取るだけで、4-METAレジンとの接着性を高めることができた。

発想の原点となったのは、昔の話である。昔、歯医者はアマルガムを手のひらで練和していた。そのとき金の指輪と水銀が触れると金の指輪が白くなるという話であ

る。ろう付けとは、金属を高温で加熱し、母材を溶かさず、ろうだけを溶かして母材を結合させる方法である。このとき液体金属と固体金属の接触によって拡散という現象が生じ、合金化する。4-METAは、卑金属と良く接着するので、貴金属合金の表面だけを卑金属化すればいいことになる。その方法としてアマルガムの話思い出したのである。いまさら水銀を使用するわけにいかないので、常温で液状を呈し、毒性のない合金を探した。ハンセンの二元合金状態図ですぐ見つけることができた。Ga-Snの状態図をFig. 4-1に示す。共晶線が20°Cであるので、20°C以上の温度では固体と液体が共存し、液状を呈している。

Fig. 4-2は、純金と純銅板の半分をセロテープで覆い、残りの半分にAdlloyをこすりつけ、観察したものである。Auの黄金色とCuの赤色が白色に変化した。Adlloyで改質した14K金合金の表面をESCAで分析した結果を

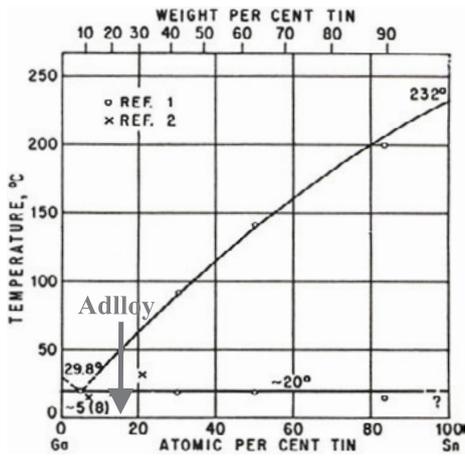


Fig. 4-1 Constitution diagram of Ga-Sn binary alloy

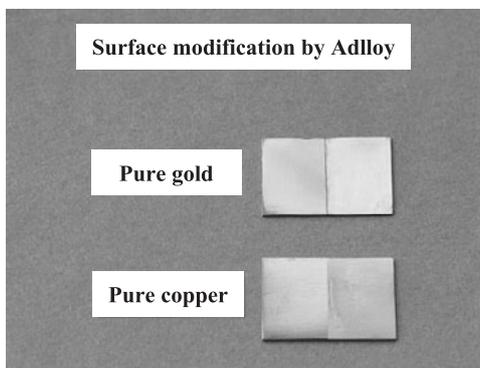


Fig. 4-2 Gold and copper surface before (right half) and after modification (left half) by Ga-Sn alloy (Adlloy)

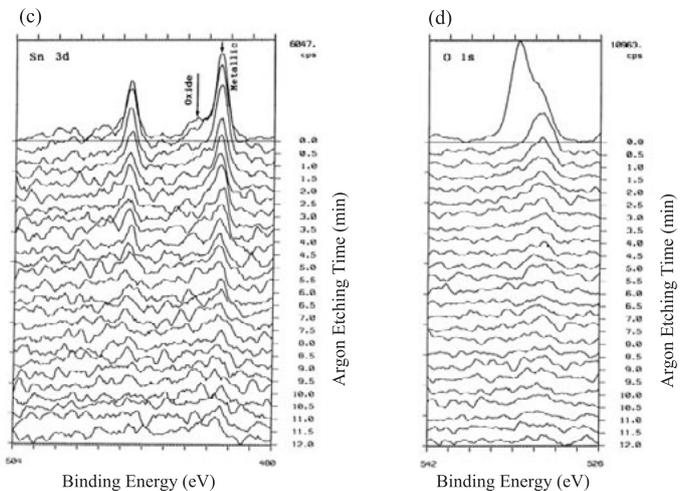
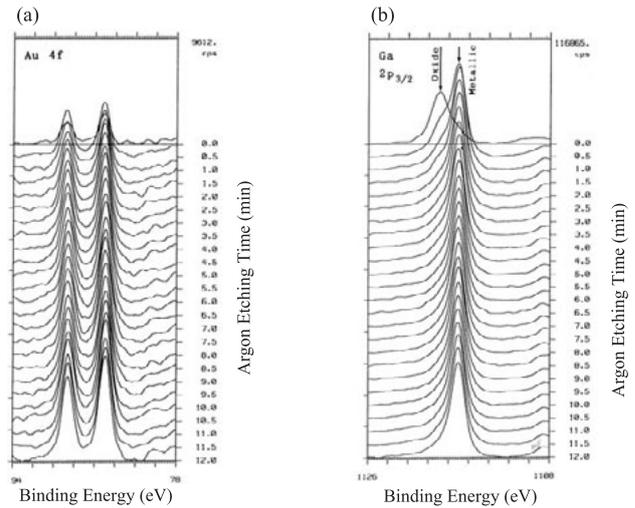


Fig. 4-3 ESCA spectra obtained at different depths of the modified layer formed on the 14K gold alloy surface with Adlloy after different argon-ion-etching times: Au 4f (a), Ga 2p_{3/2} (b), Sn 3d, and O 1s (d).

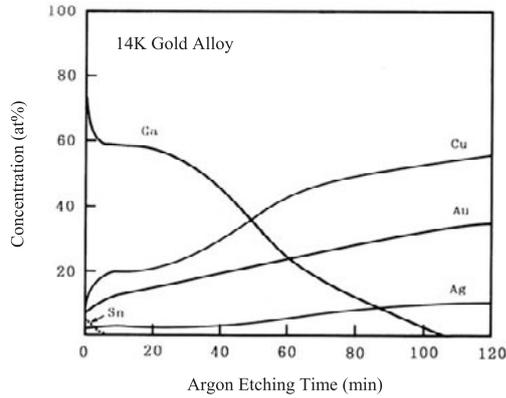


Fig. 4-4 Changes in concentration (at%) of alloying elements with depth, obtained from the 14K gold alloy after surface modification by Adlloy.

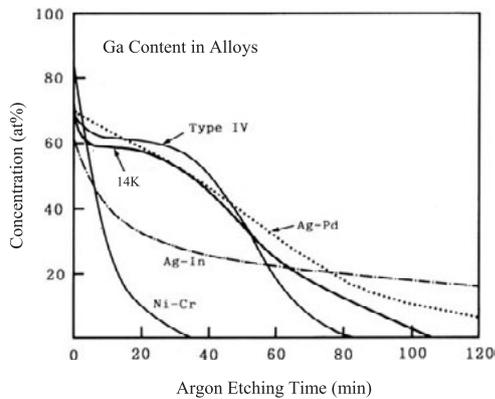


Fig. 4-5 Changes in concentration (at%) of Ga with depth for various dental alloys after surface modification with Adlloy.

Fig. 4-3に示す。縦軸はアルゴンイオン・エッチング時間で、スペクトルを重ね合わせて表示した。Fig. 4-4は、これを深さ方向における濃度変化として表現したものである。Gaは合金表面から数百nmの深さまで拡散しているが、Snは極表面に留まっている。各合金について、合金表面の深さ方向におけるGaの濃度変化をFig. 4-5に示す。Adlloyによる被着金属表面の改質法は、めっきのように下地金属と二層構造を形成するのではなく、接着性を高めるためのGaとSnの合金層（表層から約0.5 μm）を形成するところに特徴がある。

Adlloyによる改質後の効果について、接着強さと接着界面の耐水性から評価した。Fig. 4-6は、研磨したまま (a)、高温酸化処理 (b)、そしてAdlloy (c) の3種類の表面状態に対する接着強さと破壊様式である。Type IV金合金については、スズめっきの場合についても (c) に付記した。Fig. 4-7は、耐水性試験 (Fig. 3-10) の結果である。接着強さの結果と見比べてほしい。接着強さが大きく、かつ剥離面積が小さい場合が接着性に優れていると評価する。Adlloyの場合、Ag-Inを除く貴金属合

(a) As-polished

	Bonding Strength (MPa)				Failure Type
	10	20	30	40	
Type IV	[Bar chart showing bonding strength range]				●
14K	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-Pd	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-Cu	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-Sn	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-In	[Bar chart showing bonding strength range]				●
SUS	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Co-Cr	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ni-Cr	[Bar chart showing bonding strength range]				●●

(b) High-temperature Oxidation

	Bonding Strength (MPa)				Failure Type
	10	20	30	40	
Type IV	[Bar chart showing bonding strength range]				●
14K	[Bar chart showing bonding strength range]				●●
Ag-Pd	[Bar chart showing bonding strength range]				●●
Ag-Cu	[Bar chart showing bonding strength range]				●●
Ag-Sn	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-In	[Bar chart showing bonding strength range]				●
SUS	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Co-Cr	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ni-Cr	[Bar chart showing bonding strength range]				●

(c) Adlloy Modification

	Bonding Strength (MPa)				Failure Type
	10	20	30	40	
Type IV	[Bar chart showing bonding strength range]				●
14K	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-Pd	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-Cu	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-Sn	[Bar chart showing bonding strength range]				●
Ag-In	[Bar chart showing bonding strength range]				○
SUS	[Bar chart showing bonding strength range]				○
Co-Cr	[Bar chart showing bonding strength range]				○
Ni-Cr	[Bar chart showing bonding strength range]				○

Fig. 4-6 Bonding strength and failure types with as-polished (a) oxidized (b), and Adlloy converted specimens (c): The notation indicates failure in the resin (cohesive failure), a mix of cohesive and interface failure, and total interface failure.

金で優れた改質効果を発揮した。しかし、卑金属合金に対してはむしろマイナスの効果である。改質された貴金属合金に対して4-METAレジンが優れた接着性を発揮するのは、合金表面に1~2nmのGa₂O₃とSnO₂あるいはSnOの皮膜が形成されるためである。

Fig. 4-8は、6種類の貴金属合金の表面処理法について、耐水性を比較したものである。Adlloyは、スズめっきと同等の改質効果を発揮した。Fig. 4-9は、Adlloyの広告である。接着界面の耐水性が優れていることを特徴として打ち出している。残念ながら、発売した貴金属メーカーは、数年前のパラジウムの高騰が原因で倒産してしまった。Adlloy改質法は、4-METAを含む加熱重合型

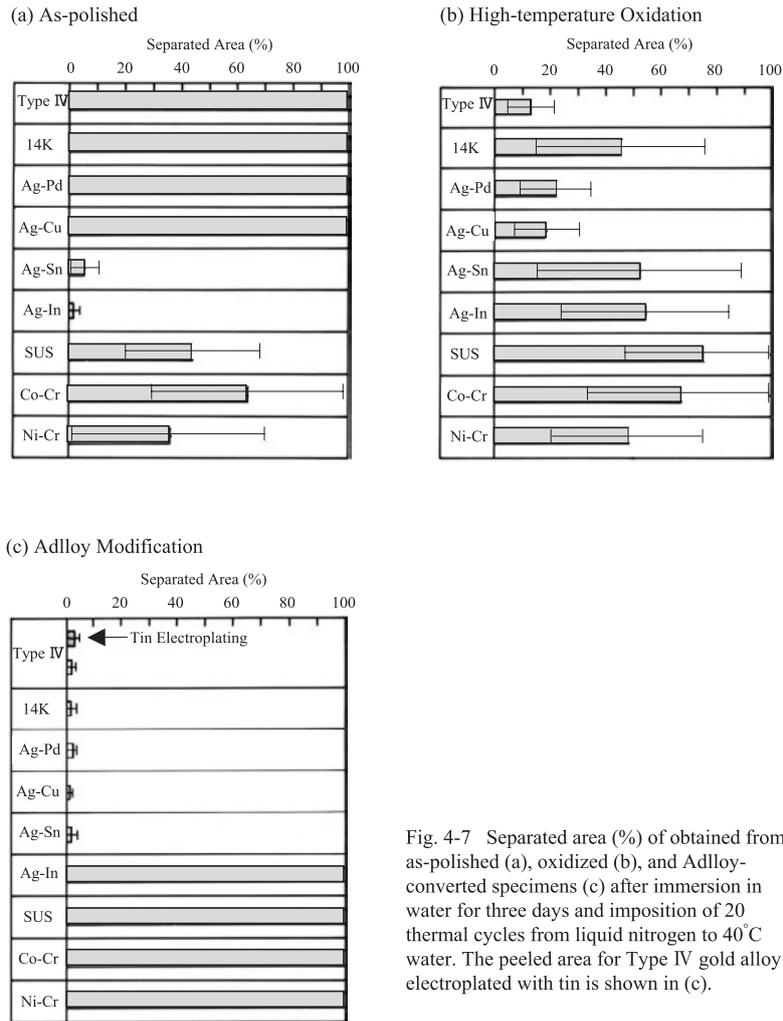
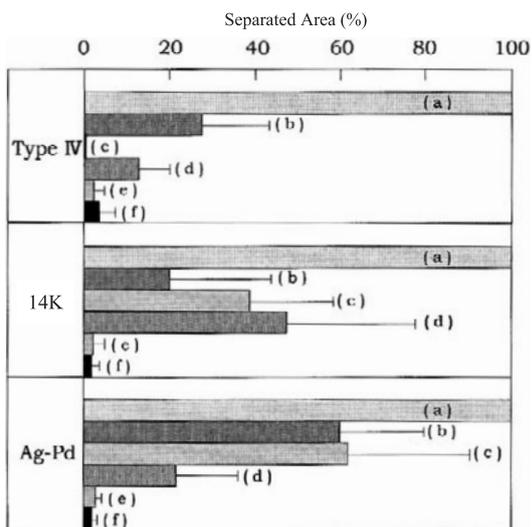


Fig. 4-7 Separated area (%) of obtained from as-polished (a), oxidized (b), and Adloy-converted specimens (c) after immersion in water for three days and imposition of 20 thermal cycles from liquid nitrogen to 40°C water. The peeled area for Type IV gold alloy electroplated with tin is shown in (c).



(a) As-polished (b) Adhesive primer
(c) SiOx coating method (d) High-temperature oxidation
(e) Liquid Ga-Sn alloy modification (Adloy)
(f) Tin-electroplating

Fig. 4-8 Comparison of water durability at adhesion interface with different surface modifications



Fig. 4-9 Brochure of Adloy

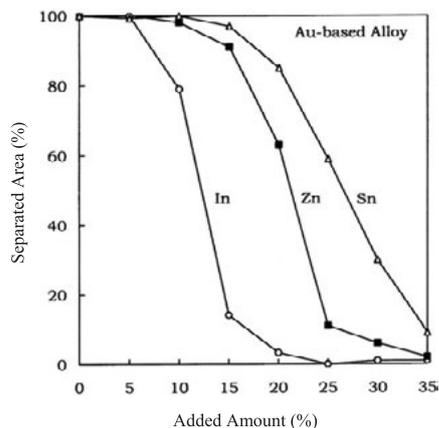


Fig. 5-1 Separated area (%) of Au-based binary alloys containing In, Zn, or Sn.

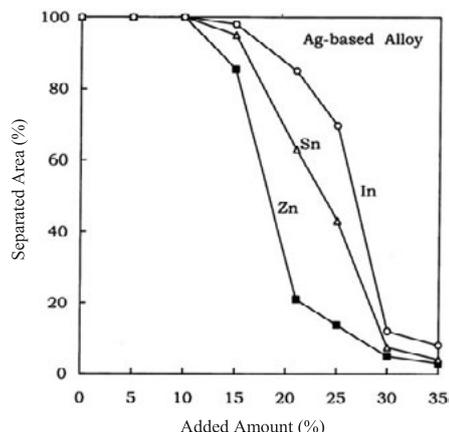


Fig. 5-3 Separated area (%) of Ag-based binary alloys containing In, Zn, or Sn.

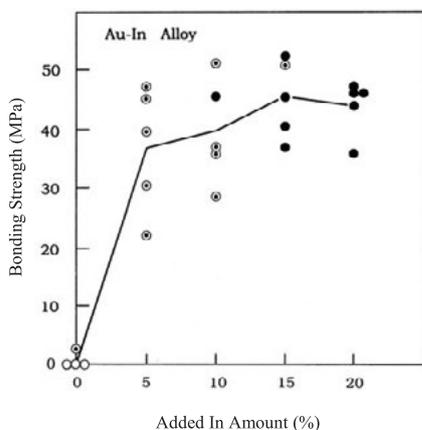


Fig. 5-2 Bonding strength versus In amounts with Au-In alloys.

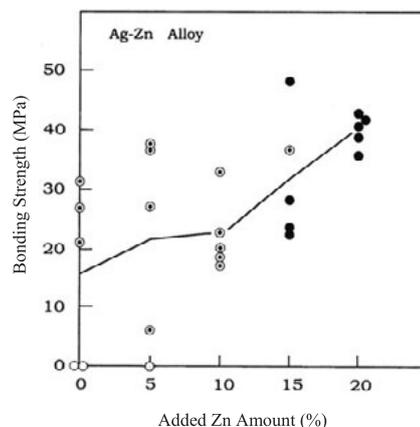


Fig. 5-4 Bonding strength versus Zn amounts with Ag-Zn alloys.

アクリルレジンと貴金属合金の接着にも非常に効果的であることが明らかになっており、他の改質法にはない特徴がある。いつか日の目をみることを期待したい。

5. 接着用貴金属合金の開発

5-1 卑金属元素の添加による接着性の向上

Figs. 4-6と4-7に示すごとく、Ag-SnとAg-In合金においては、研磨したままの表面でも優れた接着性を示した。この現象は、研磨したままの合金に対して優れた接着性を発揮する接着用貴金属合金を開発する発想の原点となった。Adlloyによる表面改質で得られた知見は、合金表面に形成された酸化物 (Ga_2O_3 , SnO_2 あるいは SnO)が接着性レジンとの接着に重要な役割を果たしているということであった。この研究から、貴金属合金に添加する卑金属元素の種類と量を変えることによって、合金表面に形成する酸化物の種類と量を制御し、表面改質を施すことなく、4-METAレジンと優れた接着性を発揮する貴金属合金の可能性が示唆された。

そこで本節では、Au, Pd, Ag, Cuに、それぞれSn,

Zn, Inを35mass%まで添加した二元合金を作製し、卑金属の添加量と接着性の関係を調べた (Ohno et al., 1998 a)。Fig. 5-1は、Au基の二元合金に対する接着界面の耐水性 (Fig. 3-10) を示した。Fig. 5-2は、Au-In合金に対する接着強さである。Auに対しては、Inを15%以上添加した合金で優れた耐水性と接着強さが得られた。

Fig. 5-3は、Ag基の二元合金に対する耐水性を示した。Agに対しては、Znを20%以上添加した合金で、優れた耐水性が得られた。Fig. 5-4は、優れた耐水性を示したAg-Zn合金に対する接着強さである。Figs. 5-2と5-4ともに、卑金属成分の添加量の増加に伴って破断面の形態はレジンの凝集破壊 (Table 2-1) を呈するようになる。Cu基の合金に対しては、Figs. 5-5と5-6に示すように、Sn, Zn, Inを5%添加するだけで接着性が改善した。Pdに対しては、3種類の卑金属を35%まで添加しても耐水性の改善は全く認められなかった。Pdのみが4-METAレジンとの接着で特異な現象を呈したが、Fig. 5-7に示すように等原子比のPdCu合金に対して、Inを15%以上添加した合金で優れた耐水性が得られた。2-5項で

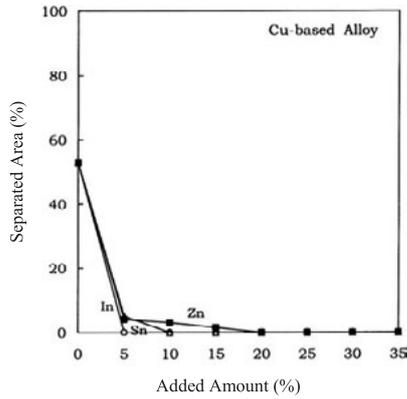


Fig. 5-5 Separated area (%) of Cu-based binary alloys containing In, Zn, or Sn.

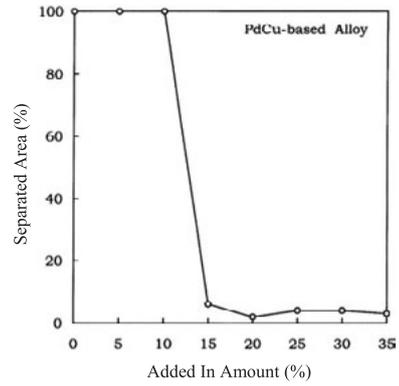


Fig. 5-7 Separated area (%) of PdCu based alloy containing In.

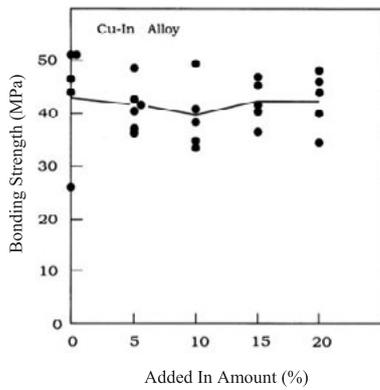


Fig. 5-6 Bonding strength versus In amounts with Cu-In alloys.

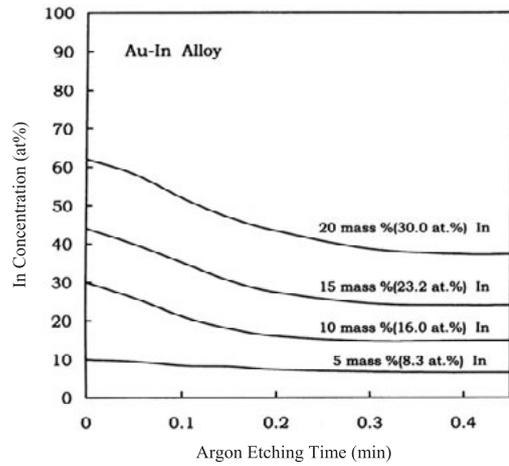


Fig. 5-8 Concentration variations of In in the depth direction for 95Au-5In (mass%), 90Au-10In, 85Au-15In, and 80Au-20In alloys.

Table 5-1 Compositions (mass%) of experimental alloys for resin bonding and water durability at the adhesion interface (Separated Area (%)).

Alloy No.	Au	Pd	Ag	Cu	In	Zn	Sn	Separated Area (%)
No. 1	58.0	—	10.0	12.0	20.0	—	—	0
No. 2	61.4	—	7.2	13.3	16.1	2.0	—	0
No. 3	65.8	—	7.7	14.2	10.6	1.7	—	0
No. 4	65.0	—	8.0	15.0	5.0	2.0	5.0	0
No. 5	70.0	—	8.0	15.0	—	2.0	5.0	0
No. 6	75.0	—	8.8	16.2	—	—	—	100
No. 7	77.0	—	5.0	15.0	3.0	—	—	0
No. 8	9.8	16.3	44.7	8.1	7.7	13.0	—	0
No. 9	10.3	17.2	47.3	11.2	4.6	9.4	—	0
No.10	12.0	15.0	40.0	8.0	—	25.0	—	0
No.11	12.0	20.0	55.0	13.0	—	—	—	100
No.12	12.0	20.0	40.0	8.0	—	20.0	—	0
No.13	12.0	20.0	45.0	15.0	—	8.0	—	25
No.14	12.0	20.0	40.0	18.0	3.0	—	2.0	17
No.15	12.0	20.0	45.0	18.0	3.0	2.0	—	24
No.16	20.0	20.0	40.0	18.0	2.0	—	—	57

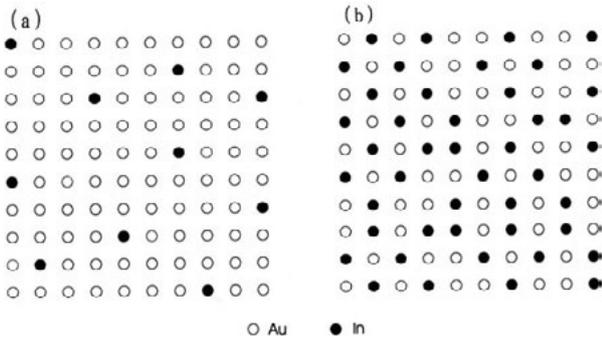


Fig. 5-9 Atomic distribution of Au (white) and In (black), from the quantitative analysis in Fig. 5.1-11; (a) Au-5In (mass%) alloy with poor adhesive ability and (b) Au-15In (mass%) alloy with excellent adhesive ability.

述べたごとく、Pdの場合は、非常に特異な挙動を示した。

上記の二元合金の結果に基づき、4-METAレジンと強固に接着する実用的な貴金属合金の開発を試みた。Table 5-1に合金の成分・組成と耐水性試験の結果を示した。金合金では合金No.6が、金銀パラジウム合金では合金No.11が市販合金であり、これらの合金の組成を基準として、Sn, Zn, Inを添加した。添加成分とその量の決定には、各合金成分に有効な卑金属成分について、市販合金 (No.6とNo.11) の組成に対する比例配分とした。接着界面の耐水性評価から、金合金に対しては、3%In, 2%Zn, および5%Snの複合添加が有効であることが判明した。金銀パラジウム合金に対しては、Znの20%添加 (No.12) が優れた耐水性を発揮したが、合金の耐食性に問題が生ずる可能性がある。5%Inと10%Znの複合添加が有効であるが、十分な耐水性は実現してい

ない。4-METAとの接着におけるPdの特異性は大きな問題である。現在のところ、金銀パラジウム合金に対しては前節で述べたAdlloy改質法とスズめっきが有効である。

5-2 卑金属元素の添加による合金表面の構造変化

卑金属合金を添加した場合の表面状態の変化について、Au基合金を例に、ESCAで解析した結果について述べる (Ohno et al., 1998b)。Fig.5-8は、異なるIn濃度のAu-In合金について、表面から深さ方向におけるInの濃度変化を示している。それぞれの平均的組成よりも合金表面でIn濃度が高くなっている。この結果をもとに、接着性が劣る合金 (Au-5In) と接着性が優れた合金 (Au-15) の表面状態をFig.5-9に模式的に表現してみた。白丸はAuを、黒丸はInを示す。4-METAレジンがAu-In合金に対して接着性を持つためには、少なくともIn原子が合金表面を50%以上被う必要があることが分かる。

Fig.5-10は、研磨したままのAu-In合金の表面をESCAで分析した結果である。(a) はアルゴンイオン・エッチング前の状態、(b) は酸化物の標準物質 (In_2O_3)、そして (c) はアルゴンイオン・エッチング後の状態から得たIn 3dスペクトルである。(c) の状態は金属状態のスペクトルである。これらのスペクトルを比較すると、(a) では、金属状態と In_2O_3 が混在した状態であることが分かる。Fig.5-11は、Au-Zn合金について、研磨したままの状態 (a)、ZnO (b)、そして金属状態 (c) から得たZn LMMオーグエスペクトルである。この場合も、(a) では、金属状態とZnOが混在した状態である。Fig.5-12

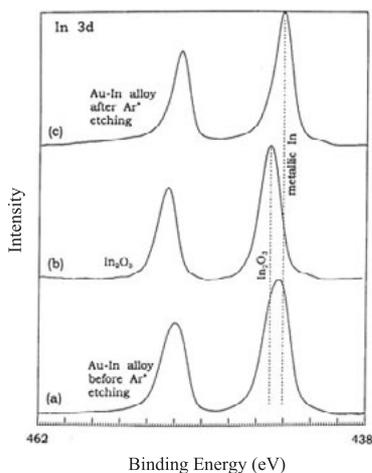


Fig. 5-10 In 3d spectra obtained from (a) as-polished Au-In alloy surface before argon ion etching, (b) In_2O_3 , and (c) Au-In alloy surface after argon ion etching.

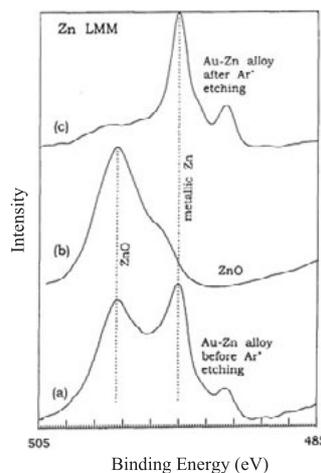


Fig. 5-11 Zn LMM auger spectra obtained from (a) as-polished Au-Zn alloy surface before argon ion etching, (b) ZnO, and (c) Au-Zn alloy surface after argon ion etching.

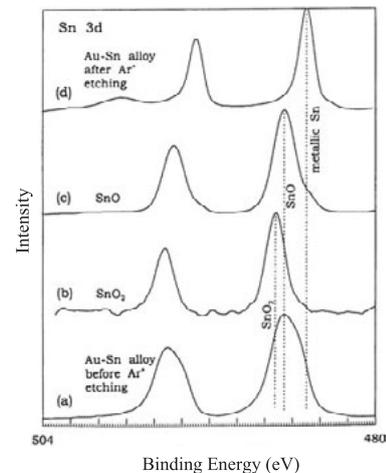


Fig. 5-12 Sn 3d spectra obtained from (a) as-polished Au-Sn alloy surface before argon ion etching, (b) SnO_2 , (c) SnO, and (d) Au-Sn alloy surface after argon ion etching.

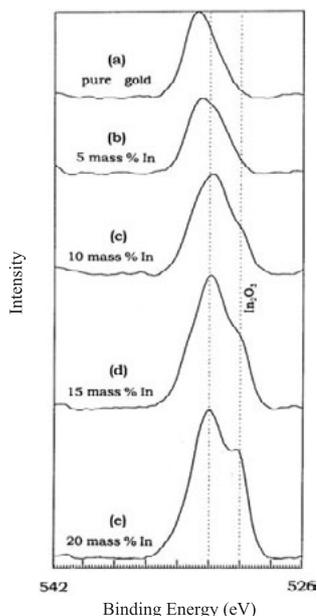


Fig. 5-13 O 1s spectra from the surface, without argon ion etching, pure gold and Au-based binary alloys containing 5, 10, 15, and 20 mass% In.

は、Au-Sn合金で、研磨したままの状態 (a), SnO₂ (b), SnO (c), そして金属状態 (d) から得たSn 3dスペクトルである。(a) では、金属状態のSn, SnO, そしてSnO₂が存在した。研磨したままの状態では、Figs. 5-10 (a), 5-11 (a), 5-12 (a) に示すように、酸化物と金属状態が混在している。酸化物の厚さは、光電子の平

均自由行程を考慮すると数nmオーダーと推定される。この薄い皮膜が接着に有効であることを示している。

ここで、Au-In合金について、酸素の状態を解析することとする。Fig. 5-13は、純金とそれぞれIn濃度の異なるAu-In合金から得たO 1sスペクトルである。In添加量の増加に伴って低結合エネルギー側の成分 (In₂O₃) が增大していることが分かる。すなわち、In含有量の増加に伴ってIn₂O₃の形成量が増加する。さらにAu-15In合金について、酸素の状態を詳細に解析することとする。Fig. 5-14は、Au-15In合金で得たアルゴンイオン・エッチング前 (a) と後 (b) のO 1sスペクトルである。O 1sスペクトルは、3つの成分 (I, II, III) に分離することができる。波形分離 (Fig. 2-11) で求めたアルゴンイオン・エッチング前後の各成分のピーク位置と存在割合をTable 5-2に示した。成分Iは、Fig. 5-13から、In₂O₃に由来する酸素である。成分IIとIIIは、アルゴンイオン・エッチングによって強度が低下すること、さらに純金のO 1sから推定されるように、In₂O₃の上に吸着した水に由来すると考えられる。2節のFig. 2-33とFig. 2-34で論じたごとく、IIは化学吸着水に、IIIは物理吸着水に由来すると推定される。Fig. 5-13に示すごとく、Inの添加量が増すに従ってIn₂O₃の生成量が増加し、それに伴って接着性が向上した (Figs. 5-1, 5-2)。

6. 多孔質合金表面の創製と高分子材料との接合効果

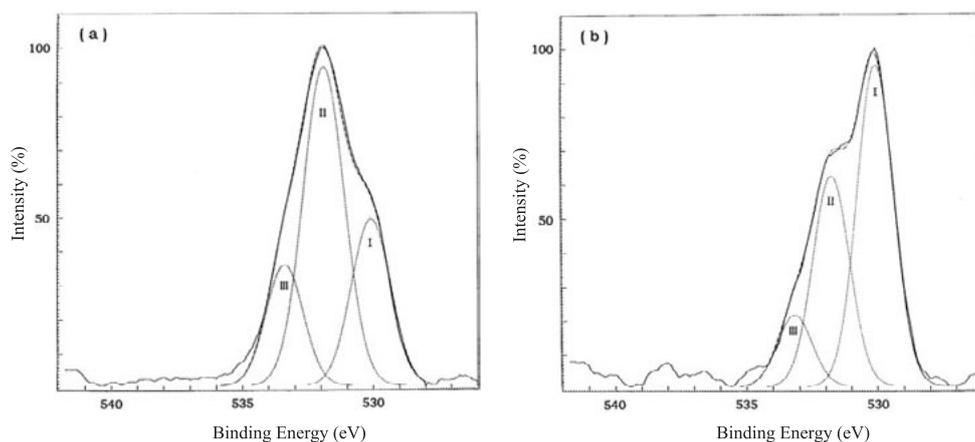


Fig. 5-14 (a): Separated O 1s spectra obtained from Au-15In (mass%) alloy without argon ion etching in (b): Separated O 1s spectra obtained from Au-15In alloy after argon ion etching for 0.05 min.

Table 5-2 Binding energy (eV) and area fraction (%) of oxygen chemical states.

	argon ion etching	oxygen chemical states		
		I (In ₂ O ₃)	II	III
pure gold	without	—	532.1 eV (34%)	533.6 eV (66%)
85Au-15In alloy	without	530.1 eV (27%)	531.9 eV (55%)	533.4 eV (18%)
85Au-15In alloy	with	530.1 eV (54%)	531.8 eV (35%)	533.2 eV (11%)

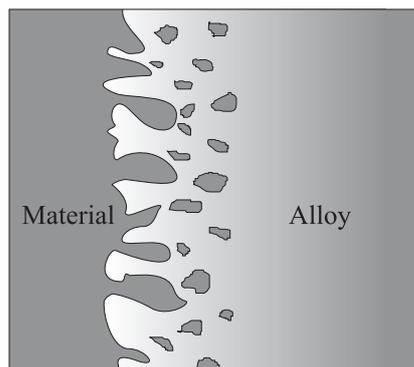


Fig. 6-1 Formation of porous structure on the alloy surface

黒色酸化物の内側に赤みを帯びた酸化物が形成される。Fig. 6-2は、800℃大気中で1時間加熱した後、酸化膜に垂直な断面を研磨し、X線マイクロアナライザーで分析した結果である。CuとAuの特性X線像で、白い部分は、それぞれの金属の濃度が高いことを示している。Cuの特性X線像から酸化物はCuの酸化物であることが分かる。外側の酸化物はCuOで、その内側の酸化物はCu₂Oであることが分かっている。Cu₂Oは合金の内部にまで形成されている。ここでは、この粒子を内部酸化粒子と呼ぶことにする。内部酸化粒子は孤立して観察されるが、三次元的な構造を有しており、外部と連続してい

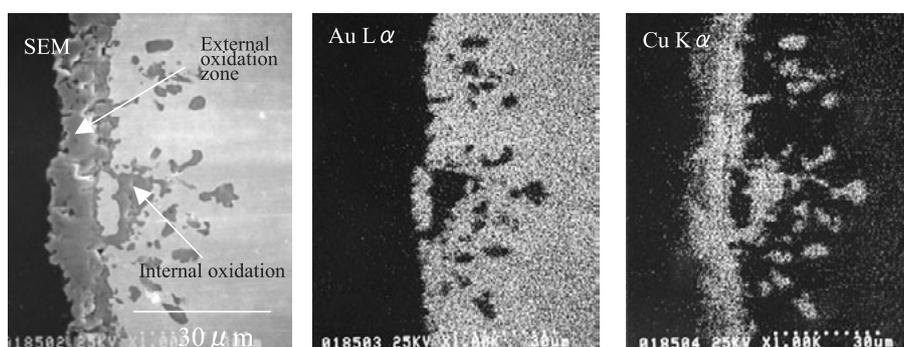


Fig. 6-2 Secondary electron image (a) and characteristic X-ray images of Au L α (b) and Cu K α (c), obtained from a 14K gold alloy specimen after oxidizing at 800℃ in air for 60 min, perpendicular to the oxidized surface.

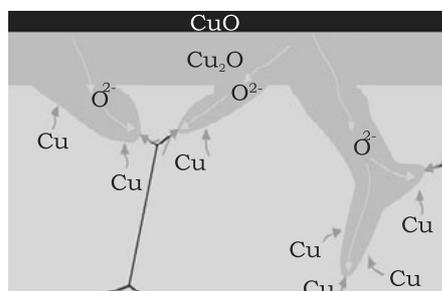


Fig. 6-3 Mechanism of formation of a porous structure on alloy surface by high-temperature oxidation.

6-1 高温酸化と酸洗いの組み合わせによる多孔質構造の形成

Fig. 6-1に示すような多孔質構造を合金表面に形成できたとしたら、どのような臨床応用が考えられるであろうか。まず考えられることは、2つの材料を結合するための機械的維持機構としての応用である。それではどのようにして合金の表面に多孔質構造を形成できるであろうか。まずその方法について述べたいと思う。14K金合金(59%Au-3%Pd-14%Ag-24%Cu)を大気中において高温で加熱した場合、Cuが酸化し黒色の酸化皮膜が形成される。この酸化層をさらに詳しく調べると外側の

る。市販の酸洗い溶液を使用し、酸洗いを施すと酸化膜および内部酸化粒子の酸化物が除去できる。内部酸化粒子の除去によって、合金表面は多孔質構造に変化する(Ohno et al., 2004)。

6-2 多孔質構造の形成機構

なぜこのような内部酸化粒子が形成されるのであろうか。Fig. 6-3に内部酸化粒子の形成する仕組みを示した。まず外側にCuOと内側にCu₂Oの二層構造が形成される。さらに酸化が進行すると結晶粒界にもCu₂Oが形成されるようになる。粒界の方が粒内よりも原子やイオンの拡散速度が大きいため、主に粒界に沿ってCu₂Oは成長する。Cu₂OはCuイオンよりも酸素イオンを優先的に拡散しやすいと考えられる。外界から酸素イオンが供給されるので、Cu₂O内の外側に近いほど酸素濃度が高く、内側に行くほど濃度が低くなる。外界から供給された酸素イオンは、この濃度勾配に沿ってCu₂O中を拡散して、この最先端でCu原子と結びつき、Cu₂Oが形成される。一方、Cu₂Oの最先端近傍の合金内部では、CuがCu₂Oに変化するために、Cu濃度が低下する。合金内部にもCu濃度の勾配が形成される。このCuの濃度勾配に沿って、合金内部からCuがCu₂Oの最先端に供給される

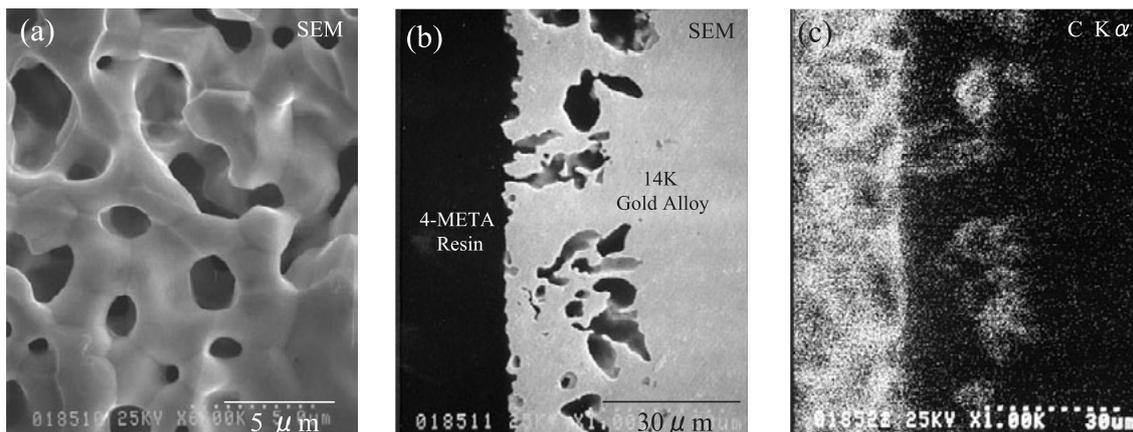


Fig. 6-4 Secondary electron image obtained from the surface after pickling, oxidized at 800°C in air for 1 hr (a), secondary electron image (b) and X-ray image of C K α (c) obtained from a specimen treated by oxidation and pickling followed by bonding with 4-META resin

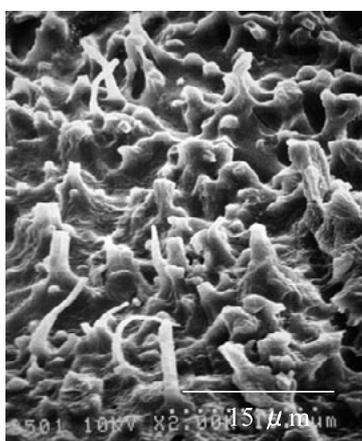


Fig. 6-5 Secondary electron image obtained from the resin side of the resin-alloy bond structure after removal of the alloy substrate with aqua regia.

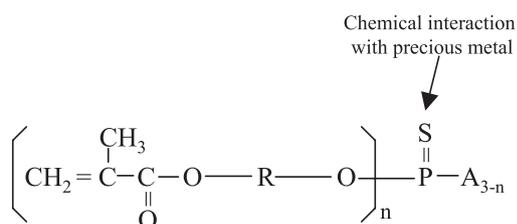


Fig. 6-6 Thiophosphate-type metal primer (M-Primer)

ことになる。その結果、時間とともにCu₂Oの最先端が合金内部へと成長する（Ohno and Kanazawa 1984, 2005）。

6-3 多孔質構造へのレジンの侵入と接着強さに及ぼす多孔質構造の効果

Fig. 6-4 (a) は、800°Cで1時間加熱後に酸洗いによって形成された14K合金表面の多孔質構造を示す。加

熱時間によって、また合金成分中のCu濃度を高くすることによっても多孔質構造の孔径と深さを制御できることが分かっている。Fig. 6-4 (b) と (c) は、高温酸化後の酸洗いに続いて、4-METAレジン接着した試験片の垂直断面である。(b) は走査顕微鏡像、(c) は同部位におけるCの特性X線像である。(c) から内部酸化粒子が存在した穴にレジンが侵入していることが分かる。Fig. 6-5は、王水で金合金を溶解し、残ったレジン金属側から観察した走査顕微鏡像である。非常に微細なレジntagが観察される。レジンと合金との機械的結合を改善する役割がこの多孔質構造にはある。

金合金の高温酸化では、Cuが選択的に酸化するために、合金表面のCu濃度が減少する。ESCAで分析した高温酸化・酸洗処理前後における合金表面の組成は、Cuは24mass%から0.7%に減少し、Auは59%から88.4%に増加し、貴金属成分に富む表面に変化した。4-METAレジン単独では有効な接着性を示すが、貴金属には有効ではないので、Fig. 6-6に示す貴金属に接着性を有するチオリン酸系金属接着プライマーの併用が有効と考えられた。

それでは、この多孔質構造の接着強さに及ぼす効果を調べてみることにする。直径5mmのステンレス鋼の棒を金合金表面の多孔質構造に4-METAレジンで接着し、引張試験を実施した。Fig. 6-7に4-METAレジンとの接着強さを示す。接着試験の結果、この多孔質構造に対する接着強さは、4-METAレジンとチオリン酸系金属接着プライマーを組み合わせた場合(Mechanical + Chemical)において38±3 (平均±SD) MPaであった。多孔質構造にガラス板を密着させ、2tの荷重で合金表面を平坦にした。この平坦表面 (Chemical) に対しては24±2 MPaであり、チオリン酸系金属接着プライマーの接着効

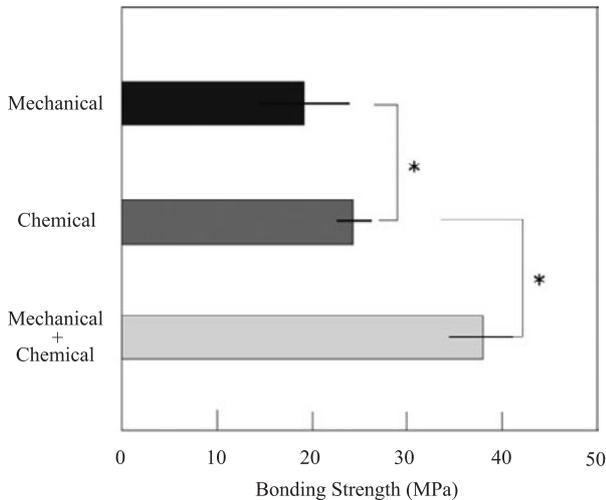


Fig. 6-7 Tensile bonding strength of self-curing resins to the alloy specimens with porous and flat surfaces. Each column represents mean \pm SD (10 specimens per each group). The starred groups (*) indicate significant differences between the groups ($p < 0.05$ by one way ANOVA).

果を確認できた。さらに、多孔質構造と接着性のない常温重合型レジンとの接合強さ（Mechanical）を求めたところ、 19 ± 1 MPaであった（Ohno et al., 2004）。この結果からみると、接着強さに及ぼす機械的結合の効果は、機械的結合と化学的結合による複合効果の約1/2ということになる。

歯科臨床において広く採用されているリテンションピースによる方法は、凸型の機械的結合であるが、多孔質構造による方法は凹型である。凹型の結合法の優れているところは、例えば、歯冠用硬質レジン用のメタルフレームにおいて、辺縁部や豊隆部にも機械的維持機構を形成できることである。もしも口腔内において長期間使用中に接着界面の劣化が起こるとすると、化学的結合の消失である。この劣化は、水の存在を考えると充分に想定できることである。化学結合が破壊した場合、最後に接着構造物の結合を支えるのは機械的結合である。この意味において、多孔質構造による機械的結合の意義は大きい。

7. 総括

接着は表面に鋭敏な現象である。表面に高感度であるESCAなどの分析結果に基づき接着現象を論ずることは、接着性の優れた合金の設計や新規表面改質法の開発に役立つ。本研究では、これらの表面分析法を駆使し、合金と高分子材料との接着性向上を目的として研究を遂行した。

多くの先達の努力にもかかわらず、接着性レジンで接着された金属修復物が、口腔内で脱離する症例が多く報

告されている。そのため、金属に対する接着技術は十分に信頼性を有する技術として、臨床的に確立されていないのが現状である。金属接着を完全なレベルにまでに高めるためには乗り越えなければならない大きな問題が2つ存在する。1つは、本論文でも触れた水による接着界面の破壊であり、もう1つは、レジンの重合収縮に起因する接着界面の残留応力である。これらの2つの問題は、接着を破壊する大きな駆動力となっている。接着構造物の長期耐久性を高めるためには、これらの問題を解決する必要がある。接着剤に疎水性基を多く含む分子構造を導入することで耐水性に優れた接着界面を構築できる可能性がある。また、重合過程で膨張する膨張性レジンが開発されており、これを接着剤の成分として導入することによって、重合収縮の問題は解決できる。しかし、いずれも生体材料分野で実用化されるまでには至っていない。これからの研究の進展に期待したい。従って、現在のところ、何らかの機械的結合に依存せざるを得ない状況にある。その一つの方法として、本研究で開発された高温酸化・酸洗いによる多孔質構造創製技術は、口腔内という過酷な環境下においても長期の耐久性を実現できる技術として優れており、すでに臨床で応用されている。

本論文は、著者が過去約25年間に発表した研究の一部をまとめ、「A Study on Adhesion of Adhesive Resin to Dental Alloys」と題して横浜国立大学大学院工学府に提出した博士（工学）論文を解説したものである。

本論文を構成する論文

1. 本論文は、下記の原著論文（18編）を再構成して作成された。

Ohno H, Araki Y and Sagara M. The adhesion mechanism of dental adhesive resin to the alloy – Relationship between Co–Cr alloy surface structure analyzed by ESCA and bonding strength of adhesive resin –. *Dent Mater J*, 5 : 46–65, 1986a.

Ohno H, Araki Y, Sagara M and Yamane Y. The adhesion mechanism of dental adhesive resin to the alloy – Experimental evidence of the deterioration of bonding ability due to adsorbed water on the oxide layer –. *Dent Mater J*, 5 : 211–216, 1986b.

Ohno H, Araki Y, Endo K, Kawashima I, Yamane Y, and Sagara M. Adhesive ability of a dental adhesive resin (4–META/MMA–TBB) to as–polished, HNO₃ treated, and oxidized surfaces of the Ni–Cr alloy. *Higashi Nippon Dent J*, 6 : 1–12, 1987a.

Ohno H, Araki Y, Endo K, Matsuda K, and Sakaguti K. ESCA study on improvements in adhesive ability of dental adhesive resin to Ni–Cr alloy treated by HNO₃ solution. *Higashi Nippon Dent J*, 6 : 13–22, 1987b.

Ohno H, Araki Y, Endo K, and Kawashima I. The adhesion mechanism of dental adhesive resin to the alloy – Adhesive ability of

- dental adhesive resin to the cleaned metal surface obtained by hydrogen gas reduction method -. *Dent Mater J*, 8 : 1-8, 1989.
- Ohno H, Endo K, Araki Y, and Asakura S. Destruction of metal-resin adhesion due to water penetrating through the resin. *J Mater Sci*, 27 : 5149-5153, 1992a.
- Ohno H, Endo K, Araki Y, and Asakura S. ESCA study on the destruction mechanism of metal-resin adhesion due to water penetrating through the resin. *J Mater Sci*, 28 : 3764-3768, 1993.
- Ohno H, Endo K, Yamane Y, and Kawashima I. XPS study on the weakest zone in the adhesion structure between resin containing 4-META and precious metal alloys treated with different surface modification methods. *Dent Mater J*, 20 : 90-102, 2001.
- Ohno H, Araki Y, Endo K, Yamane Y, and Kawashima I. Evaluation of water durability at adhesion interface by peeling test of resin film. *Dent Mater J*, 15 : 183-192, 1996.
- Ohno H. A new conversion method of metal surfaces for resin bonding - Conversion effects for pure metals in dental precious metal alloys-. *Dent in Jpn*, 27 : 101-108, 1990.
- Ohno H, Araki Y, and Endo K. A new method for promoting adhesion between precious metal alloys and dental adhesives. *J Dent Res*, 71 : 1326-1331, 1992b.
- Ohno H, Araki Y, and Endo K. ESCA study on dental alloy surfaces modified by Ga-Sn alloy. *J Dent Res*, 71 : 1332-1337, 1992c.
- Ohno H, Yamane Y, Endo K, Araki Y, and Iizuka Y. Adhesion of adhesive resin to dental precious metal alloys (Part I) New precious metal alloys with base metals for resin bonding. *Dent Mater J*, 17 : 275-284, 1998a.
- Ohno H, Yamane Y, Endo K, Araki Y, and Iizuka Y. Adhesion of adhesive resin to dental precious metal alloys (Part II) The relationship between surface structure of Au-In alloys and adhesive ability with 4-META resin. *Dent Mater J*, 17 : 285-293, 1998b.
- Ohno H, Endo K, and Hashimoto H. New mechanical retention method for resin and gold alloy bonding. *Dent Mater*, 20 : 330-337, 2004.
- Ohno H and Kanzawa Y. Internal oxidation in gold alloys containing small amounts of Fe and Sn. *J Mater Sci*, 18 : 919-929, 1983.
- Ohno H, Kanzawa Y, and Kawashima I. Structural study of oxidation zones on the gold alloys for porcelain bonding containing small amounts of In and Fe. *Dent Mater J*, 3 : 36-48, 1984.
- Ohno H, Endo K, Haneda K, Tamura M, and Hikita K. Mechanism by which porous structure is formed on the surface of gold alloy containing only Cu as base metal. *Dent Mater J*, 24 : 503-507, 2005.
2. 本論文では、下記の原著論文を参考にした。
- Haneda K, Ohno H, Endo K, Tamura M, and Kawashima I. Effect of surface modification using an adhesive metal primer on the bond strength of 4-META resin to a porous gold alloy surface. *J Jpn Soc Dent Product*, 19 : 31-37, 2005.
- Kemas A Z T, Ohno H, Narita T, and Ishikawa I. Determination of stress and distortion of a metal/resin composite using Scanning Acoustic Microscope. *Jpn Soc Non-destructive Inspection Conference*, Mar : 167-172, 1996.
- Ohno H, Ichikawa T, Shiokawa N, Ino S, and Iwasaki H. ESCA study on the mechanism of adherence of metal to silica glass. *J Mater Sci*, 16 : 1381-1390, 1981.
- Ohno H, Miyakawa O, Watanabe K, and Shiokawa N. The structure of oxide formed by high-temperature oxidation commercial of gold alloys for porcelain bonding. *J Dent Res*, 61 : 1255-1261, 1982.
- Ohno H, Kanzawa Y, and Yamane Y. ESCA study on the oxidized surface of a gold alloys for porcelain-metal bonding. *Dent Mater J*, 2 : 59-67, 1983.
- Ohno H, Kanzawa Y, Kawashima I, and Shiokawa N. Structure of high-temperature oxidation zones of gold alloys for porcelain bonding containing small amounts of In and Sn. *J Dent Res*, 62 : 774-779, 1983.
- Ohno H, Kanzawa Y, and Takanohashi S. State analysis of iron oxides formed on gold alloys for porcelain-metal bonding by an X-ray micro-analyzer. *Dent Mater J*, 2 : 179-191, 1983.
- Ohno H and Kanzawa Y. Structural Changes in the Oxidation Zones of Gold Alloys for Porcelain Bonding Containing Small Amounts of Fe and Sn. *J Dent Res*, 64 : 67-73, 1985.
- Ohno H, Yamane Y, Endo K, Araki Y, and Kawashima I. Evaluation of water durability at adhesion interface between 4-META resin and precious metal alloys modified with two adhesive metal primers. *J Jpn Soc Dent Product*, 10 : 35-41, 1996.
- Ohno H, Yamane Y, Endo K, Araki Y, and Kawashima K. Evaluation of water durability at adhesion interfaces between 4-META resin and precious metal alloys modified with two adhesive metal primers. *J Jpn Soc Dent Product*, 10 : 35-41, 1996.
- Sagara M and Ohno H. Gold Alloys for resin bonding small amount base metals -Structural changes of alloy surface by the high-temperature oxidation-. *Dent Mater J*, 18 : 366-384, 1999.
- Yamane Y, Ohno H, and Endo K. Mechanism of adhesion between 4-META resin and alloys based on Bolger's acid-base interaction. *Dent Mater J*, 20 : 63-74, 2001.

〔原著〕

Chew-and-spit法の算定法改善による食品咀嚼における全唾液分泌能力測定

倉橋 昌司

北海道医療大学看護福祉学部看護学科生命基礎科学講座

Evaluation of salivary flow rate during chewing of food
by improved chew-and-spit method

Masashi KURAHASHI

Department of Medical Sciences, School of Nursing and Social Services,
Health Sciences University of Hokkaido, 1757 Kanazawa Ishikari-Tobetsu, Hokkaido

Abstract

The chew-and-spit method is a simple method to evaluate the whole salivary secretion in response to foods. The volume of whole salivary secretion during feeding is determined by subtracting the initial weight of food from that of the food bolus after subjects have chewed it normally, and instead of swallowing spat it into a container for weighing. However, this method is considered to underestimate the whole salivary secretion due to either retention of food bolus in the mouth or inadvertent swallowing. The investigation into the whole salivary secretion during feeding here established a new equation for calculating the actual whole salivary secretion during feeding. In this study, the apparent whole salivary secretion was corrected using the new equation, and the actual whole salivary secretion during feeding was calculated. The subjects were two male and eight female volunteers. The subjects chewed one mouthful of cookie and spat it out into a container for weighing. This procedure was repeated ten times. Both the total and dry weight of both cookies and cookies-saliva mixture were measured. The actual whole salivary secretion calculated from these actual values according to the new equation was nearly constant from the first to the tenth mouthful, while the apparent whole salivary secretion was very low at the first mouthful, and gradually increased, however, the apparent whole salivary secretion was significantly lower than the actual whole salivary secretion from the first to the third mouthful. The portion of saliva that was retained in the mouth or was inadvertently swallowed during feeding was calculated to be $26.2 \pm 6.7\%$ of the actual whole saliva. The results suggest that the utilization of the new equation developed in this study is more accurate in the calculations of the actual whole salivary secretion of individuals during feeding.

キーワード：Chew-and-spit法，食品咀嚼，全唾液分泌能力

Chew-and-spit method, chewing of food, salivary flow rate

緒 言

ヒトの場合、摂食に伴う味覚などの刺激により唾液分泌が促進する (Watanabe and Dawes, 1988b)。この摂食時の全唾液分泌量測定法として、従来からchew-and-spit法が用いられてきた (Edgar et al., 1975; Silva et al., 1986; Richardson and Feldman, 1986; Watanabe and

Dawes, 1988a; 1988b; Brudevold et al., 1990; 渡部ら, 1993a; 1993b; 楠本, 1999)。この方法は一口量の食品を咀嚼し、嚥下閾に達した時に嚥下せずに吐き出し、この唾液の混入した食塊の重量と摂取した食品重量の差をもって全唾液分泌量とするものである。操作は容易であるが、本法の欠点は、食塊を十分に吐き出せず口腔内に一部が残存した場合、また食塊の一部を過って嚥下し

受付：平成18年3月31日

た場合、いずれの場合も、得られた全唾液分泌量は実際の全唾液分泌量より低値になってしまうことである。WatanabeとDawesは吐き出せず口腔内に残存もしくは過って嚥下した食品重量% (food lost) を表す算定式を考案し、種々の食品を用いた実験においてそれぞれのfood lostを算定し、それらの値は6%程度であり、このことを考慮すれば、chew-and-spit法は全唾液分泌量測定法として使用に耐えうるものであると考えた (Watanabe and Dawes, 1988a)。

しかしながら、個人を対象とし、その全唾液分泌能力と咀嚼能力との関係を明らかにしようとする実験などでは、個人によってそのfood lostが異なるため、見かけの全唾液分泌量測定法である従来のchew-and-spit法では不十分であり、著者がチューインガム法で実際の全唾液分泌量を求めた (倉橋, 2003) と同様、食品咀嚼の場合も、実際の全唾液分泌量測定法が求められる。著者は、WatanabeとDawesのfood lost算定式についての検討過程において、吐き出せず口腔内に残存もしくは過って嚥下した唾液量を補正した実際の全唾液分泌量を求める算定式を考案した。そこで本研究は、新たに考案した算定式による実際の全唾液分泌量測定の妥当性を実験的に示すことを目的として行った。

対象および方法

1. 被験者

顎口腔に異常を訴えることのない、北海道医療大学看護福祉学部教員および学生男女10人 (男性2人、女性8人、平均年齢25歳 (19~57歳)) である。すべての研究内容は北海道医療大学看護福祉学部・看護福祉学研究科研究倫理委員会の承認を受け、被験者には予め研究内容を十分説明し同意を得た。

2. 摂食実験

実験に用いた試験食品は、成分組成が明らかで、一口量を規定できるカロリーメイトスティック (大塚製菓, 1本あたり、平均重量: 2.54g, タンパク質: 0.3g, 脂質: 0.22g, 糖質: 0.85g, 水分: 0.8%, 総カロリー: 10kcal) である。

被験者は、少なくとも実験開始1時間前までに食事とブラッシングによる口腔清掃をすませ、安静を保った後、口腔内に貯留した唾液を嚥下し、一口量であるカロリーメイトスティック1本 (予め3つに折っておく) を自由咀嚼し、嚥下閾に達した時、食塊を嚥下せずに、予め計量してあるビーカーに吐き出した。被験者はこの操作を連続して10口分繰り返した。なお全唾液分泌速度算定のために10口分の全咀嚼に要した時間を記録した。10

口分それぞれ吐き出した食塊重量の測定後、食塊の乾燥重量%を求めるために、食塊を送風定温乾燥器にて、105℃, 17時間乾燥し、乾燥後の重量を測定した。試験食品の乾燥重量%を求めるために、咀嚼しない食品についても乾燥前後の重量測定を行った。また唾液乾燥重量%を求めるために、別途、各被験者についてガムベース咀嚼により全唾液を採取し、唾液の乾燥前後の重量測定を行った。

3. 全唾液分泌量など算定法

吐き出した食塊は咀嚼により食品と唾液がほぼ完全に均一に混和されたものである。試験食品重量をa, 吐き出した食塊重量をbとすると、これまでchew-and-spit法で求めていた見かけの全唾液分泌量S'は、

$$S' = b - a \quad (1)$$

となる。

bの乾燥重量をc, aの乾燥重量%をd, 唾液乾燥重量%をe, 口腔内に残存もしくは過って嚥下した食品重量%をf, 実際の全唾液分泌量をSとすると、吐き出した食塊の全重量に関して、

$$100b / (100 - f) = a + S \quad (2)$$

乾燥重量に関して、

$$100c / (100 - f) = (ad + Se) / 100 \quad (3)$$

が成立する。(2) および (3) 式から、f, Sは以下の式で表すことができる。

$$f = [1 - (100c - be) / a(d - e)] \cdot 100 (\%) \quad (4)$$

$$S = [b(d - e) / (100c - be) - 1] \cdot a (\text{ml}) \quad (5)$$

口腔内に残存もしくは過って嚥下した唾液重量%をFとすると、

$$F = 100(S - S') / S \quad (6)$$

であることから、(1), (2), (4) および (6) 式より、Fは次式で表すことができる。

$$F = f[1 - (100c/b - e) / (d - e)] (\%) \quad (7)$$

以上、(1), (4), (5) および (7) の各式に実測で求めたa, b, c, d, eの値を代入することにより、S', f, SおよびFの一口毎の値を算定した。また10口分のS'およびSの値と摂食に要した時間から各自の見かけおよび実際の全唾液分泌速度を算定した。

嚥下時食塊水分%Wは次式より一口毎の値を算定した。

$$W = 100(b - c) / b \quad (8)$$

4. 統計処理

実験は各被験者につき3回行い、その平均値を各被験者の値とした。なお一口毎におけるS, S', f, FおよびWの変動に関しては、一元配置分散分析法およびBonferroni/Dunnの多重比較検定法を、また一口毎のSとS', f

とFとの有意差検定には対応のあるt検定を用いた。

結 果

見かけの全唾液分泌量 S' は、摂食開始1口目では極めて少なく、その後徐々に増加し、4口目からほぼ一定になった。一方、実際の全唾液分泌量 S は1口目から10口目までほぼ一定値を示した。見かけの全唾液分泌量は、実際の全唾液分泌量に比較し、1口目から3口目までは著しく少なく ($p < 0.001$)、6および7口目も有意に ($p < 0.05$) に少なかった (図1A)。全10口を通しての見かけの全唾液分泌速度は $4.14 \pm 1.34 \text{ ml} / \text{分}$ (平均 \pm 標準偏差) であり、実際の全唾液分泌速度 $5.50 \pm 1.50 \text{ ml} / \text{分}$ に比較し有意に ($p < 0.001$) 低く、見かけの全唾液分泌速度は実際の全唾液分泌速度の $75.1 \pm 6.5\%$ であった。

嚥下時食塊水分%は、全10口を通して有意な変動は見られず、10口全体では、 $42.9 \pm 7.1\%$ であった (図1B)。

口腔内に残存もしくは過って嚥下した食品重量% f は、1口目が $38.6 \pm 8.4\%$ と最大であり、その後徐々に減少し、4口目以降はほぼ一定の低い値となった。また、口腔内に残存もしくは過って嚥下した全唾液% F も、1口目が $92.6 \pm 11.4\%$ と最大であり、その後徐々に減少し、4口目以降はほぼ一定の比較的低い値を示した (図1C)。1口から5口目および7口目において、 F 値は f 値に比較し、有意に大きかった。全10口では、 F は $26.2 \pm 6.7\%$ 、 f は $10.9 \pm 2.2\%$ であり、 F/f は 2.41 ± 0.35 であった。

考 察

Chew-and-spit法による全唾液分泌量測定の欠点は、口腔内に食塊の一部を残存もしくは過って一部を嚥下してしまうことにより、実際の全唾液分泌量より低い値が得られてしまうことである。本研究においても、摂食開始初期において、吐き出せず、口腔内に残存してしまう食塊量が多く、その結果、見かけの全唾液分泌量が非常に低値になってしまうことが確認された。口数が進んだ4口目以降、食品損失%はほぼ一定の低値を示した。口腔内に残存する食塊量が最大一定になり、咀嚼中過って嚥下する量も比較的少なく、摂取した一口量にほぼ等しい食品量が回収できたと考えられる。

これまでの研究では、chew-and-spit法による全唾液分泌量測定における実験誤差は回収できなかった食品% f と考えていた (Watanabe and Dawes, 1988a, 1988b; 渡部らa, b, 1993; 楠本, 1999)。しかしながら、全唾液分泌量の実験誤差は全唾液量損失% F である。試験食品の水

分含量および食品の嚥下時水分含量に依存するが、 F が f より大きいことは、 F および f を求める算定式からも推定された。本実験で得られた全10口で得られた f 値は $10.9 \pm 2.3\%$ と、本実験と同種の食品を用いた渡部らの小児の実験における値、 $11.3 \pm 2.9\%$ (渡部ら, 1993a)、成人男子の実験における値 (渡部ら, 1993b)、 $8.1 \pm 1.6\%$ の中間であり、 f 値としては妥当な値と考えられる。一方、本実験において得られた F 値は $26.2 \pm 6.7\%$ (15~40%) であり、 f 値の約2.4倍であり、また大きな個人差が見られた。このことは、個人により口腔内に残存もしくは過って嚥下した全唾液量が大きく異なることを示唆する。楠元はchew-and-spit法の欠点を考慮し、8口の摂食実験において、1口目と8口目を除いた中間の6口について f 値を求め、その値は $7.6 \pm 2.4\%$ と本実験よりはやや少ない値を報告している (楠本, 1999)。しかしながら、全唾液損失%はこの数倍は大きく、しかも個人差があるものと推測される。

以上の結果は、chew-and-spit法による全唾液分泌量測定法を用い、特に個人の全唾液分泌能力に関して検討しようとする実験の場合、これまで用いられてきた算定法では不十分であり、本研究で示した算定式の活用が必要であることを示す。

結 語

Chew-and-spit法による食品摂食時の実際の全唾液分泌量測定に必要な算定式を考案し、この算定式の妥当性を実験的に示した。今後、咀嚼と唾液分泌との関係、食行動と唾液分泌の関係など、個人の全唾液分泌能力を問題にする研究において本法の利用が期待される。

謝 辞

本研究は平成17年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C) 課題番号17500548) の補助を受けて行われた。

文 献

- Brudevold F, Kashket S and Kent RL Jr. The effect of sucrose and fat in cookies on salivation and oral retention in humans. *J Dent Res* 69: 1278-1282, 1990.
- Edgar WM, Bibby BG, Mundorff S and Rowly J. Acid production in plaques after eating snacks: modifying factors in foods. *J Am Dent Ass* 90: 418-485, 1975.
- 楠本正一郎. 食物咀嚼におよぼす唾液分泌量の影響—食塊水分量と嚥下関—。明海大歯誌 28: 40-48, 1999.
- 倉橋昌司. チューインガム法による咀嚼能力測定の改善と唾液分泌能力の同時測定. 医学のあゆみ 205: 173-174, 2003.
- Richardson CT and Feldman M. Salivary response to food in humans and its effect on gastric acid secretion. *Am J Physiol Gastrointest*

- Liver Physiol 250 : G85-G91, 1986.
- Silva MF de A, Jenkins GN, Burgess RC and Sandham HJ. Effects of cheese on experimental caries in human subjects. Caries Res 20 : 263-269, 1986.
- Watanabe S and Dawes C. The effects of different foods and concentrations of citric acid on the flow rate of whole saliva in man. Archs Oral Biol 33 : 1-5, 1988a.
- Watanabe S and Dawes C. A comparison of the effects of tasting and chewing foods on the flow rate of whole saliva in man. Archs Oral Biol 33 : 761-764, 1988b.
- 渡部 茂, 大西峰子, 今井 香, 河野英司, 浅香めぐみ, 五十嵐清治. 小児の食物咀嚼に関する研究. 1. 異なった食物によって分泌される唾液量. 小児歯科学雑誌 31 : 81-85, 1993a.
- 渡部 茂, 平井敏博, 広瀬哲也, 五十嵐清治. 実験的な唾液分泌低下が食物咀嚼時間と嚥下時食塊水分量に及ぼす影響. 日本咀嚼学会雑誌 3 : 37-42, 1993b.

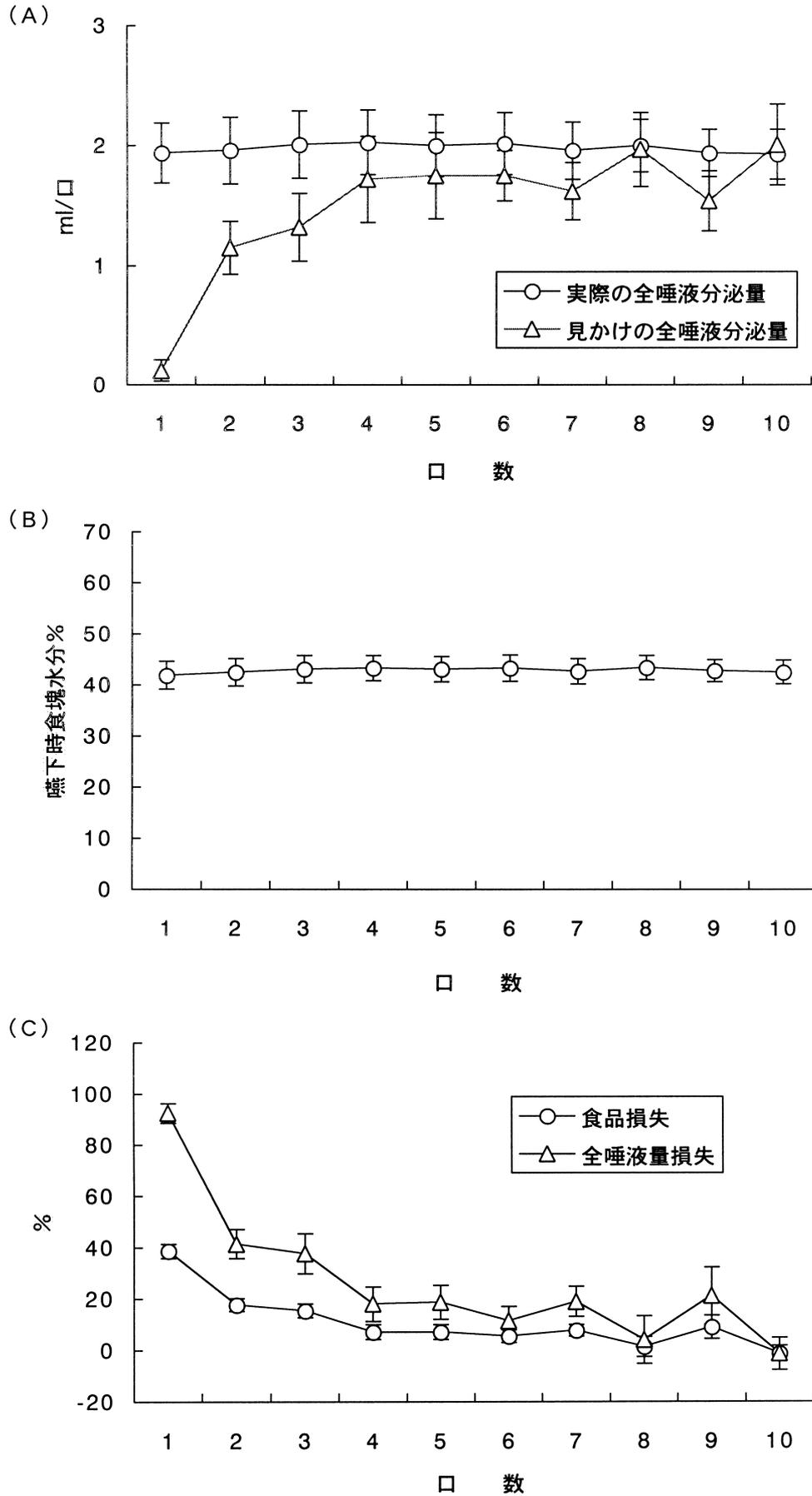


図1 食品咀嚼中の全唾液分泌量 (A), 嚥下時食塊水分% (B) および食塊損失 (C) の経時的変化
各値は平均値±標準誤差

〔原著〕

グレートテーパーガッタパーチャポイントの根管封鎖性

畑 良明, 立松 祐哉, 甕 富美子, 永井 康彦, 半田 慶介, 斎藤 隆史

北海道医療大学歯学部歯科保存学第二講座

A study on the sealing ability of the great tapered gutta-percha point

Yoshiaki HATA, Yuya TATEMATSU, Fumiko MOTAI, Yasuhiko NAGAI,
Keisuke HANDA and Takashi SAITODepartment of Operative Dentistry and Endodontology,
School of Dentistry,
Health Sciences University of Hokkaido

Abstract

Recently, nickel–titanium rotary systems are frequently used in root canal treatment with the outcome being a greater tapered root canal. Therefore, changes in the gutta–percha filling technique are necessary.

The purpose of this *in vitro* study was to compare the sealing abilities of a greater tapered (.06)gutta–percha with lateral condensation, a.06 tapered gutta–percha point and Obturation gutta by NT condenser (Hybrid technique) and the standard .02 tapered gutta–percha with lateral condensation.

The root canals of 60 extracted human mandibular incisors were endodontically instrumented with nickel–titanium rotary files K3 to master apical files of #40 and .06 taper and then randomly assigned to three groups each of 20 teeth. After cleaning, the teeth were obturated by three techniques and immersed in India ink. The operation times for the obturation and penetration distance of the dye from the apex of the root were measured,

The results were as follows :

- 1.The operation time of the greater tapered gutta–percha with lateral condensation was 120.9 sec, for the hybrid technique it was 115.1sec, and for the standard tapered gutta–percha with lateral condensation it was 129.1 sec. There were no statistically significant differences in the operation times of the three techniques.
- 2.The penetration distance of dye on obturated root canals became shorter in the order hybrid technique, .06 main gutta–percha with lateral condensation, and standard tapered gutta–percha with lateral condensation. There was a statistically significant difference between the hybrid technique and the standard tapered gutta–percha with lateral condensation ($p<0.05$).
- 3.Two-way analysis showed that the hybrid technique and the .06 tapered main gutta–percha with lateral condensation have excellent sealing ability. The lateral condensation with standard tapered gutta–percha was found not to have good sealing ability.

These results show that a combination the gutta–percha agreed to the apical end point and the tapered with prepared root canal, and obturation with lateral condensation or with Obturation gutta and NT condenser was effective in sealing the apical foramen.

Key word : gutta–percha, greater tapered, obturation, sealing ability

緒 言

近年、ニッケルチタンロータリーファイルが開発され、さらにファイル自体にかかるトルクをコントロールできるエンジンやコントラアングルハンドピースの開発によってファイル破折の危険性が減少している。それに伴い、根管治療にかかる時間も短縮されてきているが、最終根管形態のテーパーが大きく形成がなされているにもかかわらず、根管充填は従来のテーパー.02のガッタパーチャポイントが使用されていることが多い。そこで、最終根管形態のテーパーに合致したガッタパーチャポイント（グレートテーパーガッタパーチャポイント）と従来のテーパー.02のガッタパーチャポイントを用いて根管充填を行い、その操作性と根尖封鎖性について比較検討を行った。

材料および方法

本実験に用いた器材を表1に示す。歯周疾患により除去され10%ホルマリン中に保管されていた下顎前歯を用い、ファイルとプラグー使用時の影響を最小限にするために歯冠部をエアータービンにて削除した。根管口から#15K-ファイルを根管に挿入し、根尖狭窄部で抵抗感が得られ、根尖に到達したものを60本を被験歯とした。

作業長を根尖から歯冠側1mm寄りとし、1/128ニッケルチタンコントロールコントラアングルハンドピースとニッケルチタンロータリーファイル：K3を用いて、クラウンダウン法にて根管拡大・形成を行い、最終根管形態が#40のアピカル・シート、テーパー.06となるように規定をした（図1）。

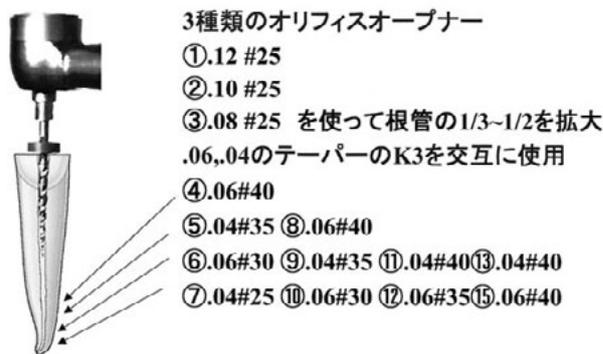
表1：使用した器具，材料

材料	製造会社	製造番号
NiTi control contra-angle hand-piece	Anthogyr	SN136846
#25NiTi コンデンサー	Alpha Endodontic Concepts	P020794287
Autofit Greater taper (.06 テーパー)	SybronEndo	032805
Gutta Percha points .02テーパー	Pierce	G4314
ニッケルチタンファイル：K3	SybronEndo	
.04テーパー(アソート)		04J10J
.06テーパー(アソート)		04J106J
.08テーパー		04M182M
.10テーパー		04L151L
.12テーパー		04J47J
Sealapex	SybronEndo	AAB3307
オブチュレーションガッター(S)	東洋	204-6052
アクセサリポイント	ジーシー	FGO19E
ガッタパーチャヒーター	ASEPTICO	YY12994-110-03
シルダープラグー 8P/9P	Caulk	921216/112190
ネイル ヴァーニッシュ	カネボウ	RS-61 48284
墨汁	開明堂	

根管洗浄は、ファイルの交換毎に行い、3% H₂O₂と10% NaOClによる交互洗浄を実施した。

根管充填法は、被験歯を無作為に3群に分け、以下の

図1：Ni-Tiロータリーファイルの使用手順 根管の1/2から2/3を3本のオリフィスオープナーで開拡後、.06#40,.04#40から.06と.04を交互に順次号数をさげながら使用し所定の位置まで拡大されたら初めに戻り最終的に規定した根管形態にした



方法で行った。

- グレートテーパーガッタパーチャポイントによる側方加圧根管充填法：テーパー.06ガッタパーチャポイントの先端を付属エンドゲージにて#40に調整した後、シーラーを根管壁とガッタパーチャポイントの先端に少量付着させ、根管内の所定の位置まで挿入、スプレッターにて側方に加圧した後、メインポイントと根管壁との間にアクセサリポイントを随時追加、圧接して行った。
- グレートテーパーガッタパーチャポイント、オブチュレーションガッターとNTコンデンサーによる根管充填法（以下、ハイブリッド法）（畑ら、1997）：根管壁に若干シーラーを付着させた後、#40に調整したグレートテーパーガッタパーチャポイントの先端にシーラーを付け、根管内に作業長まで挿入、スプレッターで側方に加圧した。その後、1/128コントラアングルハンドピースに装着した#25NTコンデンサーにあらかじめ専用のガッタパーチャヒーターにて加熱軟化したオブチュレーションガッターをコンデンサーの中程までコーティングした。その後、直ちに作業長の1mm歯冠寄りまで挿入、エンジンを正回転させ、メインポイントと根管壁との間にオブチュレーションガッターを充填した。
- 従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧根管充填法：テーパー.02のガッタパーチャポイントを#40に調整した後、グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧充填法と同様に充填を行った。

根管充填後、根管口をコンポジットレジンにて封鎖し、化粧用マニキュアを根尖部1~2mm残して、歯全体に塗布した。試験液（墨汁）中に1週間浸漬後、歯の表面のマニキュアをエタノール綿花で除去し、通法に従

って透明標本を作成した。その後、試験液の浸透した距離を実体顕微鏡下で計測を行った。

なお、根管充填に要した時間をメインポイントの挿入からヒートキャリアーによる余剰なガッタパーチャポイントの除去前までとして計測した。また、ニッケルチタンロータリーファイルK3のオートクレーブによる熱処理は、根管20本ごとに実施した。

根管充填の際に、2根管に分岐していたもの、加圧によって破折に至ったものを除外した。また、根管拡大・形成および根管充填は、臨床経験1年目の歯科医師が行った。

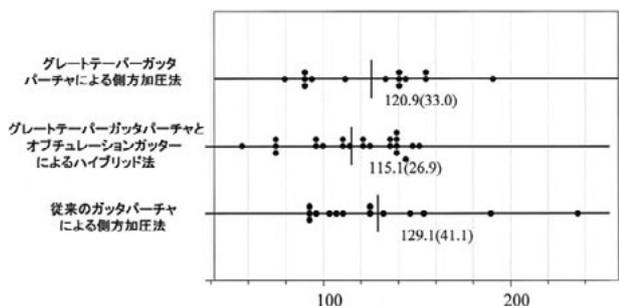
結 果

結果を図2から4に示し、統計処理は標本分布の正規性を調べた後、作業時間に比較においてはShefféの多重比較検定を、試験液の浸透比較においてはTukeyの多重比較検定を、封鎖能力に関しては二項検定を実施し、封鎖能力の比較においては χ^2 検定をStat Flex Ver4.1を用いて行った。

1. 操作時間

グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法：120.9秒、ハイブリッド法：115.1秒、従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法129.1秒で3者間に相互に有意差を認めなかったが、ハイブリッド法が従来のガッタパーチャによる側方加圧法より操作時間が短くなる傾向 ($p < 0.2$) が認められた (図2)。

図2：根管充填までに要した時間(秒) 図中の数値は平均値(標準偏差)を示す 有意な差は認められなかったが従来の.02テーパーガッタによる方法が最も時間がかかった



2. 試験液の浸透距離, 根尖孔封鎖性

試験液の根尖孔からの浸透距離は、グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法：0.18mm、ハイブリッド法：0.04mm、従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法：0.36mmであった。ハイブリッド法と従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法との間で5%以下の危険率で従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法が有意に浸透距離が長い結果が得られた。

封鎖能力を有するか否かを二項検定を用いて検索した

結果、グレートテーパーガッタパーチャポイントによる側方加圧法に1%以下の危険率で、ハイブリッド法では0.1%以下の危険率で有意であり、封鎖能力があると判定された。しかし、従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法は、封鎖能力があると判定できなかった。各根管充填法の封鎖能力差を χ^2 検定で比較した結果、ハイブリッド法と従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法との間で5%以下の危険率で有意差があることが判明した (図3,4)。

図3：試験液の浸透した距離(mm) 図中の数値は平均値(標準偏差)を示す 全く浸透しなかったものが多かったが従来の.02テーパーガッタによる方法が最も浸透した

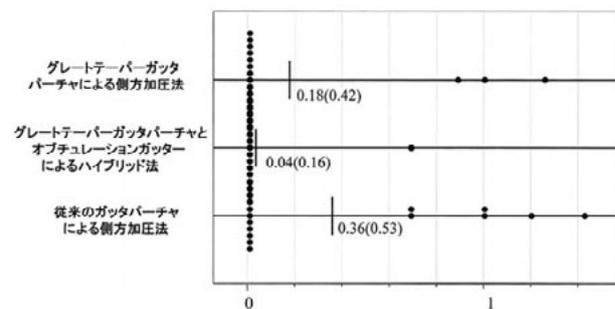
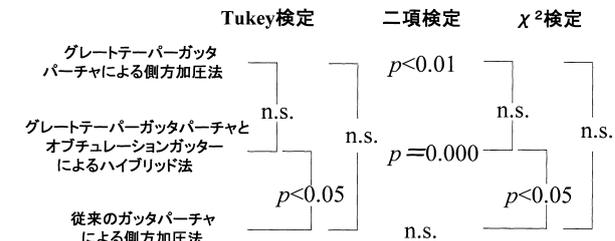


図4：統計処理の結果 距離では従来の.02テーパーガッタによる方法とハイブリッド法との間で差が封鎖性ではグレートテーパーガッタによる側方加圧法ハイブリッド法が能力ありと判定された



考 察

ニッケルチタン製ファイルは、超弾性という性質のために根管内で破折しにくいとされてきたが、逆に超弾性という物性のために根管壁面で滑ってしまい、従来のステンレススチールファイルよりも切削という点では劣っていた。この欠点を解消するためにファイルのテーパーを大きいものに、さらに刃部の形態を切削片が根管口から容易に排出されやすいものに代えたニッケルチタン製のファイルが開発された。

その手技においても、従来のステップバック法からクラウンダウン法に代え、さらにそのクラウンダウン法においても、号数の大きいものから小さいものに換えて使用していく方法からテーパーの大きいものから小さいものへと換えて根管拡大・形成を行う方法へと変化してきた。

根管拡大・形成に使用したニッケルチタンロータリー

ファイル：K3にはテーパー.12, .10, .08で先端径#25の3本のオリフェスオープナーとテーパー.06および.04の根管形成用スーパーファイル（先端径が#15から#60）から構成されているプロシダーバックと新しく発売された先端径が全て#25でテーパーが.12から.02のGバックがある。今回、プロシダーバック1組を用いて根管口から根管の1/2から2/3ほどをオリフェスオープナーで開拡した後、テーパー.06で号数が大きいもの、次いでテーパー.04で.06と同じ号数のもの、次いでテーパー.06で先ほどの号数よりも一段小さなファイル、.04を使用して根管拡大・形成を実施し、テーパーの大きいものと小さいものを交互に換え、さらに先端径を大きいものから小さいものへと換えながら所定の最終根尖径に形成した。しかしながら、このプロシダーバックの手順にはテーパー.06と.04を交互に使用してファイルの小さなものに換えて行くといった決まったものがあるが、最終根尖径の大きなものに対する根管形成法は、さまざまであり（Schäfer and Florek, 2003; 吉田ら, 2003; 黒田ら, 2004; Ayar and Love, 2004; Gambarini, 2005）、決まったものはない。そこで、本研究ではテーパー.06と.04を交互に使用する原則にのっとり今回の使用手順で根管形成・拡大を行ったが、ほとんどがテーパー.04で#25のファイルで作業長まで達し、その後.06#40から繰り返しくラウンドダウン法にて根管拡大・形成を行った。

McSpadden (1996), Koch and Brave (2002; 2003)は、ファイルの断面において見られる刃部後方に位置するラジアルランドの大きさ、ファイル断面におけるコアの大きさが破折予防に有効であると報告していることから考慮すると、本研究に使用したニッケルチタンロータリーファイルは、最も破折しにくいファイルといえる。しかし、コアが大きいということは逆にファイルが湾曲しにくいということを示し、急激に湾曲した根管の拡大・形成には適していない想像される。

刃の根管壁に対する角度（すくい角, rake angle）は、壁に対してポジティブに作用するように設計されており、切削という意味では最も効率がよいが、それだけファイル本体にかかる負荷が大きいことを示している。この負荷に対して、トルクをコントロールできるエンジンが開発・市販されているが、高価であり、専用のキャスターを必要とするものであった。今回使用した1/128ニッチコントロールコントラアングルハンドピースは、ISO規格で設計されているため全てのユニットのエンジンに装着ができ、しかも回転数が1/128に減速されるためユニットのフットスイッチを最大に踏み込んでもファ

イル操作に最適な350rpm以上には回転数が上昇しないばかりかトルクを0.9Ncmから4.0Ncmまで変えることができるためにファイルが根管の中で過剰な負荷がかかった場合、スリップを起こし、ファイルの破折を未然に防止する機構が備わっている。

しかし、19本目の根管拡大・形成中に.06#40のファイル1本の破折を経験し、その後.06#40を1本追加して根管拡大・形成を行った。しかし、畑ら（2004; 2006）のGTファイル、ProFileを用いた拡大・形成された根管の偏位に関する実験中において破折を経験しなかった。この破折の原因として根管形成中に拡大をするあまり、①根尖方向に力をいれ過ぎた、②トルクの設定を間違っていた、③ファイル内部に蓄積した金属疲労、④術者がファイルの操作に慣れていなかったことなどが推測される。GTファイルの考案者であるBuchanan (2001)は、ファイルの使用に際して、300回転以下で使用し、5根管以内での破棄、湾曲の激しい場合には1根管で破棄すべきであると述べている。GTファイルの断面形態と逆にふくらみを持った形態を有しているProTaperとK3を比較したMartín *et al.* (2003)は、破折の要因は回転数と根管の湾曲度であり、ファイルの断面形態に差がなかったと述べ、GTファイルと断面形態が同じであるProFileを使用したGambarini (2001)は、10根管以上破折することなく安全に根管形成ができたと述べている。しかし、いずれもオートクレーブ滅菌の回数を記載していない。回転が少ない方がファイル自体にかかるストレス（応力）も小さく、破折しにくいこと（Daugherty *et al.*, 2001）は、想像できるが、ファイル内に蓄積したストレスを開放することなくファイルを使用した場合、金属疲労によって破折しやすくなると考えられる。そのストレスを日常臨床ではオートクレーブで加熱することによって開放し、破折の危険性を回避する必要がある（Serene *et al.*, 1995）、林ら（2006）はファイルへの負荷とオートクレーブによる熱処理を20回繰り返し行ってもニッケルチタンロータリーファイルの機械的性質に影響を与えるものでなかったと述べ、通常の使用で20回以上使用できることを示唆している。日常臨床では1回毎にオートクレーブ滅菌を行うが、今回大量の資料を一度に拡大・形成を行う必要性から20根管使用した毎に熱処理を行うと設定していたため、19根管使用中に破折を経験した。その後は1本も破折に至っていない。そのため、.06#40などの先端径が大きくてテーパーが大きいファイルは、無理な力をかけず、トルクの設定を間違わなければ40根管以上の拡大・形成が可能であると考えられる。

ほとんどの歯根は近遠心的に圧扁され、それに伴い根管も圧扁されている。根尖部における根管形態を調査したWu *et al.* (2000)の研究によると、下顎切歯の根尖から1 mmの位置での根管径は、近遠心径：0.25mm、頬舌径：0.37mmであり、近遠心的テーパー.01であるのに対して頬舌的テーパー.11であったと報告し、近遠心的に先端径#35以下のファイルが作業長に到達しても頬舌的には根管に合致したのではなく、大きなテーパーによって拡大・形成がされていない箇所が生じている。また、先端径が#40以下の場合、側方加圧充填に適していないといわれており (Wakai and Naito, 1973), そのため本実験では根管形態を#40のアピカル・シート、テーパー.06と規定したが、頬舌的にはファイルを引き上げる際にはコンタクトシェーピングと化学的洗浄を徹底した。

ガッタパーチャは、生体親和性、化学的安定性、物理的性質など優れた特性から根管充填剤として最も使用されている材料である。また、側方加圧根管充填法も充填手技が容易で確実であるために日常臨床で多く用いられている手法である。しかしながら、ニッケルチタンロータリーファイルによりテーパーが大きく拡大・形成されているにもかかわらず根管充填には従来の.02テーパーガッタパーチャポイントが使用されてきた。最近ではテーパーが大きく拡大・形成された根管とアピカル・シートに合致したグレートテーパーガッタパーチャポイントが各社から発売されるようになり、根管充填の手技もメインポイント1本のみで行うシングルコンテクニックが紹介されている。しかし、その根尖封鎖性は従来のテーパー.02ガッタパーチャポイントによる側方加圧法と比べると劣っている (Hayes *et al.*, 2002; Baumann *et al.*, 2002; Kardon *et al.*, 2003; Zmener *et al.*, 2005; Gordon *et al.*, 2005)。その原因として、近遠心的にポイントが合致しても頬舌的には合致していないためと考えられる。

根管を緊密に封鎖するためには、従来の根管充填法を用いる必要がある。本実験ではグレートテーパーガッタパーチャポイントとアクセサリーポイントによる側方加圧法、ハイブリッド法、通常の.02テーパーガッタパーチャポイントとアクセサリーポイントによる側方加圧法の三者を比較したところ操作時間に関してハイブリッド法、グレートテーパーガッタパーチャによる方法は同等であったが、.02テーパーガッタパーチャによる方法が最も長く、ハイブリッド法と比べて作業時間が長くなる傾向が認められた。この理由として、使用したアクセサリーポイントの数によるものと推測され、グレートテー

パーガッタパーチャによる方法ではアクセサリーポイントの数が1～2本であるのに対して.02テーパーガッタパーチャによる方法では4～5本とほぼ2倍使用していたためと考えられた。

.02テーパーガッタパーチャによる側方加圧法は、最終根尖径、シーラー、試験液の浸漬方法、時間の違いがあるが、試験液が根管に浸透しなかった率は、これまでの報告 (畑ら, 1997; Araki *et al.*, 1998; 畑ら, 1999) よりも高かったが、二項検定の結果根尖封鎖能力があるとは判定できなかった。しかし、側枝へのガッタパーチャの浸入は、グレートテーパーガッタパーチャによる根管充填よりも多く認められたが、今回の実験では明らかにできなかった。今後、ガッタパーチャポイントの組成の違いによるものを検討する必要があると考えられた。

グレートテーパーガッタポイントを用いた側方加圧法による根管封鎖性に関する報告 (Bal *et al.*, 2001; Hembrough *et al.*, 2002) は、浸透した試験液を計測したものと充填率を比較したものであり、封鎖能力そのものを検討したものはない。今回の実験において、根管形態に合致したテーパーのガッタパーチャポイントを用いる側方加圧法には封鎖能力があると判定されたが、封鎖性を確実にするためにはニッケルチタン製のスプレッター (Wilson and Baumgartner, 2003) を使用し、湾曲根管においても確実に挿入、加圧すべきであると考えられた。

ハイブリッド法は、側方加圧法と垂直加圧法の両方の要素を持つといった意味で、McSpadden (1981) によって開発された垂直加圧法 (automated thermatic condensation) の変法というべきものである。通常、メインポイントを根管内の所定の位置まで挿入した後、コントラングルに装着したコンデンサーあるいはコンパクターを用いて根管に緊密に充填するものである。当初、アクセサリーポイントやシーラーなどは必要ないとされていたが、テーパーが大きく拡大・形成された根管では根管壁、メインポイントとコンデンサーとの間隙が大きくなり、根管内でポイントが空回りしてしまい十分に加圧できないことがあった。そこで、間隙を小さくするためにアクセサリーポイントが必要となるが、今回アクセサリーポイントの代わりにオブチュレーションガッターをコンデンサーに付着させて使用した。その結果、作業時間と封鎖性ともに最もよい結果を示し、ハイブリッド法の有効性を改めて確認する結果となった。

結 論

著者らは、ヒト下顎前歯60本をニッケルチタンロータリーファイル：K3を用いて根管拡大・形成を行い、さ

らに最終形成根管形態に合致したグレートテーパーガッタパーチャポイントを用いて根管充填を行い、その操作性と根尖封鎖性について従来の.02テーパーガッタパーチャポイントによる側方加圧法と比較し、以下の結論を得た。

1. 根管充填に要した時間において、グレートテーパーガッタパーチャポイント、オブチュレーションガッターとNTコンデンサーを併用したハイブリッド法が最も短時間に行え、次いでグレートガッタパーチャポイントによる側方加圧法、従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法の順であった。
2. 試験液の浸透距離に関して、操作性と同様にハイブリッド法：0.04mm、グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法：0.18mm、従来のガッタパーチャによる側方加圧法：0.34mmであり、ハイブリッド法と従来のガッタパーチャによる側方加圧法との間で有意な差が認められた。
3. 封鎖能力を検討した結果、ハイブリッド法、グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法において封鎖性があると判定されたが、従来のガッタパーチャによる側方加圧法において封鎖能力があるとは判定できなかった。

以上のことより最終根管形態のテーパーに合致したグレートテーパーガッタパーチャポイントを用いる根管充填法は、従来の.02テーパーのガッタパーチャポイントによる根管充填法と比較して、操作時間において差があるとは判定できなかったが、根尖封鎖性に関してはるかに優れた根管充填法であることが判明した。

なお、ニッケルチタンロータリーファイル：K3は根管形成中、19根管目に1本破折した。

文 献

- Araki ÂT, Hata Y, Sasaki M, Lage-Marques JL and Sasaki H. Análise comparativa entre três métodos de obturação endodôntica. Rev Pós-Graduação Odont Univ São Paulo. 5 : 319-320, 1998.
- Ayar LR and Love RM. Shaping ability of ProFile and K3 rotary Ni-Ti instruments when used in a variable tip sequence in simulated curved root canals. Int Endod J 37 : 593-601, 2004.
- Bal AS, Hicks ML and Barnett F. Comparison of laterally condensed .06 and .02 tapered Gutta-Percha and sealer in vitro. J Endod 27 : 786-788, 2001.
- Baumann MA, Loy R and Behrens O. Dye penetration of different single cone techniques compared to lateral condensation. Abstract IADR/AADR/ CADR 80th General session March 2002.
- Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation-part 2. GT file selection and handpiece-driven file use. Int Endod J 34 : 63-71, 2001.
- Daugherty DW, Round TG and Comer TL. Comparison of fracture rate, deformation rate, and efficiency between rotary endodontic instruments driven at 150 rpm and 350 rpm. J Endod 27 : 93-95, 2001.
- Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. Int Endod J 34 : 386-369, 2001.
- Gambarini G. The K3 rotary nickel titanium instrument system. Endodontic Topics 10 : 179-182, 2005.
- Gordon MPJ, Love RM and Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. Int Endod J 38 : 87-96, 2005.
- 畑 良明, 畑 宏幸, 佐々木ミッシェル, 仲屋俊夫, 佐々木八郎. オブチュレーションガッター®とNTコンデンサーによる根尖封鎖性に関する研究. 日歯内療誌 18 : 107-113, 1997.
- 畑 良明, 荒木アンジェラ敏枝, 畑 宏幸, 佐々木ミッシェル, 仲屋俊夫, 董 莉, 碓井ソフィ, 佐々木八郎. System Bによる根尖封鎖性と根管適合性. 日歯内療誌 20 : 91-97, 1999.
- 畑 良明, 甕 富美子, 塚越 慎, 畑 宏幸, 碓井ソフィ, 佐々木ミッシェル, 佐々木八郎. 湾曲根管拡大におけるNTロータリーファイルと手用ステンレススチールファイルの相違に関する研究—マイクロCTにおける観察—. 日歯内療誌 25 : 129-136, 2004.
- 畑 良明, 甕 富美子, 畑 宏幸, 佐々木ミッシェル, 佐々木八郎. GTロータリーファイルを用いた根管拡大—水平的偏位について—. 日歯内療誌 27 : 76-83, 2006.
- 林 洋介, 伊藤正紀, 宮井香林, 海老原 新, 米山隆之, 須田英明. オートクレーブ滅菌およびNaClO浸漬がエンジン用ニッケルチタンファイルの機械的特性に及ぼす影響. 日歯内療誌 27 : 95-100, 2006.
- Hayes SJ, Llewelyn JH, Griffiths IT, Bryant ST and Dummer PMH. Comparison of obturation with lateral condensation, 0.04 and 0.06 taper single cone root filing in extracted teeth. Int Endod J 35 : 492-494, 2002.
- Hembrough MW, Steiman HR and Belanger KK. Lateral condensation in canals prepared with nickel titanium rotary instruments : An evaluation of the use of three different master cones. J Endod 28 : 516-519, 2002.
- Kardon BP, Kuttler S, Hardiquan P and Dorn SO. An *in vitro* evaluation of the sealing ability of a new root canal obturation system. J Endod 29 : 658-661, 2003.
- Koch K and Brave D : Real world endo : Design features rotary files and how they affect clinical performance. Oral Health February : 39-49, 2002.
- Koch K, Brave D : The ultimate rotary file? Oral Health March : 59-64, 2003.
- 黒田健司, 俵木 勉, 黒米健治, 小嶋 壽. K3ファイルを使用した新たな根管形成法. グローバルエンドドンティクス, 別冊the Quintessence ; 64-67, 2004.
- Martín B, Zelada G, Verela P, Bahillo JG, Magán F, Ahn S and Rodríguez C. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. Int Endod J 36 : 261-266, 2003.
- McSpadden JT. Self-study course for the thermatic condensation of gutta percha. Ranson & Randorf/DENTSPLY 1981.
- McSpadden JT (村岡 博訳): 根管治療用マイクロファイルの形状: その理論. スーパーファイル「クァンテックファイル」開発のコンセプトから実現まで. 東京: ヨシダ, 1-5, 1996.
- Schäfer E and Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 in-

- struments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part I. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 36 : 199–207, 2003.
- Serene TP, Adams JD and Saxena A. Nickel-Titanium instruments applications in endodontics. St. Louis : Ishiyaku EuroAmerica Inc ; 59–65, 1995.
- Wilson BL and Baumgartner JC. Comparison of spreader penetration during lateral compaction of .04 and .02 tapered gutta-percha. *J Endod* 29 : 828–831, 2003.
- Wu M-K, R'oris A, Barkis D and Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 89 : 739–743, 2000.
- 吉田達雄, 小倉隆一, 庄司 茂. ニッケルチタンファイル “K3[®]” の根管拡大能力の評価. *日歯内療誌* 24 : 9–15, 2003.
- Wakai WT and Naito RM. Filling root canal with gutta percha. *J Hawaii Dent Assoc* 6 : 8–13, 1973.
- Zmener O, Pameijer CH and Macri E. Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer : an in vitro study. *J Endod* 31 : 392–395, 2005.

〔原著〕

乳歯う蝕，永久歯う蝕に及ぼす生活要因分析 －札幌市白石区某小学校における調査から－

畑 良明^{*,***}，三浦 宏子^{**,***}，葭内 純史^{***}，山崎 亜希^{*}，半田 慶介^{*}，斎藤 隆史^{*}^{*}北海道医療大学歯学部歯科保存学第二講座^{**}九州保健福祉大学保健科学部言語聴覚療法学科^{***}北海道子供の歯を守る会

A Statistical Analysis of Cariogenic Factors in Deciduous or Permanent Teeth Dental Examinations in Elementary School Children in Shiroishi, Sapporo

Yoshiaki HATA^{*,***}, Hiroko MIURA^{**,***}, Yoshifumi YOSHIUCHI^{***}
Aki YAMAZAKI^{*}, Keisuke HANDA^{*} and Takashi SAITO^{*}^{*}Department of Operative Dentistry and Endodontology, School of Dentistry,
Health Sciences University of Hokkaido^{**}Department of Speech Therapy, Faculty of Health Science,
Kyushu University of Health and Welfare^{***}Association of Dental Health for Children in Hokkaido

Abstract

On the basis of a questionnaire survey to mothers concerning nursing methods, dietary habits, tooth brushing, etc., of first grade students at elementary school from 1996 to 2000 in Shiroishi, Sapporo, cariogenic factors associated with dental caries in deciduous and permanent teeth were analyzed.

The results were as follows :

- 1.The Canine–Molar (deciduous canine and deciduous molar) dmf person rate, the Canine–Molar dmft index, the DMF person rates, and the DMFT index decreased slightly. The DMFT index appeared to have stopped falling in sixth grade student.
- 2.Hayashi's quantification analysis in the number of deciduous dental caries, was used to evaluate the mother's understanding of the oral condition of the child, the mother's experience of dental caries, the period of weaning, the weight at birth, the nursing method, and fluoride application experience. As for permanent dental caries, there were differences in the order of fluoride application experience, mother's experience of dental caries, frequency of between–meals, understanding of the child's oral conditions, and watching TV at meals.
- 3.There were numerous correlations between some of the categories, and by further analysis excluding the correlation, the factors in dental caries in deciduous or permanent teeth became clear.
- 4.Multiple logistic regression analysis, was used to evaluate the deciduous dental caries, there were differences in the order of the mother's experience of dental caries, the frequency of between–meals, the order of birth, and the frequency of fluoride application. As for permanent dental caries, there were differences in the order of understanding the child's oral condition, the mother's experience of dental caries, watching TV at meals, the period of weaning, and the order of birth.

Key words : Dental caries, Cariogenic factor, Hayashi's quantification analysis, Logistic regression analysis

緒 言

現在発生しているう蝕は, 過去における生活習慣に起因していることに論を待たないが, その発生要因そのものが関連しあい, より複雑化している. 著者らは, すでに小学校就学時点での生活習慣に関するアンケート調査を実施し, 就学時における乳犬歯・乳臼歯部う蝕発症要因を明らかにするとともに, 5年後の6年生における永久歯う蝕に影響を及ぼしている因子を調査することによって, これからのう蝕発生を予防し, 今後の指導の一助にすることを目的に調査を行ってきた(畑, 三浦, 1999; 畑ら, 2003). その結果, 6年次におけるう蝕は蝸牛の歩みのように減少傾向を示してきたが, フッ化物による積極的な予防法を教育サイドで実施するには多くの困難がある今日, よりインパクトのある科学的な健康教育の必要性が生じてきた.

今回, 生活習慣が就学時点における乳犬歯・乳臼歯部う蝕さらに6年次う蝕に及ぼす影響を調査するとともにロジスティック回帰分析を行い, 関連の強さを算出した.

対象および方法

札幌市白石区某小学校において, 96年度から00年度までの5年間に入学し, 6年間在籍をした児童を対象として, 出生順位, 授乳方法や就学時点での食習慣, 歯口清掃などの生活習慣に関するアンケート調査を実施し, 6年間継続して歯科健康診査を受診した277名をもとに実施した. アンケート用紙を表1に示す.

表1: 使用したアンケート用紙

____日までに提出してください

1年____組____番 氏名 _____

お子さんは何番目の子供ですか? ①第1子, ②第2子, ③第3子以上
 お子さんはどのくらいの体重で生まれましたか?
 ①2500g以下, ②2500g~3000g, ③3000g~3500g, ④3500g以上
 お子さんの授乳方法(生後4, 5カ月位まで) ①母乳栄養, ②人工乳栄養, ③混合乳栄養
 離乳をいつ頃でしたか(完全に断乳していないで, 時々人工乳などを飲んでいてもよい)?
 ①1, 2カ月まで, ②1, 8カ月まで, ③2, 4カ月以降
 「おやつ(ジュースなどは含みますが, 牛乳, 果物を含みません)」を与えていますか?
 ①全く与えていない, ②時々与えている, ③しょっちゅう与えている
 「おやつ」の回数は? ①1回, ②2回, ③3回, ④4回以上
 お子さんは, 歯を磨いていますか? ①子供自身が行っている, ②歯を磨いていない
 歯磨きの仕上げを親がしていますか
 ①している, ②____歳頃までしていた, ③していない
 お子さんのムシ歯(すでに治療済みのものも含みます)は, 多い方だと思いますか?
 ①ムシ歯は1本もない, ②2, 3本ある, ③5, 6本ある, ④8本以上ある
 お母さんのムシ歯(すでに治療済みのものも含みます)は, 多い方だと思いますか?
 ①ムシ歯は1本もない, ②2, 3本ある, ③5, 6本ある, ④8本以上ある
 フッ素という言葉を知っていますか?
 ①よく知っている, ②効果は知らないが聞いたことがある, ③知らない
 フッ素の塗布を受けたことがありますか?
 ①4回以上, ②2~3回, ③1回, ④1回もない
 もし, 小学校でフッ素によるムシ歯予防法を取り入れたならば, お子さんに行かせますか?
 ①行わせる, ②安全性などの説明を聞いた上で行わせる, ③行わせない
 最後の質問です。
 食事中にテレビを見ているですか?
 ①見ている, ②ときどき見て食べている, ③見て食べている

乳歯う蝕数については, 対象児童が前歯部交換期にあたるため乳前歯を除外, 乳犬歯, 乳臼歯部のみを対象とし, 乳犬歯・乳臼歯のう蝕経験歯数(C-Mdmftと記す)を算出した.

調査アンケート項目のカテゴリー比率(%)を算出し, 各カテゴリー間の一人平均C-Mdmftおよび6年次一人平均永久歯う蝕数(6年次DMFTと記す)を算出するとともに平均値の差の検定にはMann-Whitney U検定を実施, 比率の検定には χ^2 検定を実施した.

さらに, 就学時におけるう蝕罹患, 6年次DMFTに及ぼしている要因を算出するためにこれらを目的変数, アンケート項目を説明変数として数量化理論I類による検討を行い, 偏相関係数の検定にはt-検定を実施した.

また, 1年次乳犬歯・乳臼歯部う蝕の有無, 6年次永久歯う蝕の有無を目的変数としてロジスティック回帰分析を行い, オッズ比を算出し, Fisherの直接確率法によって有意性を検討した.

統計処理にはStatFlex Ver. 4.0, Excel 数量化理論 Ver. 1.0およびJMP Ver. 5.0を使用した. そして, 20%以下を傾向があるとし, 5%以下を有意であると判定した.

結 果

結果を表2から表6に示す. 96年度から00年度入学の者の就学時点での乳犬歯・乳臼歯部のう蝕罹患率は, 80%前後から徐々に上昇し, 99年入学男子の88.2%と最高の値を示し, 99年入学女子の68.9%と最低の値を示した. 一人平均C-Mdmftも98年度入学女子の6.6本を最高に, 減少傾向を示し, 99年, 00年度入学女子と5%以下の危険率で有意な差が存在していた. 当初の3年間では乳歯う蝕の減少傾向は窺えないが, 総体的に見ると減少傾向にあるといえる. 永久歯におけるう蝕に関して, 1年次DMFT者率10%近くあったものが, 4%前後まで減少し, 1年次永久歯にう蝕を有しているものは, 存在しても1人あるいは2人という結果であった. しかし, 98年度入学の女兒において1年次永久歯う蝕がまったくなかったものが, 5年後の6年次には2.3本となり, 同期入学の男児と者率, 平均う蝕数, 両者ともに有意な差が存在し, 他の年度での女子との間で平均う蝕数において有意あるいは傾向が存在していた. 男女合算した平均う蝕数において96年度: 1.4本, 97年度: 1.5本, 98年度: 1.6本, 99年度, 00年度ともに1.2本であり, 永久歯う蝕数の減少は, 下げとまった感があった(表2).

表2：入学年度別う蝕罹患率と一人平均う歯数

	96年度入学		97年度入学		98年度入学		99年度入学		00年度入学	
	男子(n=29)	女子(n=25)	男子(n=35)	女子(n=25)	男子(n=34)	女子(n=27)	男子(n=29)	女子(n=29)	男子(n=22)	女子(n=24)
1年次C-Mdmft者率(%)	79.3	80.0	82.9	84.0	88.2	85.2	88.9	68.9	78.3	70.8
1年次一人平均C-Mdmft	5.2(3.5)	5.3(3.3)	6.0(3.6)	5.2(3.9)	5.3(5.3)	6.6(3.7)	5.3(3.4)	4.4(3.8)	4.9(3.3)	3.9(3.7)
1年次DMFT者率(%)	10.3	8.0	8.6	8.0	2.9	0.0	3.7	3.4	4.5	4.2
1年次一人平均DMFT	0.1(0.4)	0.1(0.4)	0.2(0.6)	0.2(0.6)	0.0(0.2)	0.0(0.0)	0.1(0.4)	0.0(0.2)	0.0(0.2)	0.0(0.2)
6年次DMFT者率(%)	41.4	52.0	51.5	52.0	44.1	70.4	48.1	44.8	45.5	29.2
6年次一人平均DMFT	1.4(1.9)	1.4(1.6)	1.5(2.0)	1.4(2.0)	1.0(1.6)	2.3(2.4)	1.2(1.6)	1.2(1.7)	1.2(1.7)	1.2(2.1)

#:P<0.2, *:P<0.05, **:P<0.01 Mann-Whitney U-test & χ^2 test

表3に就学時アンケートの項目別、カテゴリーにおける比率(%)と1年次平均C-Mdmftさらに5年後の6年次平均DMFTを示す。

その結果、1年次C-Mdmftでは離乳時期、間食回数、仕上げみがき、母親のむし歯、フッ素塗布経験、食事の中のテレビ、口腔内把握度のカテゴリー間で、6年次DMFTでは離乳時期、間食回数、母親のむし歯、食事の中のテレビ、口腔内把握度のカテゴリー間で有意あるいは

傾向が存在していた。

1年次におけるC-Mdmftおよび6年次DMFTに及ぼす要因を分析するためにC-Mdmftあるいは6年次DMFTを目的変数、アンケート項目を説明変数として数量化分析I類を実施した(表4)。

その結果、1年次C-Mdmftでは口腔内把握度、母親のむし歯、離乳時期、間食回数、生下時体重、授乳方法、フッ素塗布経験、仕上げみがき、食事の中のテレビ、出生順位、甘味間食、フッ素の知識、子供の歯みがきの順に相関が高かった。しかし、生下時体重とフッ素の知識、授乳方法と仕上げみがき、甘味間食と間食回数、母親のむし歯、仕上げみがきとフッ素塗布経験、フッ素の知識とフッ素塗布回数との間など説明要因間に有意な多重共線性multicollinear(マルチコ)が認められたため、目的変数との相関係数が低い説明要因を除外して再び分析を実施した。その結果、1年次C-Mdmftと口腔内把握度、母親のむし歯、離乳時期、間食回数、生下時体重、フッ

表3：カテゴリー比率と平均う歯数

項目名	カテゴリー	比率	1年次C-Mdmft	6年次DMF
出生順位	第1子	47.3	5.4(3.4)	1.4(1.8)
	第2子	41.3	6.0(3.7)	1.3(1.8)
	第3子以上	11.4	6.1(3.9)	2.3(2.9)
生下時体重	2500g以下	4.4	5.4(4.3)	1.9(1.9)
	3000g以下	37.3	5.8(3.6)	1.6(2.2)
	3500g以下	46.8	5.2(3.5)	1.2(1.7)
	3500g以上	11.5	6.4(3.6)	1.7(2.2)
授乳方法	母乳栄養	39.2	5.3(3.5)	1.4(1.9)
	人工乳栄養	19.6	5.7(3.7)	1.8(2.1)
	混合栄養	41.2	5.8(3.6)	1.4(1.9)
離乳時期	12ヶ月まで	70.9	5.3(3.5)	1.3(2.0)
	18ヶ月まで	24.1	5.9(3.5)	1.9(1.9)
	24ヶ月以降	5.0	8.1(3.9)	2.3(1.4)
甘味間食	与えていない	1.2	4.0(5.7)	1.5(2.1)
	ときどき	62.0	5.4(3.6)	1.4(1.9)
	よく与えている	36.8	5.9(3.5)	1.6(2.1)
間食回数	1回	59.5	5.1(3.6)	1.1(1.6)
	2回	34.8	6.2(3.6)	2.0(2.4)
	3回以上	5.7	7.2(2.4)	2.2(2.2)
子供の歯みがき	している	95.6	5.6(3.6)	1.5(2.0)
	していない	4.4	6.0(4.2)	1.9(1.8)
仕上げみがき	している	48.1	5.6(3.6)	1.5(2.1)
	していた	42.4	5.3(3.6)	1.4(1.7)
	していない	9.5	6.9(3.0)	1.9(2.3)
親のむし歯	1本もない	10.1	2.4(3.1)	0.4(0.8)
	2.3本ある	24.1	5.9(3.3)	1.3(1.9)
	5.6本ある	29.1	5.5(3.6)	1.3(2.0)
	8本以上ある	36.7	6.3(3.4)	1.9(2.1)
フッ素の知識	よく知っている	79.5	5.2(3.5)	1.4(1.9)
	知らない	20.5	5.1(4.1)	1.8(2.1)
フッ素塗布経験	4回以上	27.2	5.1(3.3)	0.9(1.4)
	2.3回	27.8	5.6(3.7)	1.3(1.8)
	1回	17.2	6.6(3.3)	2.1(2.5)
	1回もない	27.8	5.4(3.8)	1.8(2.1)
食事の中のテレビ	見ていない	12.7	4.2(3.7)	0.6(1.0)
	見ている	87.3	5.8(3.5)	1.6(2.0)
口腔内把握度	検診結果と一致	47.5	3.3(3.5)	1.3(1.8)
	1.2本違う	21.5	6.7(2.0)	2.1(2.4)
	3.4本違う	13.9	7.4(2.1)	1.5(1.5)
	5.6本以上違う	17.1	8.9(1.8)	1.2(2.0)

#:P<0.2, *:P<0.05, **:P<0.01, ***:P<0.001 Mann-Whitney U-test

表4：数量化分析I類による結果

C-Mdmftとレンジ・外的基準と説明要因の偏相関係数				
項目名	カテゴリー範囲	偏相関	マルチコ成立箇所	マルチコ除去後の偏相関
出生順位	0.8587 9位	0.1138 10位		0.1087 8位
生下時体重	1.3821 5位	0.1939 5位*		0.2111 5位*
授乳方法	1.2392 6位	0.1936 6位*		0.1532 6位*
離乳時期	3.5401 2位	0.3216 3位***		0.2843 3位***
甘味間食	0.7457 11位	0.0938 11位		
間食回数	1.4457 4位	0.2763 4位***		0.2548 4位**
子供の歯みがき	0.3864 13位	0.0353 13位		0.0597 10位
仕上げみがき	1.0433 8位	0.1608 8位*		
親のむし歯	3.4729 3位	0.4091 2位***		0.3901 2位***
フッ素の知識	0.4184 12位	0.0638 12位		
フッ素塗布経験	1.0964 7位	0.1730 7位*		0.1214 7位#
食事の中のテレビ	0.8524 10位	0.1226 9位#		0.1022 9位
口腔内把握度	5.9388 1位	0.7237 1位***		0.7212 1位***

6年次DMFとレンジ・外的基準と説明要因の偏相関係数

6年次DMFとレンジ・外的基準と説明要因の偏相関係数				
項目名	カテゴリー範囲	偏相関	マルチコ成立箇所	マルチコ除去後の偏相関
出生順位	0.7619 7位	0.1171 7位		0.1151 6位
生下時体重	0.2877 11位	0.0755 10位		
授乳方法	0.4623 9位	0.1254 6位#		
離乳時期	0.6067 8位	0.0751 11位		0.0739 7位
甘味間食	1.8473 1位	0.1152 8位		
間食回数	1.2790 3位	0.2501 2位**		0.2254 3位**
子供の歯みがき	0.2736 12位	0.0332 13位		0.0331 8位
仕上げみがき	0.4321 10位	0.1146 9位		
親のむし歯	1.4403 2位	0.2623 1位***		0.2335 2位**
フッ素の知識	0.1777 13位	0.0345 12位		
フッ素塗布経験	0.9810 4位	0.2208 3位**		0.2349 1位**
食事の中のテレビ	0.9417 5位	0.1762 5位*		0.1452 5位*
口腔内把握度	0.9185 6位	0.2088 4位**		0.1956 4位**

#:P<0.2, *:P<0.05, **:P<0.01, ***:P<0.001

表5：1年次乳犬歯・乳臼歯の有無を目的変数にした場合の単変量解析とロジスティック解析結果

	粗オッズ比	P値	オッズ比	P値
出生順位				
第2,3子以上vs第1子	1.64(0.70~3.81)	0.253	1.03(0.37~2.84)	0.951
第3子以上vs第1,2子	1.31(0.28~6.16)	0.732	9.20(0.55~666.39)#	0.195
生下時体重				
2500g以上vsそれ以下	0.84(0.10~7.28)	0.871	1.07(0.07~36.91)	0.781
3000g以上vsそれ以下	0.85(0.36~2.01)	0.708	1.19(0.05~43.47)	0.915
3500g以上vsそれ以下	0.99(0.26~3.67)	0.980	2.00(0.18~24.94)	0.573
授乳方法				
人工栄養児.混合栄養児vs母乳栄養児	1.16(0.50~2.73)	0.726		
人工栄養児vs母乳栄養児.混合栄養児	1.03(0.36~3.00)	0.956		
離乳時期				
12ヶ月以降vs12ヶ月以前	1.45(0.54~3.87)	0.459	5.34(1.42~24.97)	0.353
18ヶ月以降vs18ヶ月以前	1.40(0.17~11.77)	0.757	1.40(0.01~150.20)	0.890
甘味間食				
ときどき.よく与えるvs与えない	5.24(0.32~86.57)#	0.198		
よく与えるvs与えない.ときどき与える	1.71(0.68~4.32)	0.257		
間食回数				
2,3回vs1回	2.61(1.01~6.76)*	0.047	4.11(1.17~17.99)*	0.038
3回vs1,2回	-			
子供の歯みがき				
していないvsしている	1.19(0.14~10.30)	0.874	1.06(0.15~21.61)	0.959
仕上げみがき				
していた.していないvsしている	2.97(0.41~21.54)	0.832		
していないvsしている.していた	1.10(0.47~2.54)	0.283		
親のむし歯				
2,3本以上あるvs1本もない	9.45(3.58~24.00)***	0.000	17.91(2.94~194.06)**	0.005
5,6本以上あるvs5,6本以下	2.22(0.96~5.14)#	0.063	2.46(0.72~8.93)#	0.157
8本以上vsそれ以下	2.17(0.83~5.66)#	0.115	2.40(0.72~8.73)#	0.165
フッ素の知識				
知っているvs知らない	0.46(0.17~1.23)#	0.115		
フッ素塗布回数				
2,3回以下vs4回以上	0.98(0.38~2.52)	0.971	0.49(0.13~1.67)	0.269
1回以下vs2,3回以上	1.14(0.49~2.66)	0.768	0.95(0.36~2.54)	0.920
0回vs1回以上	1.47(0.60~3.59)	0.397	0.51(0.18~1.45)#	0.196
食事のテレビ				
見ているvs見ていない	2.53(0.90~7.12)#	0.081	2.37(0.58~12.01)	0.277
口腔内把握度				
2,3本以上違うvsそれ以下	-			
3,4本以上違うvsそれ以下	-			
5本以上違うvsそれ以下	-			

() :95% 信頼限界 Pseudo R²:0.521 #P<0.2,*P<0.05,**P<0.01,***P<0.001

表6：6年次永久歯う蝕の有無を目的変数にした場合の単変量解析とロジスティック解析結果

	粗オッズ比	P値	オッズ比	P値
出生順位				
第2,3子以上vs第1子	0.90(0.48~1.68)	0.867	1.79(0.84~3.90)#	0.137
第3子以上vs第1,2子	1.19(0.40~3.46)	0.747	1.18(0.32~4.63)	0.806
生下時体重				
2500g以上vsそれ以下	0.78(0.10~3.51)	0.768		
3000g以上vsそれ以下	0.76(0.41~1.44)	0.405		
3500g以上vsそれ以下	0.97(0.36~2.59)	0.955		
授乳方法				
人工栄養児.混合栄養児vs母乳栄養児	1.60(0.84~3.04)#	0.152		
人工栄養児vs母乳栄養児.混合栄養児	1.71(0.77~3.82)#	0.186		
離乳時期				
12ヶ月以降vs12ヶ月以前	4.07(1.90~8.68)***	0.000	1.09(0.49~2.41)	0.836
18ヶ月以降vs18ヶ月以前	7.38(0.88~61.49)*	0.032	4.98(0.80~45.12)#	0.106
甘味間食				
ときどき.よく与えるvs与えない	1.03(0.06~16.70)	0.985		
よく与えるvs与えない.ときどき与える	1.20(0.63~2.28)	0.590		
間食回数				
2,3回vs1回	2.02(1.06~3.85)*	0.033	1.18(0.56~2.47)	0.659
3回vs1,2回	2.03(0.49~8.41)	0.322	2.61(0.53~16.93)	0.265
子供の歯みがき				
していないvsしている	2.53(0.47~13.47)	0.260	2.15(0.36~19.12)	0.431
仕上げみがき				
していた.していないvsしている	1.52(0.52~4.47)	0.429		
していないvsしている.していた	1.29(0.64~2.40)	0.446		
親のむし歯				
2,3本以上あるvs1本もない	2.46(0.84~7.25)#	0.102	5.68(1.34~33.31)*	0.03
5,6本以上あるvs5,6本以下	1.63(0.84~3.17)#	0.145	2.11(0.38~17.55)#	0.101
8本以上vsそれ以下	1.66(0.86~3.20)#	0.126	1.56(0.28~13.00)#	0.051
フッ素の知識				
知っているvs知らない	0.97(0.42~2.25)	0.944		
フッ素塗布回数				
2,3回以下vs4回以上	1.62(0.80~3.30)	0.177	1.17(0.52~2.63)	0.706
1回以下vs2,3回以上	2.08(1.10~3.93)*	0.024	0.95(0.45~1.98)	0.884
0回vs1回以上	1.83(0.90~3.70)#	0.094	6.68(0.29~1.56)	0.366
食事のテレビ				
見ているvs見ていない	2.70(1.00~7.43)*	0.048	3.16(0.98~11.53)#	0.063
口腔内把握度				
2,3本以上違うvsそれ以下	1.50(0.80~2.80)	0.205	18.73(7.25~55.64)***	<0.001
3,4本以上違うvsそれ以下	1.02(0.52~2.01)	0.948	7.14(2.93~19.03)***	<0.001
5本以上違うvsそれ以下	0.62(0.27~1.43)	0.259	20.40(5.22~138.02)***	<0.001

() :95% 信頼限界 Pseudo R²:0.253 #P<0.2,*P<0.05,**P<0.01,***P<0.001

素塗布経験が有意あるいは有意な傾向があると判定された。

6年次DMFTでは、母親のむし歯、間食回数、フッ素塗布経験、口腔内把握度、食事のテレビ、授乳方法、出生順位、甘味間食、仕上げみがき、生下時体重、離乳時期、フッ素の知識、子供の歯みがきの順に相関が高いことがわかったが、出生順位と授乳方法、生下時体重とフッ素の知識、フッ素塗布経験、甘味間食と間食回数、母親のむし歯、食事のテレビ、仕上げみがきとフッ素塗布経験、フッ素の知識とフッ素塗布経験の間に相関が存在していた。これら多重共線性が生じたアンケート項目を除外して再度分析を行った結果、フッ素塗布経験、母親のむし歯、間食回数、口腔内把握度、食事のテレビの項目で有意な関連があることがわかった。

1年次乳犬歯・乳臼歯う蝕が認められなかったもの(19.1%)と認められたもの(80.9%)、6年次にう蝕が認められなかったもの(52.3%)と認められたもの(47.7%)を目的変数、他の項目を説明変数としてロジスティック回帰分析を行った(表5, 6)。

その結果、1年次C-Mdmftにおける多重共線性を無視した単純なクロス集計による「粗」のオッズ比において、有意あるいは傾向が認められた項目は、甘味間食、間食回数、母親のむし歯、食事のテレビの項目であった。しかし、多重共線性が認められた項目を除き、さらに交絡要因で調整したオッズ比では、出生順位、間食回数、フッ素塗布回数であった。これに対して6年次DMFTにおける「粗」のオッズ比では授乳方法、離乳時期、間食回数、親のむし歯、フッ素塗布回数、食事のテレビ、口腔内把握度が有意あるいは傾向があると判定されたが、交絡因子を調整したオッズ比では出生順位、離乳時期、親のむし歯、食事のテレビ、口腔内把握度が有意あるいは傾向があると判定された。

考 察

う蝕の発生要因は複雑であるが、現在発生しているう蝕は、過去における生活習慣の結果である。しかも、乳歯う蝕と永久歯う蝕との間には高い相関性(畑ら, 1994a; 畑ら, 1994b)が存在しており、乳歯う蝕をコントロールすることができれば永久歯う蝕もコントロールできるはずである。しかし、乳歯におけるう蝕発生要因をそのまま6年次永久歯に適用した場合、発生要因のウェイトが乳歯と永久歯とでは異なること(畑ら, 2003)が判明した。そこで、乳歯う蝕発生要因を単に永久歯に適用するのではなく、永久歯独自の要因分析を実施する必要がある。

1. う蝕罹患状況

対象小学校は、札幌市白石区東部に位置し、校区に栄通、南郷通、本郷通、本通の住宅街を含む児童数約450人の規模である。

札幌市（1991～2002）の1歳6ヶ月児健診、3歳児健診の統計データを通年的に見ていくと白石区は、他の区よりも突出してう蝕罹患率、一人平均う蝕数が高く、他の区と比較すると有意な差が存在している区である。1歳6ヶ月児、3歳児健診の結果がそのまま就学時点まで影響を及ぼしていると考え、決して他の区の小学校よりも低くはないと思われる。

各年次におけるC-Mdmftの標本分布は、男女ともに正規分布を示すものではなく、う蝕0本のもの（16.5%）と、8本のもの（19.0%）の2つのピークを有し、う蝕がないものあるいは有していても軽微なグループとう蝕が多いグループに大別することができる。また、6年次DMFTでは約半数のものがゼロであり、一部DMFTの高いものが全体の平均を押し上げていることがわかる。そこで、より早期からこれらDMFTの高いもの（う蝕ハイリスク者）を選択する基準（畑ら、2003；畑ら、1994a；畑ら、1994b）を算出し、より木目細かい指導が必要であるが、6年次におけるう蝕罹患傾向を見ると減少傾向は下げ止まった感がある。

2. う蝕罹患に関する要因分析

乳歯う蝕の多いものが全て将来、永久歯う蝕の多いものになるわけではないが、要因間に複雑な相関関係（マルチコ）が存在しており、目的変数（う蝕）に対して要因同士が相殺あるいは相乗しあっている可能性がある。要因分析を実施する場合にはこれらマルチコを除外して行わなければならない。しかし、マルチコが生じた箇所についても調べることによってう蝕に対する影響がより一層明らかになることは自明である。

なお、1年次C-Mdmft、6年次DMFTに対するマルチコを除いた後の要因分析の精度は、1年次C-Mdmft：決定係数 $R^2=0.589$ （ $P<0.001$ ）、6年次DMFT：決定係数 $R^2=0.220$ （ $P<0.001$ ）であった。

出生順位について、西野ら（1991）、河端ら（1992）も乳歯う蝕との関連性を認めている項目であり、既報（畑、三浦、1999；畑ら、2003）でも乳歯う蝕、永久歯う蝕ともに有意な関連があった項目であるが、今回その有意性は消失した。

乳歯う蝕において、離乳完了時期、間食回数、フッ素に対する知識と有意な傾向（それぞれ $P=0.06$ 、 $P=0.13$ 、 $P=0.08$ ）が存在していた。このことは、第1子、第2子、第3子以上となるほど離乳完了時期が遅く

なり、第3子以上では間食回数も増えるがフッ素に対する知識も増える傾向を示している。

これに対して永久歯う蝕では、授乳方法と有意な相関があり、離乳完了時期、甘味間食、間食回数、フッ素に対する知識との間に有意な傾向（ $P=0.05$ 、 $P=0.05$ 、 $P=0.12$ 、 $P=0.07$ ）が認められた。第1子、第2子では混合乳栄養児が多いのに比べ、第3子以上では母乳栄養児が多くなり、離乳完了時期も遅くなる傾向が窺えた。本来の授乳目的ばかりでなく、就寝時に求めるから与えるといったしつけの甘さがあると推測される反面、子供の少子化、嗜好食品の与え方、さらに子供の歯みがき、母親による仕上げみがきなどに対する配慮が行き届きはじめているためう蝕との有意性が消失したものと想像される。

生下時体重とう蝕との関連性について佐久間（1990）は、第1乳臼歯のう蝕、小窩裂溝部のう蝕に関与し、歯の萌出時期が関与していると推測しているが、今回も既報（畑、三浦、1999）同様、乳歯う蝕においてフッ素の知識との間に有意な相関が存在した。永久歯う蝕ではフッ素に対する知識さらにフッ素塗布回数との間に有意な相関が存在した。既報同様、乳歯う蝕における2回目の数量化分析ではフッ素の知識の項目を除外し、実施した結果、う蝕との間に有意な関連性が現れた。永久歯ではフッ素の塗布回数とのマルチコのため2回目の分析では削除された項目である。

乳児の体重が5kg、生後4ヶ月を過ぎたあたりから離乳を開始すべきであるといわれており、生下時体重が大きいものほど離乳開始時期も早くなると想像される反面、離乳完了時期との相関がなく、さらに調査が必要である。

また、一般に低体重児は新生児の約7%といわれ、保護者は速やかに都道府県知事（保健所長）に届けなければならないと定められている（母子保健法）。これは保健所の医師、保健婦、助産婦などが家庭訪問などを行い、適切な指導を速やかに行うことを目的としている。しかし、低体重児ほどフッ素に対する知識が欠落し、しかもフッ素塗布を1回も受けていないものが多いことが判明した。母親は、低体重児の育児により注意を払っていると想像され、そのため乳歯う蝕では、他のカテゴリーよりも少なくなった推察される。しかし、永久歯う蝕では逆に多く、低体重児に対する指導に際して、フッ素洗口、塗布による効果と安全性、小学校低学年時における母親による仕上げみがきの必要性など、より歯科的な指導が必要である。

授乳方法とう蝕数について関連があるという報告ある

いは関連がないとする報告があるが, 乳歯う蝕において既報(畑, 三浦, 1999)と同様, 仕上げみがきと有意な相関が, さらに離乳完了時期と傾向($P=0.11$)が存在していた。永久歯う蝕において出生順位との間に有意な相関が存在し, さらに離乳完了時期と有意な傾向($P=0.05$)が認められた。乳歯う蝕, 永久歯う蝕ともにマルチコを除去したためう蝕に対する有意な相関性が消失した。乳歯う蝕では, 混合乳栄養児ついで母乳栄養児の順で仕上げみがきをし, 離乳完了時期も混合栄養児がもっとも早いことがわかった。永久歯う蝕では出生順位が若いほど混合乳栄養児が多く, 離乳完了時期も早いことがわかった。授乳方法の比率は, 既報より人工栄養児の比率が増大し, 母乳栄養児, 混合栄養児の比率が減少していた。

授乳方法との関連性より授乳における規則性(長澤ら, 1980)あるいは授乳回数がう蝕に大きく関与していると想像され, 自律哺乳児の大多数が母乳栄養児であると推察されるため授乳方法とその規則性を調査するとき, 両者間には大きな相関が発生する可能性が高い。

離乳開始時期とう蝕には関連がないようであるが, 授乳目的以外にすべてのものが哺乳ビンを使用しており, 就寝時における使用および哺乳ビン使用中止時期, 就寝時におけるだらだら哺乳とう蝕罹患傾向には相関(長澤ら, 1980; 畑, 1983; 西村ら, 1983)があり, 離乳完了時期が遅れるほどう蝕罹患傾向が増大(畑, 三浦, 1999, 畑ら, 2003)することを改めて確認をした。また, 永久歯う蝕と甘味間食, 母親のむし歯, フッ素の知識, 食事中のテレビの項目で傾向($P=0.06$, $P=0.12$, $P=0.11$)が存在し, 離乳完了時期が遅いものほど甘味間食も多く, 母親のむし歯も多く, フッ素に対する知識も乏しく, さらにテレビを見ながら食事をしているといった悪循環に陥っている構図が窺えた。

甘味間食の項目は, 乳歯う蝕, 永久歯う蝕ともに間食回数, 母親のむし歯, 食事中的テレビとの間において高い相関性が認められたために削除した項目であるが, 乳歯う蝕, 永久歯う蝕ともに仕上げみがきの項目で有意な傾向(ともに $P=0.09$)が存在しており, 甘味間食をよく与えられているものは, 仕上げみがきもあまりされていないことが判明した。

間食回数とう蝕との関連性については多くの報告によって認められているが, 乳歯う蝕, 永久歯う蝕においても甘味間食との間に高い相関性が存在し, 間食イコール甘味といった図式が想像された。さらに, 永久歯う蝕では口腔内把握度と傾向($P=0.13$)が認められ, 子供の口腔内をよく把握しているものほど間食回数も少ない結

果を示し, 間食回数を含め, 摂取の種類, 量について再指導を行う必要がある。

歯口清掃に関する項目では, 子供の歯みがきでは約96%のものが実施しており, う蝕との相関も低く, 歯みがきをする, しないといったことでなく, 歯みがきの質そのものが問われる。乳歯う蝕および永久歯う蝕においても仕上げみがきとフッ素塗布回数と高い相関性が存在しており, 仕上げみがきを実施しているものは, さらにフッ素塗布回数も多い結果を示した。従来から歯みがき習慣によるう蝕予防効果が低いと考えられており, 今回の調査もそれを支持する結果となった。歯口清掃習慣の確立はいうまでもないが, 母親の育児に対する態度, 歯みがき開始時期, フッ素塗布の回数などが相加的, 相乗的効果によって差を生じてきたと考えるべきである。

フッ素に対する知識および塗布経験において, 乳歯う蝕において塗布を経験しているものほどう蝕が少ない結果を示した。また, 永久歯う蝕においても塗布経験が4回以上もの0.9本, 2, 3回以上もの1.1本, 1回以上もの1.3本, 1回もないもの1.8本となり, 1回も塗布経験がないものとそれぞれ, 5%以下, 5%以下, 10%以下の危険率で差があり, フッ素の有効性を示していた。

フッ化物によるう蝕予防効果は, 改めていうまでもないが, 学童前期において歯口清掃の習慣がほぼ定着していると思われる反面, 萌出途上の未成熟で反応性の高い第1大臼歯エナメル質に対して効果的な歯口清掃, さらにフッ化物の応用によってう蝕抵抗性の高い歯を形成することが重要であると考えられる。

フッ化物に対する知識と塗布経験の両者に高い相関性があることは当然であろうが, フッ化物に対する知識があるから塗布を行い, さらに仕上げみがきを行っている図式が窺える。これによってう蝕のあるものとないものとの差がさらに大きくなるものと思われた。

食事中的テレビでは, 約90%近くのもの肯定的回答をしていたが, 河端ら(1992)も見ているものと見えないものとの間でう蝕数において差を認めている。今回も単純にう蝕数では乳歯う蝕, 永久歯う蝕ともに差を見出したが, 乳歯う蝕の2回目の分析ではその関連性が消失し, 永久歯う蝕では有意に関連していた。既報(畑, 三浦, 1999)では, テレビを見ていないものは, 母親に仕上げみがきをしてもらっているという高い相関性が認められたが, 今回は既報ほど明確ではないが, 傾向($P=0.13$)が存在していた。単なるしつけとして食事中にはテレビを見ないということだけではなく, グラグラ食いによる食事時間の延長がう蝕に影響してきていると推

測される。

直接、母親の口腔内診査を行っていないが、自己申告における母親のう蝕経験と子供の乳歯う蝕さらに永久歯う蝕との関連性では非常に高い相関性を示した。齋藤ら(1994)は、その関連性を否定しているが、既報(畑, 三浦, 1999, 畑ら, 2003), 佐久間(1990), 境ら(1976)も母親との関連性を認めている。

今回、乳歯う蝕および永久歯う蝕において甘味間食と高い相関が窺え、甘味間食を摂る者の母親もう蝕の多いことが判明した。母親の間食に対する好みも直接、母親のむし歯へと移行し、さらに子供の間食に繋がっている様相が推察された。親子間におけるう蝕の相関性については口腔細菌、食習慣、育児姿勢、歯口清掃習慣などの外的環境因子、唾液の生化学的性質、歯質の反応性、解剖学的形態など遺伝的因子が考えられるが、子供のう蝕を減少させるためには母親自身の口腔内へも眼を向けさせ、さらに間食に対する考え方を改めさせる必要がある。

母親の子供に対する口腔内の把握度とう蝕罹患状況との間に大きな相関が認められ、口腔内状況を把握していないものほど子供のう蝕が多い結果を示した。母親による子供の口腔内における管理の必要性が改めて確認された。

3. 各要因におけるオッズ比

オッズ比および相対危険度は、いずれもある危険因子を持っている人がそれを持っていない人に比べて、ある結果を来す可能性がどれくらい高くなるかを示す指標であるが、相対危険度がコホート研究から導き出される指標であるのに対して、オッズ比はケースコントロール研究から導き出される指標である。相対危険度は曝露を受けていない場合と比較して、曝露を受けた場合に何倍多く対象疾病に罹りやすいかという指標であり、曝露と結果の関連性を示すのに対して、オッズ比は対象群と比較して症例群がある要因に何倍多く曝露されたかを示す指標である。両者は調査の方向が異なっているが、近似値を示すといわれている(森實, 2004)。

つまり、乳歯う蝕における「粗」のオッズ比で、甘味間食をときどき与える、与えるものは与えないものに対して5.24倍、間食回数では2, 3回のは1回のものに比べて2.61倍う蝕に罹患しやすく、母親のむし歯が2, 3本以上あるものは1本もないものに比べ9.45倍、5, 6本以上あるものはそれ以下のものと比べて2.22倍、8本以上あるものはそれ以下のものと比べて2.17倍う蝕に罹患しやすい結果を示し、食事中にテレビを見ているものは、見ていないものに比べて2.53倍う蝕

になりやすいことが判明したが、口腔内把握度に関して母親が子供の口腔内状態を把握していないものにはう蝕なしものが存在しなかったためオッズが成立しなかった。多重共線性を除去したオッズ比では、間食回数、親のむし歯において有意であり、出生順位、フッ素塗布回数で傾向が存在した。

6年次う蝕に対する「粗」のオッズ比では、離乳時期、間食回数、フッ素塗布回数、食事時のテレビなどで有意な結果を示し、授乳方法、母親のむし歯で傾向を示したが、多重共線性を除去した後では口腔内把握度、親のむし歯の項目で有意であり、出生順位、離乳時期、食事時のテレビなどで傾向を認めた。

学童期では、出生順位、授乳方法、離乳時期などはもはや改善されることはないが、妊産婦を対象とする母親教室などの機会を利用して乳幼児期では、①出生順位と離乳時期の項目から子育ての慣れによるガラガラ授乳による断乳の遅れへの注意、②フッ化物の応用、③第2子以降における第1子の甘味嗜好確立からの隔絶と間食内容、回数の見直し、④母親による上質な歯口清掃と子供の口腔内へ関心度を高める、⑤食事中は、なるべくテレビを点けないなどが挙げられ、小学校低学年において①第1大臼歯萌出期における母親の仕上げみがきによる上質な歯口清掃と口腔内の把握、②フッ化物の応用、③食事中、テレビを点けない、④間食内容の改善などが挙げられると思われる。しかし、「将を射んと欲すれば、まず馬を射よ」のように、あるいは「隗より始めよ」のことわざではないが、母親の口腔内を改善させ、歯口清掃に関心を持たせるとともにより効果的なフッ化物を応用した予防法を指導、確立してゆく必要がある。

う蝕発生には多くの要因が複雑に絡み合っており、これが一つの原因に特定できるものでもない。このことより学童前期における指導において、母親による子供の質の高い歯口清掃を実施させるとともに母親に子供の口腔内を十分に把握させ、フッ化物による歯質の強化、さらには間食に対する指導など、指導の内容に自ずと優先順位が生じてくると考える。

結 論

著者らは、札幌市白石区某小学校において、96年度から00年度までの5年間に入学し、6年間継続して歯科健康診査を受診した児童277名を対象に就学時点に実施した生活習慣に関するアンケート調査と就学時点における乳歯う蝕、さらに6年次永久歯う蝕との関連性を調査した結果、次のような結論を得た。

1. 乳犬歯・乳臼歯dmf者率、一人平均乳犬歯・乳臼歯

dmft, 永久歯DMF者率, 一人平均永久歯DMFTともに徐々にではあるが, 減少傾向にあった。しかし, 永久歯DMFTは, 下げ止まった感があった。

2. 数量化分析における乳歯う蝕数において有意あるいは傾向があった項目は, 順に母親による子供の口腔内把握度, 母親のむし歯, 離乳時期, 間食回数, 生下時体重, 授乳方法, フッ素塗布経験であり, 永久歯う蝕に対しては, フッ素塗布経験, 母親のむし歯, 間食回数, 口腔内把握度, 食事時のテレビの順であった。
3. 分析要因間に多くの相関関係が存在しており, これらを調べることによって要因間の関連性が明らかとなった。さらに, 相関関係を除いて分析を行った結果, 現在の乳犬歯・乳臼歯部う蝕さらに5年後における6年次永久歯う蝕に対する要因が鮮明になった。
4. ロジスティック解析の結果, 乳歯う蝕では母親のむし歯, 間食回数, 出生順位, フッ素塗布回数の順に有意あるいは傾向を認めた。永久歯う蝕では口腔内把握度, 母親のむし歯, 食事時のテレビ, 離乳時期, 出生順位の順であった。

以上のことより, 子供のう蝕には母親の育児態度が大きく影響を与え, これから永久歯う蝕を予防して行く手段として, 改善すべき事項として, 母親の口腔内環境の改善, 母親による子供の口腔内状況の把握とフッ化物の応用, 間食回数の減少などが挙げられた。

文 献

- 畑 良明. 1歳児の間食摂取の推移と齲蝕罹患との関係に関する経年的研究. 神奈川歯学 18:200-220, 1983.
- 畑 良明, 葭内純史, 堅田 勇, 篠原常夫. 齲蝕ハイリスク児童の選択基準に関する検討—特に札幌市内白石区の某小学校を基準に—. 北海道歯科医師会誌 49:113-125, 1994a.
- 畑 良明, 堅田 勇, 堅田 進. 齲蝕ハイリスク児童の選択基準に関する検討 第2報, フッ素洗口を実施している小学校を対象として. 東日本歯誌 13:27-36, 1994b.
- 畑 良明, 三浦宏子. 札幌市白石区某小学校におけるう蝕罹患状況とその要因 第1報: 新入学児童に対するアンケート調査. 東日本歯学 18:205-215, 1999.
- 畑 良明, 安彦良一, 葭内純史, 堅田 進, 篠原常夫. 札幌市白石区某小学校におけるう蝕罹患状況とその要因 第2報: 6年次DMFTに対する就学時アンケート分析とう蝕ハイリスク者スクリーニングの可能性. 北海道歯科医師会誌 58:95-100, 2003.
- 河端邦夫, 宮城昌治, 笹原妃佐子, 川村 誠, 北本純司, 長尾 誠, 森下真行, 岩本義史. 保健所における母子歯科保健 I. 1歳6ヶ月時の生活環境と3歳時のう蝕罹患状況との関連について. 口腔衛生会誌 42:101-108, 1992.
- 長澤誠二, 岸本悦央, 奈良美夫, 幡田成美, 森田恵美子, 河野 一典, 柴田治雄, 薬師寺 毅, 花岡美那子, 森崎弓子, 森岡俊夫. 3歳児のう蝕罹患状況に関するアンケート調査—栄養方法, 哺乳ビン使用状況, 間食などとの関係. 口腔衛生会誌 30:423-431, 1980.
- 森實敏夫. 入門医療統計学—Evidenceを見出すために. 東京: 東京図書, 2004, 222-239.
- 西野瑞穂, 有田憲司, 粟飯原靖司, 阿部敬典, 那須邦子, 阿部 典子, 三木真弓. 地域乳幼児歯科保健管理に関する研究 第1報: 齲蝕発生要因に関する分析. 小児歯誌 29:362-372, 1991.
- 西村 康, 内村 登, 檜垣旺夫. 食生活の変遷とう蝕. 歯科ジャーナル 18:51-62, 1983.
- 齋藤高弘, 島村和宏, 谷津正則, 藤野訓正. 幼児の生活習慣が齲蝕の経時的進行に及ぼす要因について. 小児歯誌 32:21-27, 1994.
- 境 脩, 小林清吾, 小佐々順夫, 筒井昭仁, 榎田中外, 堀井欣一. 3歳児う蝕と妊娠, 哺乳, 間食に関する疫学的研究. 歯科ジャーナル 3:413-421, 1976.
- 佐久間汐子. 乳歯齲蝕の罹患状況に関する疫学的研究 I. 3歳児齲蝕の多寡に関わる要因分析. 口腔衛生会誌 40:678-694, 1990.
- 札幌市保健福祉局保健管理課. 札幌市衛生年報. 1991~2002.

〔原著〕

実験的歯の移動時のラット歯周組織圧迫側におけるMMP-13の局在

水上 和博¹⁾, 浜谷 明里¹⁾, 坂倉 康則²⁾, 矢嶋 俊彦²⁾, 溝口 到¹⁾

1) 北海道医療大学歯学部歯科矯正学講座

2) 北海道医療大学歯学部口腔解剖学第一講座

Localization of MMP-13 on the pressure side of rat periodontal tissues during orthodontic tooth movement

Kazuhiro MIZUKAMI¹⁾, Meiri HAMAYA¹⁾, Yasunori SAKAKURA²⁾, Toshihiko YAJIMA²⁾ and Itaru MIZOGUCHI¹⁾¹⁾Department of Orthodontics, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido²⁾First Department of Oral Anatomy, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

Abstract

Orthodontic tooth movement is a multistep biological process characterized by sequential reactions of periodontal tissues against biomechanical stimuli. The purpose of this study was to examine the localization of matrix metalloproteinase-13 (MMP-13), which is thought to be intimately associated with bone resorption and remodeling, during experimental tooth movement using immunohistochemical technique. In 8-week-old Wistar rat, the left maxillary first molar was forced to move mesially with an average load of 10 g by a nickel-titanium superelastic wire. After 12 hours, positive reaction against antibody for MMP-13 appeared in bone lining cells on the pressure side. At 1 day, the reaction in these cells became more intense, and superficial layer of the alveolar bone and some osteocytes showed positive reaction. At 2 days, some osteoclasts appeared adjacent to the superficial layer of the alveolar bone, which showed positive reaction to MMP-13, and the number of osteoblasts increased at 4 days. These results suggest that MMP-13 play an important role in the process of remodeling of the alveolar bone during orthodontic tooth movement.

キーワード：歯の移動, MMP-13, 歯周組織, 歯槽骨, 骨細胞

緒 言

矯正学的歯の移動では、メカニカルストレスによって惹起される局所的な骨形成と骨吸収に伴う歯槽骨の骨改造を生じる (Roberts, 1994)。矯正力を歯に加えると、歯周組織には圧迫力と牽引力の負荷領域が生じる。圧迫側においては、歯根膜の圧迫による血流の阻害、硝子様変性組織の出現、マクロファージ系の細胞による硝子様変性組織の吸収、そして破骨細胞による歯槽骨の吸収が起こる。一方、牽引側では、歯根膜が牽引されることにより血流が活性化され、骨芽細胞、線維芽細胞が増殖し、骨形成が行われる。このような矯正力による歯の移動に伴う歯周組織の変化は、歯周組織に生じる生体力学

的な力に対する一連の生物学的過程と位置づけることができる (Hamaya et al., 2002)。

矯正力による歯の移動に伴う歯周組織の変化に関しては、従来より、多くの研究がなされている。1902年、Sandstedtは、イヌを用いた実験から、圧迫側歯根膜に均質無構造の硝子様変性組織が出現し、それに隣接する歯槽骨で穿下性骨吸収が行われることを初めて報告した (Persson, 2000)。その後、組織学的研究を基に、破骨細胞や骨芽細胞の出現、硝子様変性組織の出現と修復、あるいは骨の吸収や添加の進行について報告がなされてきた (Reitan, 1960)。しかし、従来の歯の移動に伴う歯周組織の反応に関する研究では、破骨細胞、骨芽細胞、あるいは線維芽細胞などを含む歯根膜組織を対象にしたも

受付：平成18年3月31日

のがほとんどであり、骨細胞の反応、あるいは骨細胞とその周囲細胞との関連性に関する研究はほとんど行われていない (Su et al., 1997; Hamaya et al., 2002).

歯槽骨の骨改造において中心的な働きをするのが、歯根膜あるいは歯槽骨骨膜に存在する骨芽細胞、骨細胞および破骨細胞である。骨形成系細胞のひとつである未分化間葉系細胞は、前骨芽細胞、そして骨芽系細胞へと分化していき、最終的には骨細胞やflattening bone cellへの分化という運命をたどる (Karsdal et al., 2004)。骨細胞は、骨芽細胞が自ら分泌した骨基質中に埋め込まれた状態で骨小腔内に存在する。従来、骨細胞は、代謝活性の低い、静的な細胞と考えられてきた。しかし、形態学的にみると骨組織内には1mm²あたり25,000個にもものぼる骨細胞が存在し、その数は骨表面の骨芽細胞のほぼ10倍に相当する (Parfitt, 1977)。また、骨細胞は、骨細胞同士あるいは骨表面の細胞とのギャップジャンクションを介して連絡し合い、基質中で細胞間ネットワークを形成し、骨細管を通した栄養、酸素の供給あるいは代謝産物の排出を行っている (Jones et al., 1993)。また、最近の研究では、骨細胞は、骨細管に存在する体液を介して外力などの外界の環境変化を察知する能力を有することが示唆されている (Aarden et al., 1994; Mullender and Huijskes, 1997; Knothe et al., 1998; Bonewald, 1999)。従って、骨細胞は歯の移動に伴う骨改造現象においても何らかの重要な働きを担っているものと考えられる。

Matrix metalloproteinases (MMPs) は、細胞外マトリックスを基質とするタンパク分解酵素群であり、組織の吸収、改造に大きく関与している (Woessner and Nagase, 2000)。なかでもコラーゲンを基質とし、コラゲナーゼ群と呼ばれるMMP-1, MMP-8, MMP-13は骨中の有機成分の分解に重要な役割を果たしている (Reponen et al., 1994; Tezuka et al., 1994)。一方、破骨細胞におけるコラゲナーゼの産生に関しては、いまだはっきりとした報告はないが、破骨細胞の骨吸収部位への誘導や破骨細胞性骨吸収の前段階の役割を果たすことが示唆されている (Nakamura et al., 2004)。

そこで、本研究では、骨組織の吸収と改造に重要な役割を担っていると考えられるMMP-13の矯正学的歯の移動における骨改造への関与を解明することを目的とし、実験的歯の移動に伴うラット歯周組織の圧迫側におけるMMP-13の局在の変化を免疫組織化学的に検討した。

材料および方法

1. 実験動物

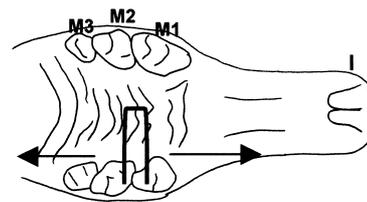


図1 本研究で用いた歯の移動装置の模式図
I; 切歯, M1; 第一臼歯, M2; 第二臼歯, M3; 第三臼歯.
矢印; 歯の移動方向。

実験動物には、生後8週齢のWistar系雄性ラットを用いた。すべての実験動物は、本学動物実験センターにて飼育し、通常のラット用固形飼料 (オリエンタル酵母工業, 東京) と水道水を十分に与え、自由摂食させた。なお、すべての実験動物の取り扱い、北海道医療大学動物実験の指針に基づいて行った。

2. 実験的歯の移動方法

実験的歯の移動は、Waritaら、Hamayaらの方法に準じ加工硬化型ニッケルチタン合金ワイヤー (直径0.152mm, 長さ12mm, Rocky Mountain Morita, 東京) を用いて行った。まず、上顎左側第一臼歯と第二臼歯の咬合面に歯科用ディスクを用い、エアースプレーによる冷却下において、頬舌的な溝を溝間の間隔が3.0mmになるように形成した。歯を乾燥後、削合部位を65%リン酸にてエッチングを施し、レジ系接着剤 (スーパーボンド, Sun Medical, 東京) にて、第一臼歯の溝にワイヤーの一端を接着し、硬化した後、第二臼歯の溝にワイヤーのもう一端を接着した。すべての実験群において上顎左側第一臼歯の近心移動を初期荷重約10gで行った (図1)。

3. 実験期間

実験群には、装置装着後、3, 6, 12時間, 1, 2, 4日を各3匹、対照群として装置未装着の8週齢および9週齢のラットをそれぞれ3匹ずつ用いた。

4. 組織試料の作製

各実験期間終了後、実験動物をエーテル麻酔下にて4% paraformaldehyde と0.5% glutaraldehyde (0.1M phosphate buffer; PB, pH7.4) の混合液を用い、上行大動脈より灌流固定を行った。上顎骨を摘出後、同固定液を用いて4℃下で12時間、浸漬固定を施した。固定終了後、10% EDTA溶液 (0.01M phosphate buffer saline; PBS, pH7.4) を用い、4℃下で約1か月間脱灰後、通法に従いアルコール系列で脱水し、透徹後、パラフィンに包埋した。臼歯部咬合面に平行に、厚さ6μmの連続横断切片を根分岐部より根尖部まで作製した。一部の切片には、

Hematoxylin-Eosin (H-E) 染色を施した。

5. 免疫染色

通法に従い脱パラフィン, 2% H₂O₂による内因性ペルオキシダーゼの除去, 0.05U/mL chondroitinase ABCによる糖鎖の除去を行った後, 2% goat serum (0.01M PBS) によるブロッキングを施した。次に, マウス抗ラット MMP-13モノクローナル抗体 (Chemicon; PBSによる500倍希釈) による24時間, 4℃下での1次反応を行った。0.01M PBSによる水洗後, 抗体に対する二次抗体 (Vectastain ABCキット, フナコシ) を室温, 1時間で反応させ, 水洗後DAB反応を行った。なお, 対照 (ネガティブコントロール) として一次抗体の代わりにマウスIgGを反応させた。

6. TRAP染色

免疫染色を終了後一部の切片を, Naphthol AS-MX phosphate, N,N-Dimethyl formamide, 100mM L (+)-tartrate, 0.1M acetate buffer (pH5.0), Fast red violet LBを用い30分間, 37℃下で反応させた。水洗後, カウンターステインとしてヘマトキシリン染色を行った。

7. 観察部位

観察部位は, 歯の移動群において硝子様変性組織が出現する上顎第一臼歯遠心頬側根の近心側歯周組織 (歯槽

骨, 歯槽骨に隣接する歯根膜) とした (図2)。

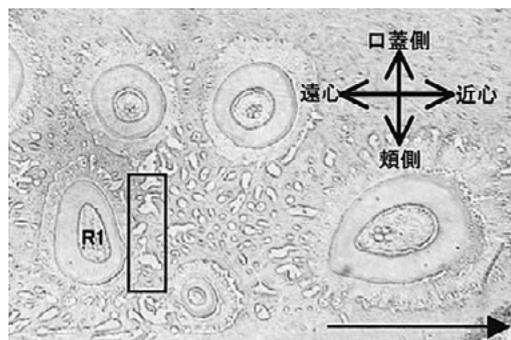


図2 ラット第一臼歯遠心頬側根の近心側歯槽骨部 (H-E染色像) 近心根, 近心舌側根, 近心頬側根, 遠心舌側根, 遠心頬側の5根が認められる。黒枠は, 本研究の観察部位である第一臼歯遠心頬側根の近心側歯槽骨部を示す。矢印は実験的歯の移動の方向を示す。

結 果

1. 光学顕微鏡 (H-E染色) 所見

歯の移動を行っていない対照群のH-E染色像では, 歯根膜は, ほぼ一定の幅を示していた (図3 a)。歯に矯正力負荷後3時間では, 圧迫側近心歯根膜の一部に幅の減少が認められ, 6時間では同部にエオジン好性の硝子様変性組織が出現していた (図3 b)。1と2日では硝子様変性組織の領域が広がり (図3 c), 4日においてもまだ硝子様変性組織は観察された (図3 d)。それ以降, 硝子様変性組織周囲に存在するマクロファージ系の細胞による吸収がみられた。

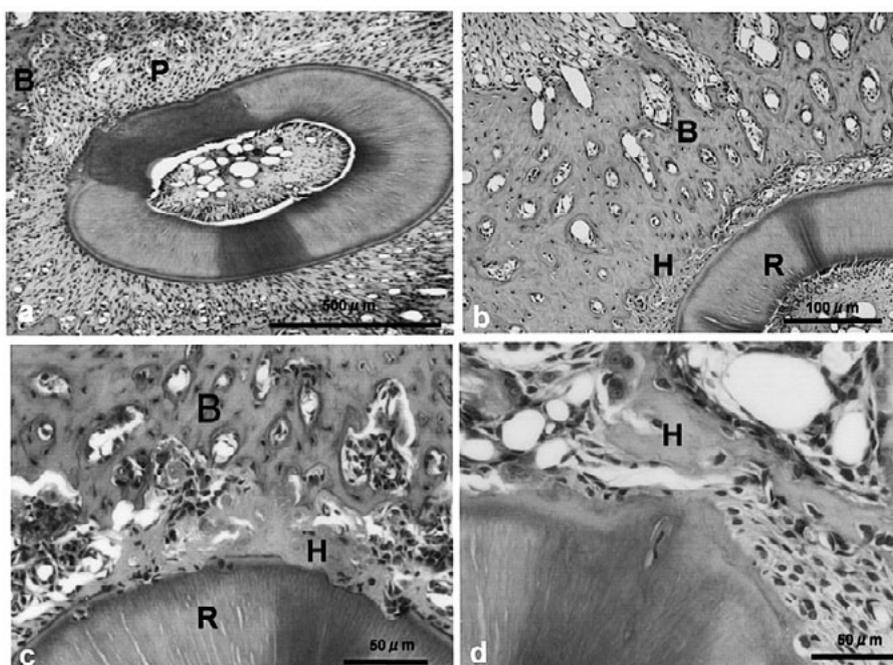


図3 光学顕微鏡 (H-E染色) 写真 (H-E染色像) a; 対照群 (8週齢)。歯根膜はほぼ一定の幅を示す。b; 矯正力負荷後6時間。圧迫側近心歯根膜の一部にエオジン好性の硝子様変性組織が出現している。c; 負荷後1日。硝子様変性組織の領域が広がる。d; 負荷後4日。1日から引き続き4日においても硝子様変性が存在している。P; 歯根膜, B; 歯槽骨。R; 歯根。H; 硝子様変性組織。

2. 免疫染色およびTRAP所見 (弱拡大)

対照群 (8週齢) では, 生理的遠心移動の際の圧迫側に相当する遠心側歯槽骨部表層の細胞に抗MMP-13抗体に対する中等度の反応およびTRAP陽性反応がみられた (図4 a). 矯正力負荷後6時間では, 圧迫側に大きな変化は認められなかったが (図4 b), 12時間, 1日では, 遠心側歯槽骨部に認められたMMP-13抗体に対する反応性は弱まり, 圧迫側に相当する近心歯槽骨表層にMMP-13抗体に対する強い反応が認められた (図4 c). 2日になるとそれらの反応に加えてMMP-13反応陽性部位に隣接する破骨細胞の出現が認められた. 4日になると, 前述した所見に加えて, MMP反応陽性部位に隣接する破骨細胞が多く認められた (図4 d).

3. 免疫染色所見 (強拡大)

矯正力負荷後1日の圧迫側歯槽骨では, bone lining cell, 骨基質表面, 歯槽骨骨細胞にMMP-13陽性反応が

認められた (図5 a). 矯正力負荷後4日の圧迫側歯槽骨では歯槽骨骨細胞の反応に加えて, 破骨細胞が隣接する骨吸収窩表面にMMP-13の陽性反応がみられた (図5 b). マウスIgGを用いたネガティブコントロールでは, 非特異な反応は認められなかった (図5 c). 矯正力負荷後4日の圧迫側歯槽骨ではTRAP陽性でMMP陽性反応は示していない破骨細胞や, MMP陽性反応を示している破骨細胞が混在している像が多く認められた (図6 a). また, 破骨細胞に近接してMMP-13陽性反応を示す骨細胞が多く認められた (図6 b,c).

考 察

1. 実験的歯の移動方法について

実験的歯の移動において, Waldo (1953) がラットの上顎臼歯間にゴム片を挿入して歯を移動させる方法を考案して以来, Waldo法, またはその変法を用いた実験的研究が数多く行われてきた. これらの方法は装置の装着

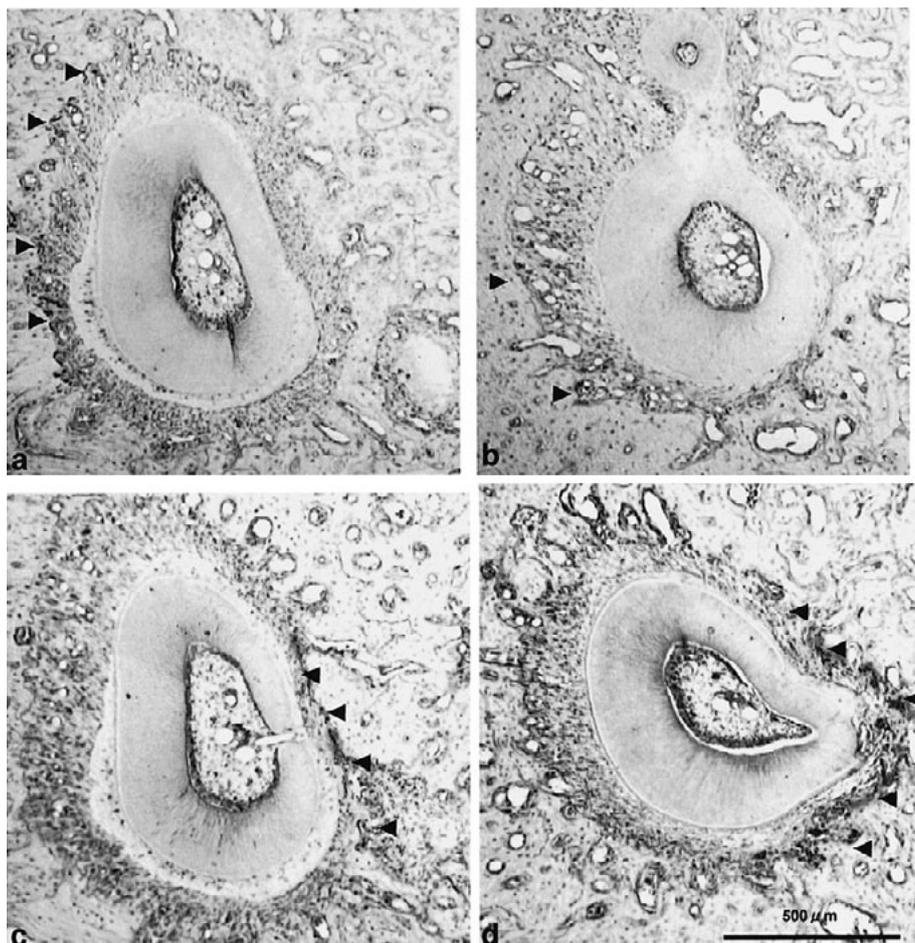


図4 歯の移動に伴う第一臼歯遠心頬側根の近遠心側歯槽骨部の経時的変化 (免疫染色とTRAPの二重染色)
 a; 対照群. 生理的遠心移動の際の圧迫側に相当する遠心側歯槽骨部にMMP-13の発現およびTRAP陽性反応が見られる. (矢頭). b; 矯正力負荷後6時間. 圧迫側に大きな変化は認められない. c; 矯正力負荷後1日. 遠心側歯槽骨部に認められたMMP-13の発現は弱まり, 実験的歯の移動の際の圧迫側に相当する近心側歯槽骨部にMMP-13の強い発現が認められる. d; 矯正力負荷後4日. MMP反応陽性部位に隣接する破骨細胞が多く認められる.

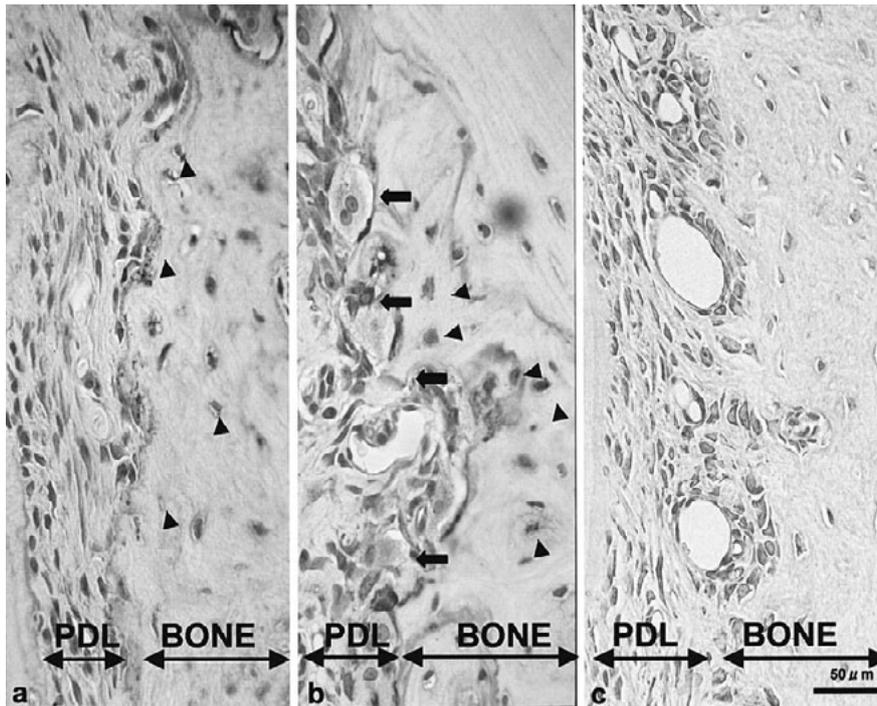


図5 圧迫側歯周組織のMMP-13に対する像(強拡大)

a: 1日. 矯正力負荷後1日の圧迫側歯槽骨.1日では, bone lining cell, 骨基質表面, 歯槽骨骨細胞(矢頭)にMMP-13陽性反応を認める.

b: 4日. 矯正力負荷後4日の圧迫側歯槽骨. 歯槽骨骨細胞の反応に加えて, 破骨細胞が隣接する骨吸収窩表面(矢印)にMMP-13の陽性反応が見られる. c: 対照.

が簡便であるという利点を有するが, 生理的範囲を超えた過剰な矯正力が発現すること, 矯正力の大きさの調整が困難なこと, ゴム片の挿入によって炎症を誘発する可能性が大きいことなどの欠点が指摘されている. また, Rygh (1972) は, ラット上顎切歯を固定源としてスプリングにより上顎第一臼歯を移動させる方法を用いているが, 常生歯である切歯に矯正装置を装着するため, 装置の脱落, 矯正力の変動, 体重の減少などの問題がある. 本実験に用いた歯の移動方法は, Waritaら (1996) の方法に準じて行った. この方法では, 加工硬化型ニッケルチタン合金ワイヤーの超弾性の特性を利用しているため, 初期荷重約10gという持続的な弱い矯正力を歯に負荷することを可能にしている. また, この方法では, 比較的歯体移動に近い状態で歯が移動するため, 硝子様変性の出現する領域が比較的広範囲に及び, その出現期間が長いため, 変性組織の出現に関わる歯周組織の経時的観察には適しているものと考えられた.

2. 矯正学的歯の移動に対する骨芽細胞の反応

MMP (matrix metalloproteinase) は, タンパク分解酵素の一種であり, コラーゲン, ゼラチン, プロテオグリカンなどの様々な細胞外マトリックスを分解する (Woessner and Nagase, 2000). 酵素の基質特異性を基準にすると, MMP-13 (collagenase 3) は, MMP-1

(collagenase 1), MMP-8 (collagenase 2), MMP-18 (collagenase 4) とともに線維性コラーゲンを主要な基質とするコラゲナーゼに属する (Woessner and Nagase, 2000).

MMP-13は, 免疫組織化学とin situ hybridizationによる研究から, 骨芽細胞, 肥大軟骨細胞 (Blavier and Delaisse, 1995; Fuller and Chambers, 1995; Gack et al., 1995; Johansson et al., 1997; Stahle-Backdahl et al., 1997; Yamagiwa et al., 1999; Zhao et al., 1999; Haeusler et al., 2005) において発現が認められている. MMP-13以外では, 株化骨芽細胞様細胞 (MC 3 T 3 - E 1) とマウス骨髄由来の一次培養骨芽細胞がMMP-2, MMP-3, MMP-9, MMP-11, MMP-13, MMP-14など多くのMMPを発現していることが明らかにされている (Uchida et al., 2000).

本研究の免疫染色の結果をみると, 矯正力未負荷の状態では, 生理的骨吸収を示す遠心側歯槽骨表層に存在する骨芽細胞に局限してMMP抗体に対する反応が認められたのに対し, 活発な骨形成を示す近心側歯槽骨の骨芽細胞には陽性反応が認められなかった. 一方, 矯正力負荷6時間後では歯槽骨を取り巻く力学的環境が逆転し, 遠心側が牽引側に, 近心側が圧迫側になる. その結果, 遠心側のMMP-13陽性反応が消失し, 近心側の骨芽細胞が陽性反応を示した. 成長期ラットの臼歯は, 生理的

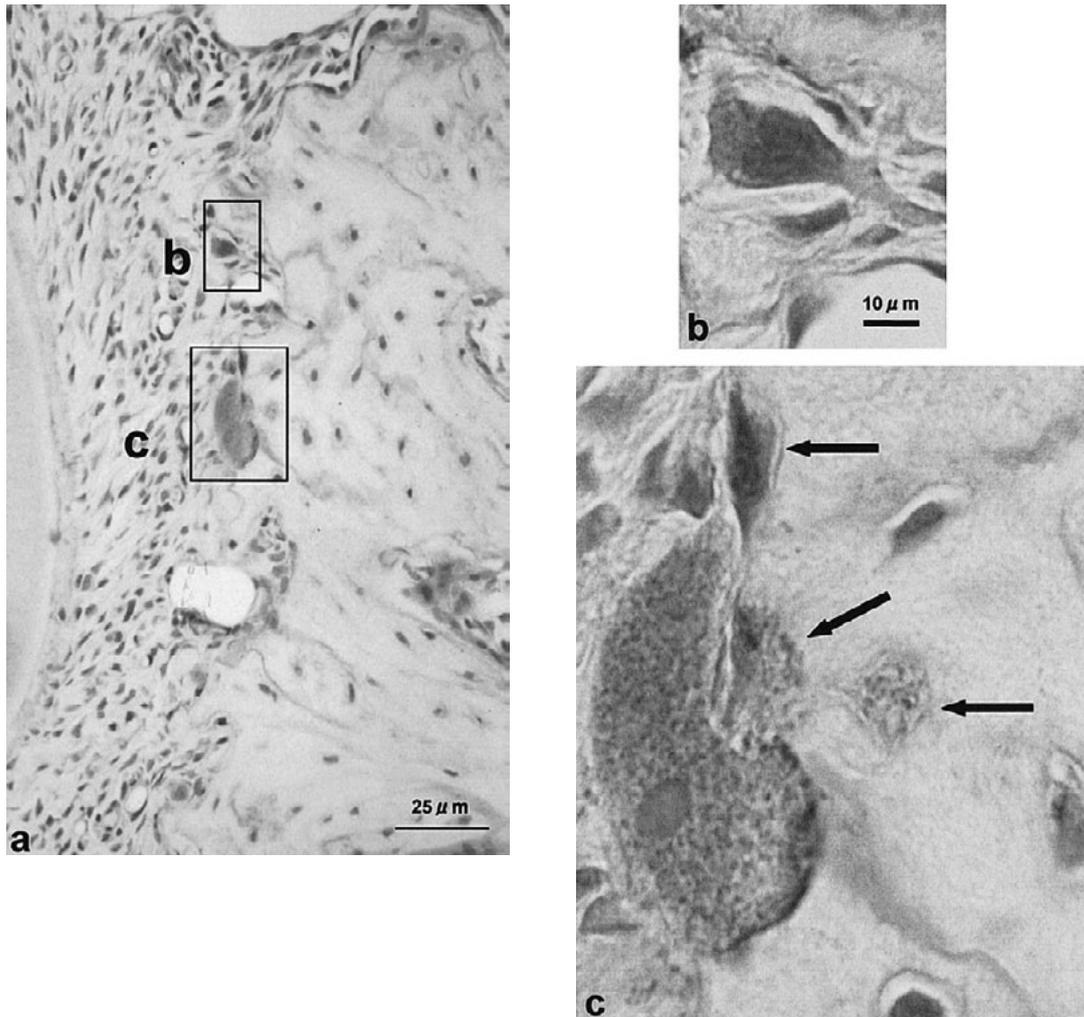


図 6 a 歯の移動 4 日目の第一臼歯遠心頬側根の圧迫側歯槽骨の脱灰横断切片（免疫染色およびTRAP染色）
TRAP陽性でMMP陽性反応は示していない破骨細胞に隣接しMMP陽性反応を示している破骨細胞が多く認められる。

図 6 b,c 破骨細胞に近接してMMP-13陽性反応を示す骨細胞が多く認められる（矢印）。

遠心移動により，遠心側歯槽骨は圧迫側作用部位，近心側歯槽骨は牽引力作用部位となっている。従って，矯正力，特に圧迫力が骨芽細胞のMMP-13の発現と密接な関連性を有することを示唆している。In situ hybridizationを用いて成長期ラット長管骨におけるMMP-13の発現を詳細に検討した研究では，前骨芽細胞と活発な骨基質形成を行っている骨芽細胞ではMMP-13 mRNAの発現が無いのに対し，骨形成活性の低い，扁平な骨芽細胞（flat osteoblast, bone lining cell）と骨細胞においてmRNAの発現が認められた（Sasano et al., 2002）。このことは，本研究において生理的な骨吸収を示す，あるいは人為的な矯正力が引金となって骨形成から骨吸収に移行する領域に存在する扁平な骨芽細胞にMMP-13の発現がみられたこととも整合していると考えられる。また，最近のMC3T3-E1細胞によるin vitroの実験系では，骨芽細胞に圧縮力を負荷すると短時間でMMP-13の発現が亢進することが報告されており（Mitsui et

al., 2006），圧縮力がMMP-13の発現の引金となることが示唆されている。本研究においても矯正力負荷後12時間で圧迫側の骨芽細胞のMMP-13の局在が認められた。

MMP-13の発現はメカニカルストレスだけでなく，副甲状腺ホルモン，活性型ビタミンD3，プロスタグランジンE2，インターロイキン-1 β （IL-1 β ），腫瘍壊死因子- α （TNF- α ）などの骨吸収促進因子によっても亢進されることは報告されており（Uchida et al., 2000），矯正学的歯の移動時におけるMMP-13の発現と骨吸収因子との関わりについても今後検討する必要があるものと考えられる。

3. 矯正学的歯の移動に対する破骨細胞の反応

圧迫側に出現した破骨細胞についてみると，MMP-13抗体に対して陽性反応を示す細胞と，陰性反応を示す細胞が認められた。過去の研究において，破骨細胞が合

成するMMPとして確定しているのは、MMP-9, MMP-12, およびMMP-14 (Hou et al., 2004) であり、MMP-13を含めた他のMMPの破骨細胞における発現については、現時点でも統一された見解が得られていない (Andersen et al., 2004)。MMP-13に関しては、タンパク質レベルでその局在を破骨細胞に認める報告 (Delaisse et al., 1988; Dew et al., 2000) と否定する報告 (Gack et al., 1995), 遺伝子レベルでその発現を認めるもの (Witty et al., 1996) とそうでないもの (Fuller and Chambers, 1995; Gack et al., 1995; Johansson et al., 1997; Stahle-Backdahl et al., 1997; Yamagiwa et al., 1999; Zhao et al., 1999) に分かれている。従って、本研究で認められた破骨細胞におけるMMP-13の局在には、(1) 一部の特殊な破骨細胞がMMP-13を産生している可能性と、(2) MMP-13を含む骨基質を吸収過程で細胞内に取り込んでいる可能性の2つが考えられるが、MMP-13の骨吸収における役割に関しては、MMP-13は、破骨細胞から産生されるMMP-9, MMP-1, cathepsin Kと協調して破骨細胞による骨吸収に関与し、分解された骨の変性コラーゲン断片をゼラチナーゼとして除去する役割を担っていることが示唆されている (Reponen et al., 1994; Tezuka et al., 1994)。

4. 矯正学的歯の移動に対する骨細胞の反応

骨細胞は、カルシウムなどのイオンの輸送、外力に対するメカノレセプター、様々な成長因子を介した骨芽細胞や破骨細胞の活性の調整、骨溶解、骨形成・吸収の制御などの様々な生物学的機能を有していることが指摘されている (Pead et al., 1988)。また、in situ hybridizationを用いた研究により、様々な細胞外マトリックス (Zhu et al., 2001)、骨細胞が骨改造に関わるインシュリン様成長因子 (IGF)、骨形成因子 (BMP)、骨吸収抑制因子を発現していることが報告されている (Tanaka et al., 1995; Maejima-Ikeda et al., 1997; Kawata and Mikuni-Takagaki, 1998; Mikuni-Takagaki, 1999; Skerry, 1999)。

矯正学的歯の移動に対する骨細胞の反応を考える上では、(1) 矯正力によって惹起される歯槽骨内の内部応力と (2) 血流の阻害に伴う貧血と硝子様変性組織の出現による歯槽骨への代謝活性の変化の2つを考慮する必要がある。骨細胞は、メカニカルストレスに対して即時的反応を示し、in vitroの条件ではプロスタグランジン、コネクシン43, c-fos, IGF-IなどのmRNA発現を亢進させることが明らかにされている (Ajubi et al., 1999; Yellowley et al., 2000) が、メカニカルストレスが直接の要

因となって骨細胞のMMP-13の発現を生じているかに関しては明らかではない。また、矯正力負荷による血流障害によって硝子様変性組織に隣接する骨細胞が細胞死を生じることも報告 (Hamaya et al., 2002) されているが、骨細胞のMMP-13の発現と細胞死の関係についても、今後検討していく必要があるものと考えられる。

本研究においてMMP-13の反応を示した骨細胞に隣接する歯槽骨表層には、破骨細胞がみとめられた。この領域は、最終的には変性組織直下からの穿下性吸収あるいはその周囲の直接性吸収によって骨吸収を示す運命にある。従って、矯正学的な歯の移動過程における骨細胞の反応は、単なる骨細胞のMMP-13の発現という現象ではなく、それに引き続き起こる骨改造に対しても重要な生物学的意義をもつものと考えられる。

結 論

MMP-13の矯正学的歯の移動における骨改造への関与を解明することを目的としてMMP-13の局在の変化を免疫組織化学的に検討し、以下の結果が得られた。

- 1) 矯正力負荷後6時間までは圧迫側歯槽骨において、ほとんどMMP-13陽性反応は認められなかった。
- 2) 12時間では圧迫側のbone lining cellや骨基質に陽性反応が認められた。
- 3) 1日では、強い陽性反応がbone lining cells, 骨基質の他、歯槽骨骨細胞にも認められた。
- 4) 2日では、それらの反応に加えてMMP-13反応陽性部位に隣接する破骨細胞の出現が認められた。
- 5) 4日以降、非常に多くのTRAP陽性の破骨細胞による骨吸収像が観察された。
- 6) 一部の破骨細胞にMMP-13陽性反応を示す所見が認められた。

以上の結果から、実験的歯の移動において、主に骨吸収を生じる圧迫側歯槽骨骨芽細胞、骨細胞および骨基質表層にMMP-13の局在が認められ、それらは破骨細胞による骨の吸収と密接な関わりがあることが示唆された。

文 献

- Aarden EM, Burger EH and Nijweide PJ. Function of osteocytes in bone. *J Cell Biochem* 55: 287-299, 1994.
- Ajubi NE, Klein-Nulend J, Alblas MJ, Burger EH and Nijweide RJ. Signal transduction pathways involved in fluid flow-induced PGE 2 production by cultured osteocytes. *Am J Physiol* 276: E171-178, 1999.
- Andersen TL, del Carmen Ovejero M, Kirkegaard T, Lenhard T, Foged NT and Delaisse JM. A scrutiny of matrix metalloproteinases in os-

- teoclasts : evidence for heterogeneity and for the presence of MMPs synthesized by other cells. *Bone* 35 : 1107–1119, 2004.
- Blavier L, Delaisse JM. Matrix metalloproteinases are obligatory for the migration of preosteoclasts to the developing marrow cavity of primitive long bones. *J Cell Sci* 108 : 3649–3659, 1995.
- Bonewald LF. Establishment and characterization of an osteocyte-like cell line, MLO-Y4. *J Bone Miner Metab* 17 : 61–65, 1999.
- Delaisse JM, Eeckhout Y and Vaes G. Bone-resorbing agents affect the production and distribution of procollagenase as well as the activity of collagenase in bone tissue. *Endocrinology* 123 : 264–276, 1988.
- Dew G, Murphy G, Stanton H, Vallon R, Angel P, Reynolds JJ and Hembry RM. Localisation of matrix metalloproteinases and TIMP-2 in resorbing mouse bone. *Cell Tissue Res* 299 : 385–394, 2000.
- Fuller K and Chambers TJ. Localisation of mRNA for collagenase in osteocytic, bone surface and chondrocytic cells but not osteoclasts. *Cell Sci* 108 : 2221–2230, 1995.
- Gack S, Vallon R, Schmidt J, Grigoriadis A, Tuckermann J, Schenkel J, Weiher H, Wagner EF and Angel P. Expression of interstitial collagenase during skeletal development of the mouse is restricted to osteoblast-like cells and hypertrophic chondrocytes. *Cell Growth Differ* 6 : 759–767, 1995.
- Hausler G, Walter I, Helmreich M and Egerbacher M. Localization of matrix metalloproteinases, (MMPs) their tissue inhibitors, and vascular endothelial growth factor (VEGF) in growth plates of children and adolescents indicates a role for MMPs in human postnatal growth and skeletal maturation. *Calcif Tissue Int* 76 : 326–335, 2005.
- Hamaya M, Mizoguchi I, Sakakura Y, Yajima T and Abiko Y. Cell death of osteocytes occurs in rat alveolar bone during experimental tooth movement. *Calcif Tissue Int* 70 : 117–126, 2002.
- Hou P, Troen T, Ovejero MC, Kirkegaard T, Andersen TL, Byrjalsen I, Ferreras M, Sato T, Shapiro SD, Foged NT and Delaisse JM. Matrix metalloproteinase-12 (MMP-12) in osteoclasts : new lesson on the involvement of MMPs in bone resorption. *Bone* 34 : 37–47, 2004.
- Johansson N, Saarialho-Kere U, Airola K, Herva R, Nissinen L, Westermarck J, Vuorio E, Heino J and Kahari VM. Collagenase-3 (MMP-13) is expressed by hypertrophic chondrocytes, periosteal cells, and osteoblasts during human fetal bone development. *Dev Dyn* 208 : 387–397, 1997.
- Jones SJ, Gray C, Sakamaki H, Arora M, Boyde A, Gourdie R and Green C. The incidence and size of gap junctions between the cells in rat calvaria. *Anat Embryol* 187 : 343–352, 1993.
- Karsdal MA, Andersen TA, Bonewald L and Christiansen C. Matrix metalloproteinases (MMPs) safeguard osteoblasts from apoptosis during transdifferentiation into osteocytes : MT1-MMP maintains osteocyte viability. *DNA Cell Biol* 23 : 155–165, 2004.
- Kawata A and Mikuni-Takagaki Y. Mechanotransduction in stretched osteocytes—temporal expression of immediate early and other genes. *Biochem Biophys Res Commun* 246 : 404–408, 1998.
- Knothe MLT, Niederer P and Knothe U. In vivo tracer transport through the lacunocanalicular system of rat in an environment devoid of mechanical loading. *Bone* 22 : 107–117, 1998.
- Lean JM, Mackay AG, Chow JW and Chambers TJ. Osteocytic expression of mRNA for c-fos and IGF-I : an immediate early gene response to an osteogenic stimulus. *Am J Physiol* 270 : E 937–945.
- Maejima-Ikeda A, Aoki M, Tsuritani K, Kamioka K, Hiura K, Miyoshi T, Hara H, Takano-Yamamoto T and Kumegawa M. Chick osteocyte-derived protein inhibits osteoclastic bone resorption. *Biochem J* 322 : 245–250, 1997.
- Mikuni-Takagaki Y. Mechanical responses and signal transduction pathways in stretched osteocytes. *J Bone Miner Metab* 17 : 57–60, 1999.
- Mitsui M, Suzuki N, Koyama Y, Yanagisawa M, Otsuka K, Shimizu N and Maeno M. Effect of compressive force on the expression of MMPs, PAs, and their inhibitors in osteoblastic Saos-2 cells. *Life Sci*, Epub ahead of print, 2006.
- Mullender MG and Huiskes R. Osteocytes and bone lining cells : which are the best candidates for mechano-sensors in cancellous bone. *Bone* 20 : 527–532, 1997.
- Nakamura H, Sato G, Hirata A and Yamamoto T. Immunolocalization of matrix metalloproteinase-13 on bone surface under osteoclasts in rat tibia. *Bone* 34 : 48–56, 2004.
- Parfitt AM. The cellular basis of bone turnover and bone loss : a rebuttal of the osteocytic resorption-bone flow theory. *Clin Orthop* 127 : 236–247, 1977.
- Pead MJ, Suswillo R, Skerry TM, Vedi S and Lanyon LE. Increased 3 H-uridine levels in osteocytes following a single short period of dynamic bone loading in vivo. *Calcif Tissue Int* 43 : 92–96, 1988.
- Persson M. A 100th anniversary : Sandstedt's experiments on tissue changes during tooth movement. *J Orthod* 32 : 27–28, 2000.
- Reitan K. Tissue behavior during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 46 : 881–900, 1960.
- Reponen P, Sahlberg C, Munaut C, Thesleff I and Tryggvason K. High expression of 92-kD type IV collagenase (gelatinase B) in the osteoclast lineage during mouse development. *J Cell Biol* 124 : 1091–1102, 1994.
- Roberts WE. Bone physiology, metabolism, and biomechanics in orthodontic practice. In : Graber TM, editor. *Orthodontics—Current Principles and Techniques*. Philadelphia : Mosby, 1994, pp193–234.
- Rygh P. Ultrastructural cellular reactions in pressure zone of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Acta Odontol Scand* 30 : 575–593, 1972.
- Sasano Y, Zhu J-X, Tsubota M, Takahashi I, Onodera K, Mizoguchi I and Kagayama M. Gene expression of MMP8 and MMP 13 during embryonic development of bone and cartilage in the rat mandible and hind limb. *J Histochem Cytochem* 50 : 325–332, 2002.
- Skerry TM. Identification of novel signaling pathways during functional adaptation of the skeleton to mechanical loading : the role of glutamate as a paracrine signaling agent in the skeleton. *J Bone Miner Metab* 17 : 66–70, 1999.
- Stahle-Backdahl M, Sandstedt B, Bruce K, Lindahl A, Jimenez MG, Vega JA and Lopez-Otin C. Collagenase-3 (MMP-13) is expressed during human fetal ossification and re-expressed in postnatal bone remodeling and in rheumatoid arthritis. *Lab Invest* 76 : 717–728, 1997.
- Su M, Borke JL, Donahue HJ, Li Z, Warshawsky NM, Russell CM and Lewis JE. Expression of connexin43 in rat mandibular bone and periodontal ligament (PDL) cells during experimental tooth movement. *J Dent Res* 76 : 1357–1366, 1997.
- Tanaka K, Yamaguchi Y and Hakeda Y. Isolated chick osteocytes stimulate formation and bone-resorbing activity of osteoclast-like cells. *J Bone Miner Metab* 13 : 61–70, 1995.
- Tezuka K, Nemoto K, Tezuka Y, Sato T, Ikeda Y, Kobori M, Kawashima H, Eguchi H, Hakeda Y and Kumegawa M. Identifica-

- tion of matrix metalloproteinase9in rabbit osteoclasts. *J Biol Chem* 269 : 15006–15009, 1994.
- Uchida M, Shima M, Shimoaka T, Fujieda A, Obara K, Suzuki H, Nagai Y, Ikeda T, Yamato H and Kawaguchi H. Regulation of matrix metalloproteinases (MMPs) and tissue inhibitors of metalloproteinases (TIMPs) by bone resorptive factors in osteoblastic cells. *J Cell Physiol* 85 : 207–214, 2000.
- Waldo CM. Method for the study of tissue response to tooth movement. *J Dent Res* 32 : 690–691, 1953.
- Warita H, Iida J, Yamaguchi S, Matsumoto Y, Fujita Y, Domon S, Tsuchiya T, Otsubo K and Soma K. A study on experimental tooth movement with Ti–Ni alloy orthodontic wires : comparison between light continuous force and light dissipating force. *J Jpn Orthod Soc* 55 : 515–527, 1996.
- Witty JP, Foster SA, Stricklin GP, Matrisian LM and Stern PH. Parathyroid hormone–induced resorption in fetal rat limb bones is associated with production of the metalloproteinases collagenase and gelatinase B. *J Bone Miner Res* 11 : 72–78, 1996.
- Woessner JF and Nagase H. *Matrix metalloproteinases and TIMPs*. Oxford University Press, NewYork, 2000.
- Yamagiwa H, Tokunaga K, Hayami T, Hatano H, Uchida M, Endo N and Takahashi HE. Expression of metalloproteinase–13 (Collagenase–3) is induced during fracture healing in mice. *Bone* 25 : 197–203, 1999.
- Yellowley CE, Li Z, Zhou Z, Jacobs CR and Donahue HJ. Functional gap junctions between osteocytic and osteoblastic cells. *J Bone Miner Res* 15 : 209–217, 2000.
- Zhao W, Byrne MH, Boyce BF and Krane SM. Bone resorption induced by parathyroid hormone is strikingly diminished in collagenase–resistant mutant mice. *J Clin Invest* 103 : 517–524, 1999.
- Zhu JX, Sasano Y, Takahashi I, Mizoguchi I and Kagayama M. Temporal and spatial gene expression of major bone extracellular matrix molecules during embryonic mandibular osteogenesis in rats. *Histochem J* 33 : 25–35, 2001.

〔原著〕

株化骨芽細胞様細胞MC3T3-E1細胞の分化・石灰化過程における
デコリンとバイグリカンのmRNA発現泰間 康平¹⁾, 鳥谷奈保子¹⁾, 荒川 俊哉²⁾, 田隈 泰信²⁾, 溝口 到¹⁾¹⁾北海道医療大学歯学部歯科矯正学講座²⁾北海道医療大学歯学部口腔生化学講座Quantitative mRNA analysis of decorin and biglycan during differentiation
and calcification in MC3T3-E1 cellsKohei TAIMA¹⁾, Naoko TORIYA¹⁾, Toshiya ARAKAWA²⁾, Taishin TAKUMA²⁾ and Itaru MIZOGUCHI¹⁾¹⁾Department of Orthodontics, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido²⁾Department of Oral Biochemistry, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

Abstract

To analyze the temporal changes in extracellular matrix components during the osteoblastic differentiation and calcification, mRNA expression of bone-related small leucine-rich proteoglycans, decorin and biglycan, was examined in the mouse osteoblastic cell line MC3T3-E1, by real-time quantitative PCR with hydrolysis (TaqMan) probes. Comparisons were made between cells grown in the presence or absence of β -glycerolphosphate plus ascorbic acid-2-phosphate (calcification and non-calcification groups, respectively) and between the early phase without calcification and the late calcification phase in the calcification group. When calcification was stimulated, the expression of decorin and biglycan mRNA increased rapidly before calcification, reached a peak at 7 days, and then gradually decreased in the late calcification stage (day21 to day28). In non-calcification group, however, the two mRNA levels were continuously increased up to day 28. These results suggest that the temporally differences in mRNA expression of the small leucine-rich proteoglycans reflect biological functions of the two proteoglycans in the processes of osteogenic differentiation and calcification.

キーワード：デコリン, バイグリカン, プロテオグリカン, 骨芽細胞, mRNA発現

緒 言

矯正学的歯の移動では、メカニカルストレスによって惹起される局所的な骨形成と骨吸収に伴う歯槽骨の骨改造を生じる (Roberts, 1994)。前者の骨形成において中心的な働きをするのが、歯根膜あるいは歯槽骨骨膜に存在する骨形成系細胞である。骨形成系細胞のひとつである未分化間葉系細胞は、osteoprogenitor細胞、前骨芽細胞、そして骨芽細胞へと分化していき、最終的には骨細胞、flattening bone cellへの分化、あるいはapoptosisという運命をたどる (Karsdal et al., 2002)。この未分化間葉系細胞から骨芽細胞への分化過程では、高い細胞増殖活

性が認められるが、骨芽細胞に分化した段階では骨芽細胞はその増殖活動を停止し、骨組織に特徴的な様々な細胞外マトリックスの産生、分泌および石灰化を行うようになる (Bianco et al., 1990; Ingram et al., 1993; Wilda et al., 2000; Kamiya et al., 2001)。

骨組織の主要な細胞外マトリックスはコラーゲンと非コラーゲン性タンパクであり、後者にはglycoproteinとproteoglycanが含まれる (Fisher et al., 1987)。Proteoglycanは、core proteinとそれに付着する糖鎖 (glycosaminoglycan; 以下GAGと略す) からなり、core proteinのアミノ酸配列の構造的特徴から大きく2つのタイプ、すなわちmodular proteoglycanとsmall leucine-rich proteoglycan

受付：平成18年3月31日

(以下, SLRPと略す) とに分類される (Iozzo and Murdoch, 1996). 前者のmodular proteoglycanは様々な機能を有するdomainから構成され, 軟骨に特徴的なaggrecan, 線維芽細胞が産生するversican, 脳組織に特異的なneurocanおよびbrevicanがこれに属する (Iozzo and Murdoch, 1996).

一方, 後者のSLRPは, 40kD前後の短いcore proteinを有し, 6から10個の繰り返し構造であるleucine-rich repeatを含む (Iozzo, 1999). SLRPの代表的なproteoglycanであるbiglycanとdecorinに関しては, そのアミノ酸と核酸配列, 糖鎖の構造が明らかにされ (Krusius and Ruoslahti, 1986), 様々な機能解析がなされてきた (Scott et al., 1995; Danielson et al., 1997; Xu et al., 1998; Ameye et al., 2002; Young et al., 2002; Ameye and Young, 2002). Biglycanとdecorinは, 皮膚, 腱, 靭帯, 軟骨, 骨などの様々な結合組織に存在し, biglycanは細胞周囲に局在して主に細胞活性の調節に, decorinは細胞外マトリックスの構築に深く関与していることが示されている (Bianco et al., 1990; Wilda et al., 2000).

本研究では, 骨芽細胞の増殖, 分化, 石灰化過程におけるproteoglycanの発現様相および骨形成との関連性を明らかにするために, 株化骨芽細胞様細胞であるMC3T3-E1の培養系における主要なSLRPであるdecorinとbiglycanのmRNA発現変化をRapid Cycle Real-Time PCR法 (以下Real-Time RT-PCR法と略す) によって検討することを目的とした. なお, 本研究では, proteoglycanのmRNAの定量実験に先立ち, Real-Time RT-PCR法のinternal standardとして用いられるhousekeeping geneの信頼性についても検討を行った.

材料および方法

1. 細胞培養

MC3T3-E1細胞を10,000個/cm²の割合で播種し, 10% FBS (Hyclone), penicillin (10,000U/mL) - streptomycin (10,000μg/mL) (Gibco) を添加したα-MEM培養液中, 温度37°C, 湿度100%, 5%CO₂, 95%空気下で培養した. 播種後24時間経過した時点を目0日とし, 前述した培養液と同じものを用いて培養した (以下, 石灰化非促進群とする). また, 石灰化促進群にはascorbic acid-2-phosphate (50μg/mL) (Sigma) とβ-glycerol-phosphate (50mmol/mL; Acros, Geel, Belgium) (以下, β-GPと略す) を培養液に付加した. 培養液交換は3~4日ごととし, 試料回収を0日, 2日, 4日, 7日, 14日, 21日, 28日, 35日目に行った.

2. 細胞数のカウント

培養終了後, 細胞をPBSで洗浄し, 0.1%trypsin-EDTA (Gibco) を培養条件下で数分間作用させた後, 振盪して細胞をシャーレより剥離した. 細胞数が増加し, 何層にも積層した14日以降の細胞は0.1%trypsin-EDTAだけではシャーレから剥離して細胞を分離することが困難であったため, 0.1%collagenase (Wako) を培養条件下で30分から60分間作用させた後, 0.1%trypsin-EDTA処理を行った. この細胞懸濁液中の細胞数を血球計算盤でカウントした.

3. Alkaline Phosphatase (ALP) 活性

培養終了後, 細胞をPBSで洗浄し, 0.2%NP-40/10mM/L MgCl₂で溶解した. ピペットでホモジナイズし, ウルトラスオニケーター (Ohtake Works) にて超音波破碎した. その後, 4°C, 1500gで10分間遠心し, 上澄みを測定に用いた. ALP活性の測定は基質緩衝液にp-nitrophenylphosphateを用いるBessey-Lowly法 (Bessey et al., 1946) に基づいて行った. 試料を100μLずつ96穴プレートに加えたあと, 基質緩衝液を200μL加えて, プレートリーダー-ET-300 (Toyo Sokki) を用いて波長410nmで吸光度を測定した. タンパク質の定量はBCAを用いて測定し, ALP活性の測定結果をノーマライズした.

4. Alizarin Red-S (AR-S) 濃度の測定

培養終了後, 細胞をPBSで洗浄し, 氷冷した70%エタノールにて60分間固定した. 蒸留水で洗浄後, 40mM AR-S (pH4.2) で10分間染色し, 蒸留水で5回洗浄後, PBSにて15分間振盪下で洗浄した. その後, 10% cetylpyridinium chloride (CPC) /10mM sodium phosphate (pH7.0) で10分間脱色し, 上澄みの吸光度を562nmで測定した.

5. mRNAの抽出とreverse transcription

培養終了後, 細胞をPBSで洗浄し, RNeasy Mini Kit (Qiagen) を用いてtotal RNAを抽出した. その際, genomic DNAの混入を防ぐためにDNase処理を行った. 抽出したtotal RNA濃度を分光光度計GeneQuant Pro (Amersham Biosciences) で測定し, 1μg/μLに調節した後, Omniscript RT kit (Qiagen) を用いてreverse transcriptionを行った.

6. MC3T3-E1細胞におけるinternal standardの信頼性の比較検討とproteoglycan mRNAの定量

Target mRNAを定量する際のnormalizeに用いるinternal

standardの発現の安定性を確認するために、housekeeping geneであるGAPDH,cyclophilin Aに対するcDNAの 10^8 から 10^1 コピー数の連続希釈系試料を作製し、TaqMan probeを用いたReal Time RT-PCRを行った。各試料における両分子のmRNAを定量し、それぞれのCt値で比較した。同様に2つのproteoglycanについてもmRNAを定量し、GAPDH 10^3 コピー数に対するproteoglycan cDNAのコピー数を算出した。Target geneおよびPCR反応に用いたprimerを表1に示す。

mRNAの定量にはGeneAmp 5700 Sequence Detection System (Applied Biosystems) を使用し、denature: 95°C , 15秒, annealing: 60°C , 1分, サイクル数を50回とした。また、反応試薬としてTaqMan universal PCR master mix (Applied Biosystems) を用いた。

結 果

1. MC 3 T 3 - E 1 細胞の細胞増殖

両群とも類似した曲線を示し、0日から14日まで細胞数は増加したが、その後減少傾向がみられた (data not shown)。

2. MC 3 T 3 - E 1 細胞のAlkaline phosphatase (ALP) 活性

両群ともに0日から14日までALP活性は増加し、その後低下したが、石灰化促進群での活性の減少傾向が著し

かった (data not shown)。

3. MC 3 T 3 - E 1 細胞のAlizarin (AR-S) 濃度

石灰化非促進群では0日から35日までほとんど変化が見られなかったが、石灰化促進群では14日以降、AR-S濃度の急激な増加がみられた (data not shown)。肉眼的観察では石灰化促進群の21日でAR-S陽性のnoduleが部分的にみられ、35日ではディッシュ全体に強陽性反応が広がった (図1)。石灰化促進群で見られるAR-S陽性noduleは非促進群では全く認められなかった。

4. Real-Time RT-PCR法におけるinternal standardの信頼性の比較検討

標準曲線のスロープ値、直線性、Ct値に関する数値を表3に示す。Ct値とはPCR産物の蛍光強度を検出することが可能になった時点のサイクル数である。Internal standardであるGAPDHとcyclophilin Aそれぞれの連続希釈系に対する標準曲線を比較すると、両者とも直線を示したが、スロープの傾斜度はGAPDHの方が理想値に近かった (図2)。また、RNA量でnormalize ($1 \mu\text{g}/\mu\text{L}$) した0日から35日までの非石灰化群および石灰化群各サンプルについて蛍光強度曲線のCt値を比較すると、GAPDHのばらつきが小さかった (図2,3)。これらの結果からcyclophilin AよりGAPDHの方がinternal standardとして適当と考えられた。

表1 骨組織に関連するproteoglycanの特徴

名 称	分子量 (kDa)	GAG 鎖の種類	GAG 鎖の数
Biglycan	38	DS / CS	2
Decorin	36	DS / CS	1
Fibromodulin	42	KS	4
Lumican	38	KS	2~3
Osteoglycine	12	KS	0 in bone
Versican	350~550	CS	0~22

CS; chondroitin sulphate, DS; dermatan sulphate, KS; keratan sulphate

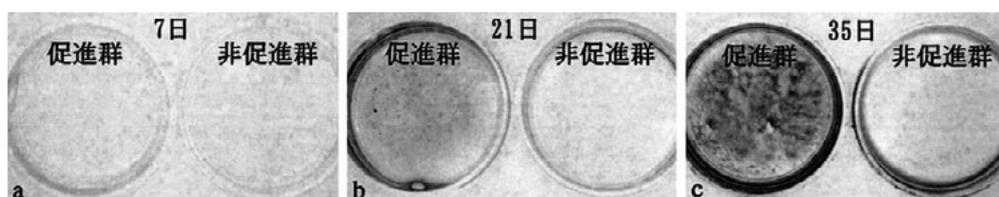


図1 MC 3 T 3 - E 1 細胞のAlizarin Red-S (AR-S) 染色
a培養7日。促進群 (左) と非促進群 (右) にほとんど差は認められない。b培養21日。促進群にはAR-S陽性のnoduleが認められる。c培養35日。促進群のAR-S陽性のnoduleが増加するが、非促進群ではnoduleを認めない。

表2 培養期間中における2種類のinternal standard mRNAのslope値, correlation値, およびCt値の標準偏差 (SD of Ct)

	GAPDH	cyclophilin A
slope	-3.39	-4.03
correlation	-0.99	-0.99
SD of Ct	-0.16	-0.46

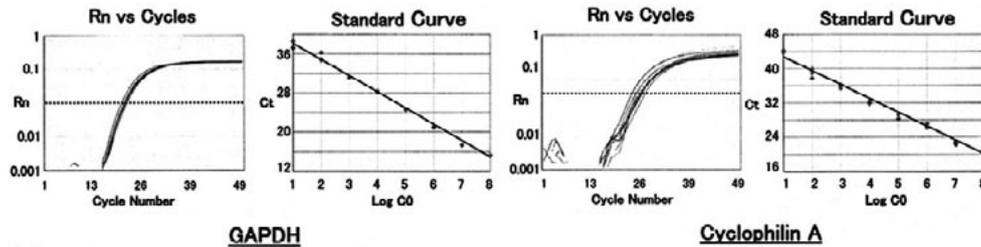


図2 GAPDH,cyclophilin Aに対する連続希釈系を用いて描いた標準曲線MC 3 T 3 -E 1細胞から抽出した試料で描いた蛍光強度曲線
GAPDH (上段), cyclophilin A (下段)ともに標準曲線 (左)は直線を示したが, スロープの傾斜度はGAPDHの方が理想値に近かった. また, mRNA量を1 μg/ulで揃えた0日から35日までの石灰化非促進群, 石灰化群各サンプルのCt値 (右)はGAPDHの方がばらつきが少なかった.

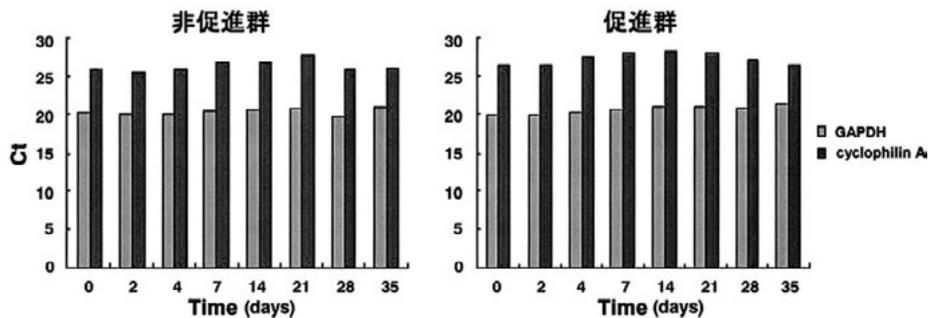


図3 石灰化非促進群, 促進群の培養期間におけるCt値
Total RNA量をnormalizeしたRTで得られた試料を用いて, cyclophilin AとGAPDHについてreal-time RT-PCRを行った. Ct値のばらつきはcyclophilin Aと比較して石灰化非促進群, 促進群ともにGAPDHの方が小さかった.

5. MC 3 T 3 -E 1細胞の石灰化促進群と非促進群におけるproteoglycan mRNAの発現変化

Decorin mRNAは, 培養直後から増加を始め, 石灰化非促進群では14日まで増加したのちプラトーとなった. 一方, 促進群では同様に7日をピークに増加したのち, 35日にかけて減少した (図4). Biglycan mRNAも, 培養直後から増加をはじめ, 石灰化非促進群では28日まで高いレベルを維持し, 35日で急激に低下した. 一方, 促進群では7日をピークとする一過性の上昇であった. (図5).

6. MC 3 T 3 -E 1細胞の石灰化促進群と非促進群におけるdecorin mRNAの発現の比較 (培養28日)

両群の28日目における, 両proteoglycanの発現量を比べてみると, biglycan mRNA発現量は石灰化促進群が非促進群の7.2%, decorinでは19.4%の値を示した (図6).

考 察

1. Real-Time PCRを用いたmRNAの定量

Real-Time RT-PCRには, (1) double strand DNAに結合することによって蛍光を生じるSYBR Green Iという色素を用いる方法, (2) primer間に特異的な配列のTaqMan probe (exonuclease probe)を設計し, その両端に蛍光色素とそのquencher色素を付けたprobeを反応させ, Taq polymeraseの5' - exonuclease活性によってprobeが加水分解され, 両端の色素が離れることによって蛍光を発することを利用する方法, および (3) primer間に特異的な配列をもつ2つのhybridization probeを反応させFRET反応を利用する方法の3つがある (Wittwer, 2001). 本研究において適用したTaqMan probe法では, primer dimerおよび非特異なPCR産物が反応中に形成されても, 目的とするcDNAに特異的なprobeがそれらには結合しないため, 特異的かつ感度の高い手法であるとされている (Wittwer, 2001). 本研究においても

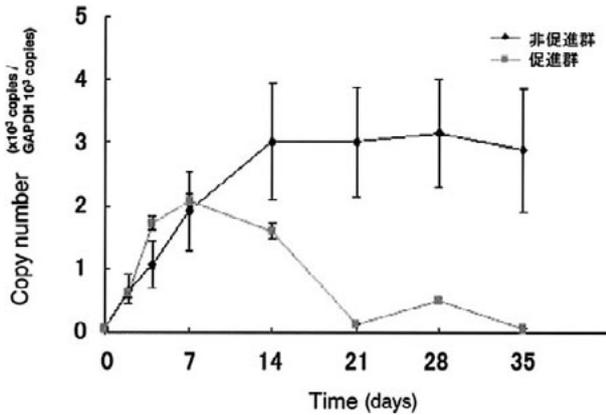


図4 MC3T3-E1細胞におけるdecorin mRNAの発現変化
促進群、非促進群ともに7日までは同様の変化を示しているが、14日以降顕著な差が認められた。非促進群では14日まで増加し、以降プラトーとなった。一方、促進群でのdecorinの発現では7日から減少傾向がみられた。(n = 3 ; mean±SE)

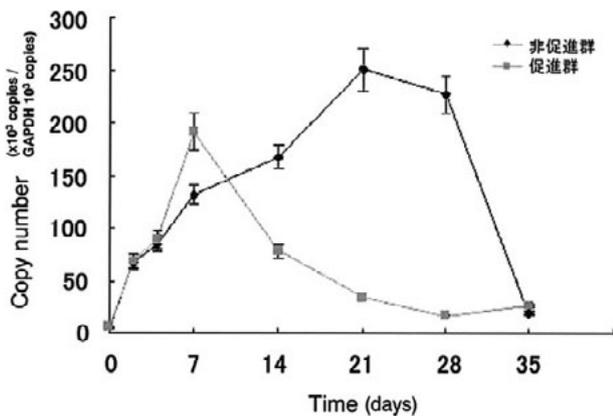


図5 MC3T3-E1細胞におけるbiglycan mRNAの発現変化
促進群では培養直後から急激な増加をはじめ、7日でピークとなり、その後21日まで減少し、その後はプラトーとなった。一方、非促進群では、21日まで増加を示し、その後は減少を示し、35日ではほぼ促進群と同じ発現量まで低下した。両群では、石灰化期である21日と28日の発現量に顕著な差が認められた。(n = 3 ; mean±SE)

GeneAmp5700を用いてTaqMan probe法を適用した場合には、少なくとも101コピーまでのcDNAの定量が可能であることが明らかになった (data not shown)。

前述したように、Real-Time RT-PCR法はmRNA発現の定量に優れた方法ではあるが、conventional PCRを基本とした従来のすべての方法とも共通する問題点が指摘されている。Real-Time RT-PCR法では、すべての試料におけるGAPDHなどのhousekeeping geneの発現量が一定であるという考えに基づき、target geneの発現量を計算している。しかし近年、実験条件、あるいは組織、細胞系の違いによって一般的に用いられているinternal standardが変動を示し、定量化における絶対的な基準とはなり得ないことが指摘されている (Medhurst et al., 2000 ; Bustin, 2002)。この点に関して、Bustinは、in vitroの実験系におけるinternal standardとして2つ以上のhousekeeping geneを選択して、その実験条件における変

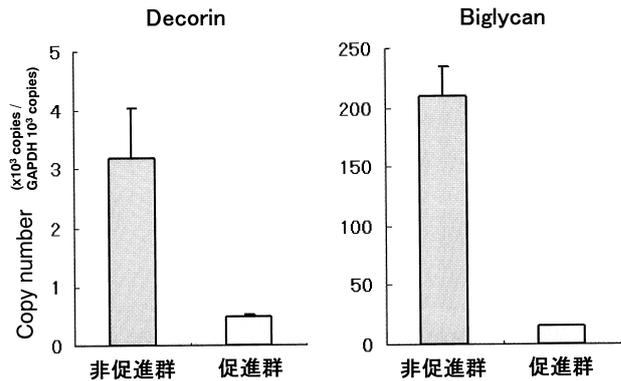


図6 培養28日における石灰化非促進群と促進群におけるproteoglycan mRNAの発現の比較
SLRPであるbiglycan (n = 3) mRNA発現量は石灰化促進群が非促進群の7.2%, decorin (n = 3) では19.4%と低い値を示していた。(n = 3 ; mean±SE)

動を検討し、normalizeを行うことを推奨している。

本研究では、骨系培養細胞のPCR法でよく用いられているhousekeeping geneであるGAPDHとcyclophilin Aについてその変動を検討した。その結果、前者のGAPDHにおいて培養期間を通じての発現量 (cDNAのコピー数) の変動が少なく、またPCR効率を表すslope値も理想である-3.3 (Medhurst et al., 2000) に近い値を示したことから、本研究ではGAPDHをinternal standardとして用いた。

2. 骨芽細胞用細胞MC3T3-E1の分化・石灰化について

MC3T3-E1細胞は、出生直後のマウス頭蓋冠からクローニングされた8つの細胞系の一つである (Kodama et al., 1981)。この細胞系の特徴は、高いalkaline phosphatase活性を伴う骨芽細胞への分化能と石灰化能 (Sudo et al., 1983)、および高いコラーゲン合成能 (Chung et al., 1992) を有することであり、in vitroの実験系における石灰化過程の研究に最も多く利用されている細胞系の一つである。

MC3T3-E1細胞は、ascorbic acidとβ-GPを含む条件下で、骨芽細胞の表現形をより高度に発現し、石灰化した細胞外マトリックスを産生することが知られている (Marsh et al., 1995)。この細胞系での石灰化過程には細胞周囲におけるコラーゲン基質の蓄積とその成熟が必要であり、ascorbic acidが欠如した条件下ではコラーゲン基質の蓄積が低下し、生理的な石灰化ではなく細胞間あるいは培養液中における異所性の石灰化が出現する (Marsh et al., 1995)。また、本研究においても同様の結果が得られているが、2つの添加試薬が無い状態では、ALPase活性の上昇はみられるが、培養30日においても石灰化物の形成は認められないことを報告している

(Marsh et al., 1995). そこで本研究では, 培養液中への ascorbic acid と β -GP を付加の有無により, 石灰化促進群と石灰化非促進群に分け, 両群の各成長・成熟段階における decorin と biglycan の mRNA 発現の変化様相を比較検討した.

Ascorbic acid と β -GP の存在下では, MC3T3-E1 細胞は石灰化骨基質の形成に到る3つの相に分けられる成熟過程を経る (Quarles et al., 1992; Choi et al., 1996; Raouf and Seth, 2002). この成熟過程の第一相は, 培養9日から10日まで続き, 前骨芽細胞様細胞の活発な増殖を示す. この時期には, MC3T3-E1 細胞は *c-fos*, *c-myc*, *Est-1* などの細胞周期に関連する遺伝子を発現する (Choi et al., 1996; Raouf and Seth, 2002). 次の第二相は11日から25日の培養期間であり, 細胞は confluent 後, I型コラーゲン, fibronectin, osteonectin などの基質関連遺伝子を発現する (Quarles et al., 1992; Choi et al., 1996; Raouf and Seth, 2002). 第三相は, 25日以降であり, 石灰化に関連する osteocalcin, bone sialoprotein の発現が認められるようになる. 本研究での細胞数, ALP 活性および AR-S 反応の推移をみると, 第一相 (増殖期) は培養後7日間での間, 第二相 (基質形成期) は8日から20日, 第三相 (石灰化期) は21日から35日に対応していた. したがって, 本研究の石灰化促進群における MC3T3-E1 細胞の成長・成熟・石灰化過程は先の研究のものとはほぼ一致していた. 本研究の石灰化非促進群についてみると, 培養35日目で AR-S 反応がほとんど培養初期と同じ値を示したことから, 非促進群での第三相, すなわち石灰化相は無いものと判断できた.

3. Decorin と biglycan の骨形成との関わり

Decorin は I 型, II 型, III 型コラーゲン, fibronectin など, 他の細胞外マトリックスとの結合能を有し, マトリックス形成, 細胞接着, 細胞増殖などに関与していることが知られている (Scott and Haigh, 1985; Scott et al., 1995; Kuc and Scott, 1997). Vogel and Trotter (1987) は, 牛腱から抽出した decorin の存在下ではコラーゲン原線維の形成速度が抑制され, また形成されたコラーゲン原線維の直径も減少することを報告した. 一方, Kuc and Scott (1997) は, 牛関節円板あるいは皮膚から抽出した decorin を用いた同様の研究から, decorin はコラーゲン原線維の直径を増加させることを示した. このように, decorin のコラーゲン原線維形成に及ぼす影響に関しては統一された見解が得られずにいたが, 最近の decorin の knockout mouse を微細構造学的に検討した研究から, decorin が欠如した状態では, コラーゲン原線維の

直径には大きな影響がないものの, 原線維の太さが不均一になることが明らかにされた (Danielson et al., 1997). 一方, biglycan の機能については不明の点が多いが, *in vitro* の研究では, biglycan 分子が I 型コラーゲン原線維の表面上に集結し, その直径を増加させることが示された (Scott et al., 1995).

本研究での MC3T3-E1 細胞の石灰化促進群において decorin と biglycan の発現が高かったのは, 培養7日までであり, コラーゲン産生が盛んなマトリックス形成期 (Quarles et al., 1992; Choi et al., 1996; Raouf and Seth, 2002) にはそれらの発現が低い傾向を示した. したがって, 骨組織のコラーゲンを中心としたマトリックス形成期においては, 両 proteoglycan のコラーゲン原線維形成への関与は低いものと考えられる. しかし, decorin とコラーゲン原線維の形成との関係を *in vivo* の実験系で詳細にみた研究では, intact decorin (GAG鎖の結合した decorin) によるコラーゲン形成速度の減少および chondroitinase ABC 処理後の core protein だけによる同様の抑制効果が認められた (Kuc and Scott, 1997). したがって, 増殖期に一過性に増産される decorin が, あるいは biglycan も含まれる可能性もあるが, 増殖期におけるコラーゲン線維の形成を抑制している可能性が指摘できる.

ヒトあるいは牛骨由来の小型 proteoglycan のアミノ酸および核酸配列の解析から, 骨には decorin と biglycan の高い発現があり, その GAG 側鎖である chondroitin-6-sulphate とわずかな chondroitin-4-sulphate が存在することが明らかにされている (Fisher et al., 1987; Waddington and Embery, 2001). 免疫組織化学的研究から, 成人ヒトの骨では, decorin は骨小腔や骨細管の周囲, 静止期ハーバス管に局限していたのに対し, biglycan は皮質骨や骨梁に広く分布していることが報告されている (Ingram et al., 1993). 他の免疫組織化学的研究においても, 2つの proteoglycan は骨芽細胞および類骨に存在することが確認されている (Bianco et al., 1990; Kamiya et al., 2001). また, *in situ hybridization* を利用した研究では, decorin は骨膜全層にわたって比較的均一な発現を示すのに対し, biglycan は骨形成系の細胞が存在する骨膜内層に局限することから, decorin は full-time で関与するマトリックス構成要素であるのに対し, biglycan はマトリックス形成以外の細胞活性に関与することを指摘している (Bianco et al., 1990).

このように decorin と biglycan は, 骨芽細胞を含む骨系細胞の産生する主要な非コラーゲン性タンパク質であり, 骨組織の石灰化過程への影響に関して, 従来からい

くつかの研究が行われてきた。Scott and Haigh (1985) は、腱や皮膚などの軟組織結合組織に存在するのは dermatan sulphate proteoglycan であるのに対し、骨や象牙質などの石灰化組織では chondroitin sulphate proteoglycan をもつことから、dermatan sulphate を有する decorin あるいは biglycan に石灰化抑制作用があることを提唱した。但し、この時点では、decorin と biglycan のアミノ酸配列の断片的な情報しかなく、chondroitin sulphate と dermatan sulphate が 2 つの proteoglycan の GAG 鎖であることは明らかになっていなかった。その後、骨組織の石灰化過程に果たす機能に関して、in vitro の実験系を中心として研究が行われた。

Mochida ら (2003) は、decorin が石灰化を抑制することを報告している。これに対し、Fisher ら (2004) は、decorin が動脈平滑筋細胞における異所性の石灰化を促進することを報告しているが、これはあくまでも非生理的な石灰化過程での結果であり、このことを直接 in vivo の石灰化過程での現象としてみなすことはできない。

一方、in vivo の実験系に目を向けてみると、Young ら (2002) の decorin の knockout mouse を用いた骨形成に関する研究では、コラーゲン原線維の形態には異常を来すものの、骨形成、石灰化への影響はなかったとしている。また、先天的な骨の脆弱を主徴とする osteogenesis imperfecta (OI) の症例の非コラーゲン性タンパク質の特徴を正常者と比較した研究では、decorin の発現量に差は認められなかったとしている (Vetter et al., 1991)。一方、biglycan の knockout mouse では、生直後は骨格系に異常な所見は認められないものの、加齢に伴い骨粗鬆症や早発関節炎に類似した表現型を示す骨減少症、腱の異所性石灰化の進行が認められた (Xu et al., 1998; Ameye et al., 2002; Ameye and Young, 2002)。また、biglycan-knockout mouse 由来の骨芽細胞は、BMP-4 との結合能を消失し、BMP-4 の刺激に対する sensitivity が減少している。その結果、骨芽細胞の分化を誘導する転写因子である Cbfa 1 の発現の低下による骨芽細胞の分化が抑制されることを示した (Chen et al., 2004)。これらの knockout mouse を用いた研究は、biglycan が主に骨芽細胞の分化過程に対して促進的に作用していることを示しているが、knockout mouse では他の proteoglycan の補償的、代償的な発現の亢進も生じることから (Corsi et al., 2002; Ameye and Young, 2002)、decorin と biglycan が直接的に石灰化過程へ抑制的に作用しているかは不明である。

本研究での biglycan と decorin の mRNA の発現をみると、両者は類似した変化様相を示し、mRNA は増殖期に

増加、増殖期末期 (培養 7 日目) にピークを示し、その後の基質形成期 (8 日から 20 日) と石灰化期 (21 日から 35 日) では経時的に減少していくパターンを示した。また、石灰化促進群と非促進群の培養 28 日目における発現を比較すると、石灰化促進群の biglycan は非促進群に対し 7.2%、decorin は 19.4% の低い発現を示していた。したがって、MC 3 T 3 - E 1 細胞の mRNA の発現様相から判断すると、biglycan、decorin とともに、骨の石灰化には不要であり、石灰化期には発現が抑制されることが考えられる。このことは、いくつかの in vitro (Chen and Boskey, 1985; Severson et al., 1995; Mochida et al., 2003) および in vivo (Hoshi et al., 1999) の研究での所見とも一致している。

ラット骨由来の骨芽細胞 1 次培養系を用いて biglycan と decorin の mRNA 発現を conventional RT-PCR で半定量的に解析した研究 (Waddington et al., 2003) では、本研究で得られた結果と異なるパターンを示している。この研究によると、decorin が増殖期から石灰化初期にかけて経時的に増加を示したのに対し、biglycan は増殖期初期に比較的高い発現を示し、マトリックス形成期に発現がほとんどなくなり、その後の石灰化期で高い発現を維持しており、両 proteoglycan の石灰化期における高い mRNA 発現を報告している (Kimoto et al., 1994; Waddington et al., 2003)。本研究との違いに関しては正確なことはわからないが、培養細胞と培養条件の違いが関与している可能性が考えられる。彼らの実験では、培養液に dexamethasone が附加されており、また用いた細胞は細胞の population が不均一である骨組織由来の一次培養系 (Kimoto et al., 1994) である。Dexamethasone は、主に 1 次培養系に付加される薬剤であり、骨髄由来の osteoprogenitor 細胞の分化と石灰化を促進し、decorin の発現には促進的、biglycan には抑制的に作用する (Kimoto et al., 1994)。

結 論

骨芽細胞様細胞 MC 3 T 3 - E 1 の増殖、分化および石灰化過程において、増殖期に比べて decorin、biglycan は石灰化期で著しく低い発現を示した。Decorin と biglycan は、初期の細胞増殖を促進し、逆に石灰化に対しては抑制作用を有していることが示唆された。

文 献

Ameye L and Young MF. Mice deficient in small leucine-rich proteoglycans: novel in vivo models for osteoporosis, osteoarthritis, Ehlers-Danlos syndrome, muscular dystrophy, and corneal diseases. Glyco-

- biology 12 : 107–116, 2002.
- Ameye L, Aria D, Jepsen K, Oldberg A, Xu T and Young MF. Abnormal collagen fibrils in tendons of biglycan/fibromodulin-deficient mice lead to gait impairment, ectopic ossification, and osteoarthritis. *FASEB J* 16 : 673–680, 2002.
- Bessy O, Lowly O and Brock M. Method for the rapid determination of alkaline phosphatase with five cubic millimeters of serum. *J Biol Chem* 164 : 321–329, 1946.
- Bianco P, Fisher LW and Young MF. Termine JD and Robey PG. Expression and localization of the two small proteoglycans biglycan and decorin in developing human skeletal and non-skeletal tissues. *J Histochem Cytochem* 38 : 1549–1563, 1990.
- Bustin SA. Quantification of mRNA using real-time reverse transcription PCR (RT-PCR) : trends and problems. *J Mol Endocrinol* 29 : 23–39, 2002.
- Chen CC and Boskey AL. Mechanisms of proteoglycan inhibition of hydroxyapatite growth. *Calcif Tissue Int* 37 : 395–400, 1985.
- Chen XD, Fisher LW, Robey PG and Young MF. The small leucine-rich proteoglycan biglycan modulates BMP-4-induced osteoblast differentiation. *FASEB J* 18 : 948–958, 2004.
- Choi JY, Lee BH, Song KB, Park RW, Kim IS, Sohn KY, Jo JS and Ryoo HM. Expression patterns of bone-related proteins during osteoblastic differentiation in MC3T3-E1 cells. *J Cell Biochem* 61 : 609–618, 1996.
- Chung CH, Golub EE, Forbes E, Tokuoka T and Shapiro IM. Mechanism of action of beta-glycerophosphate on bone cell mineralization. *Calcif Tissue Int* 51 : 305–311, 1992.
- Corsi A, Xu T, Chen XD, Boyde A, Liang J, Mankani M, Sommer B, Iozzo RV, Eichstetter I, Robey PG, Bianco P and Young MF. Phenotypic effects of biglycan deficiency are linked to collagen fibril abnormalities, are synergized by decorin deficiency, and mimic Ehlers-Danlos-like changes in bone and other connective tissues. *J Bone Miner Res* 17 : 1180–1189, 2002.
- Danielson KG, Baribault H, Holmes DF, Graham H, Kadler KE and Iozzo RV. Targeted disruption of decorin leads to abnormal collagen fibril morphology and skin fragility. *J Cell Biol* 136 : 729–743, 1997.
- Fisher LW, Hawkins GR, Tuross N and Termine JD. Purification and partial characterization of small proteoglycans I and II, bone sialoproteins I and II, and osteonectin from the mineral compartment of developing human bone. *J Biol Chem* 262 : 9702–9708, 1987.
- Fischer JW, Steiz S, Johnson P, Burke A, Kolodgie F, Virmani R, Giachelli C, and Wight TN. Decorin promotes aortic smooth muscle cell calcification and colocalizes to calcified regions in human atherosclerotic lesions. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 24 : 2391–2396, 2004.
- Hoshi K, Kemmotsu S, Takeuchi Y, Amizuka N and Ozawa H. The primary calcification in bones follows removal of decorin and fusion of collagen fibrils. *J Bone Miner Res* 14 : 273–280, 1999.
- Ibaraki K, Termine JD, Whitson SW and Young MF. Bone matrix mRNA expression in differentiating fetal bovine osteoblasts. *J Bone Miner Res* 7 : 743–754, 1992.
- Ingram RT, Clarke BL, Fisher LW and Fitzpatrick LA. Distribution of noncollagenous proteins in the matrix of adult human bone : evidence of anatomic and functional heterogeneity. *J Bone Miner Res* 8 : 1019–1029, 1993.
- Iozzo RV and Murdoch AD. Proteoglycans of the extracellular environment : clues from the gene and protein side offer novel perspectives in molecular diversity and function. *FASEB J* 10 : 598–614, 1996.
- Iozzo RV. Minireview. The biology of the small leucine-rich proteoglycans. Functional network of interactive protein. *J Biol Chem* 274 : 18843–18846, 1999.
- Johnstone B, Markopoulos M, Neame P and Caterson B. Identification and characterization of glycanated and non-glycanated forms of biglycan and decorin in the human intervertebral disc. *Biochem J* 292 : 661–666, 1993.
- Kamiya N, Shigemasa K and Takagi M. Gene expression and immunohistochemical localization of decorin and biglycan in association with early bone formation in the developing mandible. *J Oral Sci* 43 : 179–188, 2001.
- Karsdal MA, Larsen L, Engsig MT, Lou H, Ferreras M, Lochter A, Delaisse JM and Foged NT. Matrix metalloproteinase-dependent activation of latent transforming growth factor-beta controls the conversion of osteoblasts into osteocytes by blocking osteoblast apoptosis. *J Biol Chem* 277 : 44061–44067, 2002.
- Kimoto S, Cheng SL, Zhang SF and Avioli LV. The effect of glucocorticoid on the synthesis of biglycan and decorin in human osteoblasts and bone marrow stromal cells. *Endocrinology* 135 : 2423–2431, 1994.
- Kodama H, Amagai Y, Sudo H, Kasai S and Yamamoto S. Establishment of a clonal osteogenic cell line from newborn mouse calvaria. *Jpn J Oral Biol* 23 : 899–901, 1981.
- Krusius T and Ruoslahti E. Primary structure of an extracellular matrix proteoglycan core protein deduced from cloned cDNA. *Proc Natl Acad Sci USA* 83 : 7683–7687, 1986.
- Kuc IM and Scott PG. Increased diameters of collagen fibrils precipitated in vitro in the presence of decorin from various connective tissues. *Connect Tissue Res* 36 : 287–296, 1997.
- Marsh ME, Munne AM, Vogel JJ, Cui Y and Franceschi RT. Mineralization of bone-like extracellular matrix in the absence of functional osteoblasts. *J Bone Miner Res* 10 : 1635–1643, 1995.
- Medhurst AD, Harrison DC, Read SJ, Campbell CA, Robbins MJ and Pangalos MN. The use of TaqMan RT-PCR assays for semiquantitative analysis of gene expression in CNS tissues and disease models. *J Neurosci Methods* 98 : 9–20, 2000.
- Mochida Y, Duarte WR, Tanzawa H, Paschalis EP and Yamauchi M. Decorin modulates matrix mineralization in vitro. *Biochem Biophys Res Commun* 305 : 6–9, 2003.
- Quarles LD, Yohay DA, Lever LW, Caton R and Wenstrup RJ. Distinct proliferative and differentiated stages of murine MC3T3-E1 cells in culture : an in vitro model of osteoblast development. *J Bone Miner Res* 7 : 683–692, 1992.
- Raouf A and Seth A. Discovery of osteoblast-associated genes using cDNA microarrays. *Bone* 30 : 463–471, 2002.
- Roberts WE. Bone physiology, metabolism, and biomechanics in orthodontic practice. In : Graber TM, editor. *Orthodontics—Current Principles and Techniques*. Philadelphia : Mosby, 1994, pp193–234.
- Roughley PJ, White RJ, Magny MC, Liu J, Pearce RH and Mort JS. Non-proteoglycan forms of biglycan increase with age in human articular cartilage. *Biochem J* 295 : 421–426, 1993.
- Scott JE and Haigh M. Proteoglycan-type I collagen fibril interactions in bone and non-calcifying connective tissues. *Biosci Rep* 5 : 71–81, 1985.
- Scott PG, Nakano T and Dodd CM. Small proteoglycans from differ-

- ent regions of the fibrocartilaginous temporomandibular joint disc. *Biochim Biophys Acta* 1244 : 121–128, 1995.
- Severson AR, Ingram RT and Fitzpatrick LA. Matrix proteins associated with bone calcification are present in human vascular smooth muscle cells grown in vitro. *In Vitro Cell Dev Biol Anim* 31 : 853–857, 1995.
- Sudo H, Kodama HA, Amagai Y, Yamamoto S and Kasai S. In vitro differentiation and calcification in a new clonal osteogenic cell line derived from newborn mouse calvaria. *J Cell Biol* 96 : 191–198 ; 1983.
- Vetter U, Fisher LW, Mintz KP, Kopp JB, Tuross N, Termine JD and Robey PG. Osteogenesis imperfecta : changes in noncollagenous proteins in bone. *J Bone Miner Res* 6 : 501–505, 1991.
- Vogel KG and Trotter JA. The effect of proteoglycans on the morphology of collagen fibrils formed in vitro. *Coll Relat Res* 7 : 105–114, 1987.
- Waddington RJ and Embery G. Proteoglycans and orthodontic tooth movement. *J Orthod* 28 : 281–290, 2001.
- Waddington RJ, Roberts HC, Sugars RV and Schonherr E. Differential roles for small leucine-rich proteoglycans in bone formation. *Eur Cell Mater* 6 : 12–21, 2003.
- Wilda M, Bachner D, Just W, Geerkens C, Kraus P, Vogel W and Hameister H. A comparison of the expression pattern of five genes of the family of small leucine-rich proteoglycans during mouse development. *J Bone Miner Res* 15 : 2187–96, 2000.
- Wittwer C. Rapid cycle real-time PCR : methods and application. In : *Rapid Cycle Real-Time PCR*. In : Meure S, Wittwer C and Nakagawara K editors. *Quantification on the LightCycler*. Berlin : Springer-Verlag, 2001, pp1–8.
- Xu T, Bianco P, Fisher LW, Longenecker G, Smith E, Goldstein S, Bonadio J, Boskey A, Heegaard AM, Sommer B, Satomura K, Dominguez P, Zhao C, Kulkarni AB, Robey PG and Young MF. Targeted disruption of the biglycan gene leads to an osteoporosis-like phenotype in mice. *Nat Genet* 20 : 78–82, 1998.
- Young MF, Bi Y, Ameye L and Chen XD. Biglycan knockout mice : new models for musculoskeletal diseases. *Glycoconj J* 19 : 257–262, 2002.

[学会記録]

北海道医療大学歯学会第24回学術大会 一般講演抄録

ANCヘッドホンによる歯科治療時騒音の低減

○栗倉あずさ, 石崎晴彦, 李 皓, 中島啓介, 古市保志
北海道医療大学歯学部歯科保存学第一講座

【目的】 歯科用タービンによる歯の切削時に発生する騒音は、患者にとって大変、不快である。近年、レーザー照射や研磨粒子噴射による切削器具の開発により騒音への取り組みが行われているが、現状ではこれらの器具のみで切削を完了することは困難である。本研究では歯科用タービン使用時に患者が感じる騒音を低減させる目的で、アクティブ・ノイズ・コントロール（ANC）ヘッドホン装着の効果を検討した。

【方法】 2個のイヤホン型コンデンサーマイクロホンをパーソナルコンピュータのライン入力端子に接続し、コンピュータ内部でA/D変換（解像度16 bit, サンプリングレート44.1 kHz）後、波形解析ソフトウェア（SignalScope Pro）によって解析した。イヤホン型マイクロホンを、通常使用するように（内向き）あるいは逆向き（外向き）に被験者の外耳孔に固定して、各操作によって被験者が

感じる騒音を測定した。

【結果および考察】 診療室内の環境音はヘッドホンの装着により、外向き測定では4000–12500Hzで20 dB低減されたが、内向き測定では3150–8000Hzで20dB低減された。また、ANCにより125–400Hzで5 dB低減された。タービンを使用した際に発生する騒音はヘッドホンの装着により、外向き測定ではすべての周波数において20 dB低減されたが、内向き測定では3150–4000Hzを除き5–10dB低減された。また、いずれの測定でも3500Hz付近の周波数では環境音と同じレベルまで低減された。環境音と同様に騒音はANCにより125–400Hzで5 dB低減された。

【結論】 本研究の結果から、ANCヘッドホンの装着は口腔内でタービンを動作させた際に患者が感じる騒音の低減に有効であると考えられた。

根管治療に関するアンケート調査（第2報）

○伊藤泰城¹, 森 真理¹, 小林孝雄¹, 塚越 慎², 加藤幸紀¹, 衣笠裕紀¹, 斎藤隆史³, 中島啓介¹, 古市保志¹
北海道医療大学歯学部歯科保存学第一講座¹, 浦臼町歯科診療所², 北海道医療大学歯学部歯科保存学第二講座³

【目的】 根管治療は頻繁に行われる治療であるにも関わらず歯科医師の経験により根管貼薬剤の使用回数、処置方法が異なっていると考えられる。2004年に本学会で行った急性発作の発現に関する報告では、基本的な根管器具の使用方法を徹底することが重要であると報告した。今回の報告では、根管貼薬剤の種類と使用方法および臨床症状が消退しない症例の原因と処置方法についてアンケート調査を行い検討した。

【方法】 北海道医療大学歯学部在籍する歯科医師171名に対し、平成16年2月にアンケート調査を実施した。回答者の臨床経験は1～30年で、平均臨床経験年数は7.93±6.60年であった。各質問に対する回答は、臨床経験1年以下（18名）、2～4年（34名）、5～9年（22名）、10年以上（36名）の4群に分けて集計し、質問の集計結果を χ^2 検定を用いて解析した。

【結果及び考察】 アンケートの回収率は64.3%（171名中110名）であった。

ほとんどの歯科医師が症状により根管貼薬剤を使い分けていた。また症状が消退しない難治症例の経験があると回答した。原因として、大きな病巣があった、あるいは根尖孔の破壊などの歯内療法に伴う偶発症を挙げていた。処置としては外科的歯内療法を行うと答えたものが最も多かった。

【結論】 根管治療で使用する貼薬剤は歯科医師が経験に基づいて選択していることが明らかになった。

症状が消退しない難治症例の原因として偶発症を挙げている者が多かった。これにより基本的な根管器具の使用方法を徹底することが重要であると考えられた。

北海道医療大学病院矯正歯科外来における、唾液う蝕活動性試験を用いたカリエス予防処置について

○前崎有美, 城市由紀, 梶 美奈子, 山崎敦永*, 齋藤正人*, 溝口 到**, 川上智史*
 北海道医療大学病院歯科部
 北海道医療大学歯学部個体差医療科学センター*
 北海道医療大学歯学部矯正歯科学講座**

【目的】 矯正治療中に口腔内に装置を装着することにより, 口腔内細菌数は増加することが知られており (Rosenbloom et al., Am J Orthod, 1991), 近年矯正治療中のカリエスや歯周疾患について十分にケアする責任が大きくなってきている. そこで本院矯正科外来では, 平成17年度より矯正科受診患者様に対し専任の歯科衛生士が唾液う蝕活動試験を行いカリエスリスクの判定を行っている. カリエスリスクの結果から各個人にカリエス予防プログラムを作成し, 矯正治療中のカリエス予防を行っている. 今回, 我々は予防プログラムの中にDental Drug Delivery System (以下3DS) などとり入れ, 有効な結果が得られたので報告する.

【方法】 本院矯正科外来で治療を開始するすべての患者様を対象とした. 矯正治療開始前精密検査をした後から診断までの約1か月の間に検査を行う. 検査の項目は以下の通りである. 1.パラフィン刺激唾液流量2.唾液緩衝能3.唾液中のlactobacilliレベル4.唾液中のmutans streptococciレベル5.4日間食事調査6. DMFT.dft.dmfs. プラーク量等の一般臨床診査, 以上の項目を元にカリオグラム (オーラ

ルケア社) ソフトウェアによるカリエスリスクの判定を行う. 結果を参考にし, 個人に合ったカリエス予防プログラムを立案する. カリエスリスクによって, リコール間隔を定め来院してもらい, 矯正装置が撤去されるまで継続する. リスクの程度によっては3DSを用いる. 3DSはハイリスクであれば必ず実施, 基準値を下回っていても細菌以外のリスクファクター (DMFT, 唾液の性状, 量, 糖質の摂取頻度) が高い場合, 矯正治療前などでは実施の対象としている.

【結果および今後の展望】 カリエスリスク判定を行い各個人に合わせた予防プログラムを作成し実施したところ, 初回から3か月後のプラーク付着量に減少が認められた. 今後は3DSをより有効なものとするために薬剤の選択, 使用頻度, 持続効果についても検討を行う予定である. また, 矯正治療を始めてから矯正治療が終了するまで「カリエスフリー」を目指し, 現在治療中の患者様に対してもこの予防プログラムを実施していく予定である.

臨床実習の学びを左右する影響因子

○岡橋智恵¹⁾, 小田島千郁子¹⁾, 沢辺千恵子¹⁾, 大山静江¹⁾, 長田真美¹⁾, 五十嵐清治¹⁾²⁾
¹⁾北海道医療大学歯学部附属歯科衛生士専門学校
²⁾北海道医療大学歯学部小児歯科講座

【研究目的】 本校では臨床実習成果をより高めるための対応策の一つとして, 形成的評価法である個人内評価表を導入し, その効果について報告してきた. その分析を重ねる中で, 学生の臨床実習における学習効果には, 学生を取り巻く様々な要因の関与が明らかとなった. そこで今回, 学生が臨床実習で学ぶべき学習項目の影響因子の分析を行い検討したので報告する.

【対象及び方法】 影響因子のアンケート調査対象は2002年~2004年の第2学年165名である. さらに2004年度の第2学年59名については, 臨床実習終了後に学生に実施した臨床実習に関する自己評価, 実習指導者によって個人内評価表に記入された評価の集計に加え, 実習指導者からのコメントを追加して月毎にカテゴリー集計して分析を行った.

【結果】 ①学生が臨床実習で学ぶべき学習項目に影響を及ぼしているのは, 実習指導者, 自動努力, 友人, 専任教員の順に高かった. ②個人内評価の集計結果では積極性, 責任感, 協調性, 礼節の評価

が高かった. ③実習指導者のコメントを分類して集計したところ情意領域が高かった. ④学生の自己評価の結果は認知領域が1.9/3点, 精神運動領域が2.3/3点, 情意領域が2.5/3点であった.

【考察】 歯科医療現場で患者のニーズを最優先する現場の働きを常に把握する立場にある実習指導者が, 学生の学習効果に影響を与えるのは当然の結果と思われる. 実習指導者の視点が情意領域に注がれているのは個人内評価表自体が観察評価であることも考えられるが, それだけではなく人や物事に対する興味や関心を示す感性や積極性といった態度教育の重要性も含まれてきているのではないかと思われた. また学生の自己評価でも情意領域が高いことから, 実習指導者の働きかけが学習効果に関係していると推察された. しかし知識の応用や患者対応の評価は低くとどまっていることから, 学校内の授業と臨床実習の学習形態の違いなどから, 自分で考え, 判断して行動する項目については評価が低くなっているのではないかと推察された.

開発途上国における口腔保健活動報告

○大山静江¹⁾, 岡橋智恵¹⁾, 梶美奈子²⁾, M.H.Abusayeed³⁾, 杉浦千尋⁴⁾, 山崎 和⁵⁾, 千葉逸朗⁶⁾

¹⁾北海道医療大学歯学部附属歯科衛生士専門学校 ²⁾北海道医療大学病院

³⁾Office of Deputy Provincial Director of Health Services, Plonnaruruwa

⁴⁾北海道大学大学院歯学研究科 ⁵⁾西岡デンタルクリニック

⁶⁾北海道医療大学歯学部口腔衛生学講座

【目的】近年、開発途上国における国際保険協力に対する要請は増加の一途を辿っており、それに伴い歯科衛生士が国際的な歯科保健事業に参加する機会も増えてきている。そこで我々は、開発途上国の児童・生徒における口腔保健状況を知り、学校での口腔保健教育を普及させることを目的として、スリ・ランカの紅茶園内にある学校にて歯科疾患調査と視覚教材による口腔保健教育・個別ブラッシング指導よりなる口腔保健活動を行ったので、その結果について報告する。

【対象及び方法】本活動はスリ・ランカの紅茶園内の学校3校の児童・生徒（5歳～16歳）179名を対象とした。方法は最初に現地歯科医師による導入を行い、歯科衛生士が、現地の言語であるタミル語、シンハラ語を用いた人形劇にて口腔の健康の重要性や規則正しい食生活、口腔清掃の必要性についての口腔保健教育を行った。次いで現地の歯科医師が口腔清掃習慣の聞き取りを行い、日本人歯科医師が口腔内診査を行った。口腔清掃指導については歯科衛生士が歯垢染色液を用いて染め出しをし、歯ブラシの使用法を個別指導し

た。

【結果】①歯ブラシの所有率は96%であり、学校間で差は認められなかった。歯ブラシを所持していない残りの4%については手指を使用してのブラッシング方法であった。②口腔清掃習慣は45%が朝のみ、23%が朝・昼、18%が朝・夜、13%が毎食後であり、いずれも朝に磨く習慣であった。③平成11年度歯科疾患実態調査における5～14歳のう蝕有病者率が78%であるのに対しスリランカは52%であった。④5～10歳のdft指数は0.8、df者率は平均33%、11～16歳のDMFT指数は1.35、DMF者率は平均24%であった。⑤乳歯う蝕経験歯の全てが未処置歯であった。

【考察】今回の結果を我が国の平成11年度歯科疾患実態調査結果と比較すると、う蝕有病率は低値であり、飲料水中の高いフッ素濃度が関与していると考えられる。しかしながら未処置歯が多く、この傾向は成人でも認められることから、紅茶園労働者の口腔保健管理レベルの向上と定期的口腔健診が必要であると考えられる。

歯科内科クリニックにおける臨床実習到達度の調査 第2報

—歯科衛生士専門学校生の小児歯科でのアンケート調査より—

○駒木千絵*, 棟方志摩*, 武井貴子*, 五十嵐清治**

*北海道医療大学歯科内科クリニック 歯科衛生部

**北海道医療大学歯学部小児歯科学講座

【目的】本学歯科衛生士専門学校生の小児歯科における平成16年度の臨床実習について、アンケート調査を行ったところ、今後の課題として次のことが明らかとなった。

1. 事前実習の強化について。
2. 患児数の少ない時間帯の有効活用について。
3. 100%の学生に口腔衛生指導と口腔ケアの実技を体験させるシステムの導入について。

これらの項目について検討したところ、臨床実習ガイダンスプリントおよびシミュレーション実習の見直し、午前中の時間を利用し口腔衛生指導、および口腔ケアの相互実習を導入したことである。これらを踏まえ臨床実習到達度を把握するために、アンケート調査を実施したので報告する。

【対象と方法】対象者は平成17年度2年生の臨床実習生である。アンケートは小児歯科臨床実習終了後に無記名で記述させた。調査内

容はガイダンスプリント、オリエンテーション、口腔衛生指導と口腔ケア、診療補助、患者対応、臨床実習の満足度についてであり4段階形式と記述式で行った。

【結果および考察】集計結果より判断すると、実習生は患者さんに前にすると緊張や経験不足から知識や能力が十分に発揮されないことが示唆された。また患者さんとのコミュニケーションの良否と臨床実習の満足度は相互に関連していると推測できた。実習中の満足出来た理由、出来なかった理由としてはコミュニケーションに関わる意見が大半を占め、臨床実習を通してコミュニケーションの大切さや難しさが再確認できたようである。小児の歯科診療では、歯科衛生士の役割は重要であり、コミュニケーション、知識、技術などの高い能力が要求されるなどであった。なお、今後も臨床実習のあり方を検討していくことが必要と思われた。

あいの里地区某小学校，3，4年生の児童に実施した口腔保健指導について

○上西明子，城市由紀，前崎有美，梶美奈子，齊藤正人*，野呂大輔*，舞田健夫*，川上智史*
北海道医療大学病院
北海道医療大学個性差科学センター*

【指導目標】 児童期からの口腔の健康作りを実践することは，生涯の口腔衛生において重要である。我々は，あいの里地区某小学校から『歯に関する支援事業』の依頼を受け，平成17年11月に全校児童を対象にした口腔保健指導を行った。1年生から6年生までを低・中・高学年の3つのグループに分け，歯科衛生士がそれぞれのグループを担当し，むし歯のでき方について理解してもらえるような指導内容とした。

今回は，中学年（3，4年生）の児童に実施した口腔保健指導の内容について報告する。

【対象および実施内容】 中学年の児童（3年生59名，4年生47名，計106名）を対象とした。総合学習の授業時間（45分間）に視覚媒体（紙芝居・スライド）を使用し口腔保健指導を行った。また，児童の口腔保健指導に対する理解度を把握するため，口腔保健指導前

後に同一のアンケート調査を実施し，指導前後の結果を比較した。

口腔保健指導前では，むし歯の原因はお菓子や歯みがきをしないことと，とらえている傾向がみられたが，指導後は，プラーク，むし歯菌と，指導内容に出てきた言葉を使用し，おおまかなう蝕発生のメカニズムを理解している児童の増加がみとめられた。

【まとめおよび今後の展望】 小学校中学年児童に対する，視覚媒体を使用した口腔保健指導により，むし歯のでき方についての正しい知識の向上がアンケート調査結果より確認することができた。

今後の展望として，学校の保健便りに口腔保健指導の掲載を検討している。今後も学校側と定期的に意見交換を繰り返し，この事業をよりよいものにしていきたいと考えている。歯科衛生士がこのような活動を継続することで，地域医療に貢献し，子供たちのむし歯を減らせるよう努力していきたい。

無歯顎補綴学の基礎実習に関する一考察

— “義歯を作る実習” から “患者を診る実習” へ —

○横山雄一，平井敏博，越野 寿，寺澤秀朗，木花八友，牧浦哲司，松実珠千，田中慎介，富田泰子，川西克弥，佐藤絹江，伊東由紀夫
北海道医療大学歯学部歯科補綴学第1講座

【目的】 近年の国民の健康意識の向上や急速な医療の変化などに対応すべく，本年度から全国の医学部・歯学部学生に対して「臨床実習開始前の共用試験」が導入，実施されている。この試験には，医療倫理，コミュニケーション能力，技能・態度教育および医療における安全性の配慮と危機管理に関する教育の充実が求められており，歯学部学生への歯科補綴学教育の在り方についての検討が必要であると考えた。そこで我々は，平成18年度から，改修が完了した本学歯学部臨床系基礎実習室に整備された種々の機器を利用し，第4学年に実施されている無歯顎補綴学（全部床義歯補綴学）実習の内容を見直し，従前からの“義歯を作る実習”から，“患者を診る実習”へと変更することとした。

【内容】 これまでの全国歯科大学・歯学部の全部床義歯補綴学基礎実習は，無歯顎石膏模型を使って上下顎全部床義歯をその臨床術式に従い製作するものであった。すなわち，診察・診断から義歯の装着・調整に至るまでの治療過程の中で，全国の多くの歯学部での基礎

実習では，咬合床製作，咬合採得，人工歯排列，埋没・重合，削合，研磨など，技工作業が中心であった。しかし，「共用試験」を経た臨床実習では，講義で得られた知識に基づいた診療室で必要とされる臨床技術・技能の修得が重要となることから，その基礎実習は，技工作業ではなく，診療術式を中心とした内容に変更する必要があると考えられる。

そこで次年度から，基礎実習室に新たに導入されるDR-11（モリタ製作所）を使用して，概形印象採得，個人トレーによる精密印象採得，咬合採得とGoA描記，完成義歯の口腔内装着，装着後長期間経過への対応など，実際の補綴治療に即した術式や各種器具・器材の基本的な扱い方などを修得する内容に変更することとした。これにより，診療参加型臨床実習へのスムーズな移行，さらには国民のニーズに応えることのできる歯科医師の養成が可能になると考える。

本学歯科内科クリニック地域支援医療科活動報告 第5報

○松原国男¹⁾, 千葉逸朗^{1,2)}, 越野 寿^{1,3)}, 平井敏博^{1,3)}, 柳谷昌士¹⁾

¹⁾北海道医療大学歯科内科クリニック地域支援医療科

²⁾歯学部口腔衛生学講座

³⁾歯学部歯科補綴学第1講座

本学歯学部附属病院は地域からの要望に応えるべく、平成12年11月に「地域支援医療科」を新設し、訪問歯科診療室所属の歯科医師の増員と各科・部署の担当者が診療にあたる体制を整備した。

今回は、平成17年1月から12月末までの「地域支援医療科」としての活動について報告する。

1. 訪問歯科診療の実績

訪問診療を実施した患者数は134名（平成16年同期間：114名）であり、延べ訪問診療回数は1301回（平成16年同期間：1144回）であった。

訪問先については、高齢者・障がい者施設が549回（42.2%）で最も多く、居宅が491回（37.8%）、入院中の医科病院が261回（20%）であった。

訪問先の地域別分布では、厚田村が537回（41.3%）、当別町が424回（32.6%）、江別市が189回（14.5%）、岩見沢市が101回（7.8%）、月形町が38回（2.9%）、札幌市が11回（0.8%）であった。

施設・居宅の訪問回数については、当別町が増加し、厚田村はほぼ横ばいであった。当別町のは増加は今まで単発的であった医科病院の往診が、定期的になったことが挙げられる。またそれに伴い、歯

科医師2人の体制とし、人数の増加に繋がった。

2. 地域住民への啓発活動

地域住民に対して、疫学調査を含む研究結果をもとに口腔・顎・顔面領域の機能を概説し、顎口腔系機能の全身の健康維持に果たす役割の重要性を啓発するための活動として、講演会への講師派遣は2回であった。

3. 歯の健康プラザ

当別町によって立案された健康推進計画の推進に対して、本学は、「当別町二万人歯の健康プロジェクト」を立ち上げ、町民の口腔の健康の維持・増進に関する種々の啓発活動を行っている。その一環として、平成16年8月にJR当別駅前に「歯の健康プラザ」を開設した。

本年度は、医療施設としての「歯の健康プラザ」の機能を果たす他に、「食育」に関わるイベントを企画し、町民との交流を深めた。これには本学学生も参加し、学生のコミュニケーション学習にも寄与する機能を発揮した。

今後も、「地域支援医療科」としては、「治療」の観点からの訪問歯科診療と、「予防」の観点からの啓発活動に対して、さらなる積極的な取り組みが必要であると考えている。

マウスの大および小唾液腺の筋上皮細胞のグリア細胞株由来神経栄養因子

○恒川寛明, 鈴木裕子, 小原伸子, 武田正子

北海道医療大学歯学部口腔解剖学第二講座

【目的】 グリア細胞株由来神経栄養因子、GDNF (glial cell line-derived neurotrophic factor) は、中枢および末梢神経系のニューロンの発達、生存、維持を促進する働きを持っている。正常マウスの大唾液腺および小唾液腺の筋上皮細胞がこのGDNFを発現するかどうかを検索した。

【方法】 RT-PCR解析法と、光学顕微鏡、および電子顕微鏡による免疫組織化学的方法を用いた。

【結果】 RT-PCR解析により、顎下腺にはGDNF mRNAとGFR α 1 mRNAが存在することが証明された。免疫電顕法により、高電子密度を呈するGDNF免疫陽性細胞が、終末部分泌細胞と基底膜の間に位置していた。二重免疫蛍光染色法を行った切片の共焦点レーザー

一走査顕微鏡観察により、終末部周囲のほとんどの抗GDNF免疫陽性細胞と抗アクチン陽性細胞が重なることがわかった。抗GDNFと抗PGP9.5による二重免疫蛍光法により、漿液腺の耳下腺、顎下腺、舌エブネル腺には、多数のPGP9.5陽性の神経線維が分布していたが、GDNF免疫陽性細胞の発達の程度はあまり良くなかった。一方、粘液腺の舌下腺と舌粘液腺では、神経線維の分布は乏しいが、GDNF免疫陽性細胞は非常に良く発達していた。

【結論】 マウスの大唾液腺、および小唾液腺の筋上皮細胞はGDNFを発現することがわかった。GDNFの機能として、唾液腺の分泌細胞、さらに所属神経節のニューロンに対する栄養作用が推測される。

Implantを用いて7の水平埋伏を治療した症例

○田中 信久*, 武藤 壽孝**, 溝口 到*

北海道医療大学歯学部矯正歯科学講座*

北海道医療大学歯学部口腔外科学第1講座**

【目的】 临床上、下顎第二大臼歯の近心傾斜や埋伏等の位置異常を認めることがある。大白歯部の位置異常により咬合咀嚼機能障害を

口腔衛生の悪化などが問題となる場合がある。一般的に大白歯部の整復方法には、切開や牽引、移植、および再植などが挙げられるが、矯正学的に整復する際には固定源不足による隣在歯の傾斜、圧下、挺出等の反作用を十分考慮する必要がある。一般的にはloop-mechanics, upright spring, partial bracket system等が用いられているが、最後方白歯の埋伏では牽引に必要な固定源の設定が困難であり、矯正装置の複雑化や、隣在歯への反作用や固定力の不足のために抜歯が適応されることが少なくない。近年、implantを不動固定源として用いた矯正歯科治療が行われるようになり、固定源の設定を比較的自由に行えるようになった。今回、完全水平埋伏した下顎左側第二大臼歯に対し、implantを用いて整復を試みた。

【症例】初診時年齢20歳1か月の女性。7の水平埋伏と上下顎正中線の不一致による審美障害を主訴として当科を受診した。既往歴、家族歴に特記事項は認められない。口腔内所見として、上下顎正中

線のずれは2.0mm、大白歯の咬合関係は右側Angle Class I、左側Angle Class IIと左右非対称であり、anterior tooth size ratioに不調和が認められた。口腔内エックス線写真所見より7の水平埋伏が認められた。側面頭部エックス線写真所見より、skeletal Class I, short faceであった。

【結果および考察】完全水平埋伏した7を整復するために、下顎枝部に埋入したscrew implantとmulti bracket applianceを使用することにより良好な結果が得られた。

質問対策

- 1) 今回の治療と従来の治療法を比較して、治療期間の相違について
- 2) 埋伏は遺伝するのか？

精神的不安定により不登校となった児童における歯科治療経過の一例

○関口五郎

東京都立心身障害者口腔保健センター

【目的】近年さまざまな理由によって、学校への不登校となる児童が増加していることが報告されている。今回精神的不安定により不登校となり、またう蝕が多発した児童における歯科治療経過の一例について報告する。

【症例】10歳男児。2年前に路上で突然の息苦しさを訴えて医科を受診するも、明確な原因が判明しなかった。また同時期より小学校へは不登校となり、現在フリースクールに通っている。そしてそれまで受診していた地域歯科医院への通院も本人が拒否するようになり、う蝕治療が中断していた。しかしその後う蝕が非常に進行したことから、母親より相談を受けた地域保健所の紹介で当センターを受診した。

【経過及び考察】本人の理解力に問題はなかったが、治療に対する不安、緊張が強く、口腔内はう蝕が多発していたことから全身麻酔法での集中歯科治療を検討した。しかし保護者は全身麻酔施行に対

して慎重な意向であった。そこで本人に治療内容を十分に説明しながら治療を試みたものの、通常下の治療には限界があり、再度保護者への説明を行い、承諾を得て全身麻酔法での治療を実施した。結果として複数回の全身麻酔施行が必要であったなど、治療期間が長期にわたることとなった。現在も治療継続中であるが、歯科治療にも慣れ、通常下での治療がほぼ可能となったほか、歯科衛生士によるPMTCなどの予防処置を継続している。

【結論】本症例ではう蝕が多発した口腔内状況を踏まえ、患児や保護者への対応の仕方や診療方針について、十分な検討と相互の理解をもってすすめる必要があるものと思われた。なお患児が通うフリースクールでは、歯科治療などの医療的な対応については各個人や家庭の判断に任されており、今後スクール担当者とも連絡を密にして対応してゆく予定である。

顎関節症におけるサイトカイン遺伝子多型に関する多施設共同研究

○金澤 香, 柴田 考典

北海道医療大学歯学部口腔外科学第1講座

【背景】顎関節における変型性関節症の発症および増悪因子については未だ不明であり、膝あるいは股関節の変型性関節症の発症あるいは増悪に関与しているinterleukin (IL) -1, IL-1 receptor antagonistの遺伝子多型を、顎関節における変型性関節症の候補遺伝子多型とした多施設共同比較試験を計画した。

【目的】顎関節症患者における炎症性サイトカイン遺伝子多型〔IL-1A-889C/T, IL-1B+3954C/T, IL-1B+5810G/A, IL-1RN variable number of tandem repeat (VNTR)〕の発現頻度を解析し、関節症状の増悪・促進因子としての遺伝子多型の関連性について検討する。

【方法】同意の得られた顎関節部痛が6か月以上持続する顎関節症患者23名を患者群、臨床的顎関節無症状者152名を対照群とした。Swab法を用いて採取した口腔粘膜細胞からDNAを抽出し、PCR-

RFLP法にてIL-1A-889C/T, IL-1B+3954C/T, IL-1B+5810G/A, PCR法でIL-1RN VNTRの多型判別を行い、それぞれの多型の頻度を求め、 $P < 0.05$ をもって有意性の判定を行った。なお、検体採取には高木律男（新潟大学医歯学総合病院顎顔面口腔外科）、覚道健治（大阪歯科大学附属病院口腔外科）、米津博文（東京歯科大学千葉病院口腔外科）、木野孔司（東京医科歯科大学歯学部附属病院維持系診療科顎関節治療部）、濱本宜典（山形大学医学部附属病院歯科口腔外科）のご協力を頂いた。

【結果及び考察】対照群ではIL-1A-889のT allele, IL-1B+3954のT allele, IL-1B+5810のA allele, IL-1RN VNTRの2 alleleの頻度はそれぞれ0.095, 0.033, 0.572, 0.066であり、Loughlinら、Sternらの白人健常人群と比べて、IL-1B+5810のA allele頻度は有意に高くIL-1A-889のT allele, IL-1B+3954のT allele, IL-1

RN VNTRの2 alleleの頻度は有意に低かった。なお、対照群における性差は認められなかった。また、患者群の検体が未だ十分でないことから、今回は統計的判定を行わなかった。今後さらに、患者群

の検体を増やした上で検討を行いたいと考える。

【結論】4つの遺伝子多型の頻度には人種差があることが判明した。

上顎大白歯部にインプラントを単独植立し脱落した症例

○南 誠二, 細川洋一郎, *越智守生, 田中力延, 佐野友昭, 大西 隆, 篠崎広治, 金子昌幸
北海道医療大学歯学部歯科放射線学講座,
*北海道医療大学歯学部歯科補綴学第2講座

【目的】上顎大白歯部にインプラントを用いる際、歯槽骨頂から洞壁までの距離が10mm以下のケースでは、一般には、上顎洞底挙上術を行うか、ショートインプラントを用いるかの選択になる。今回、単独で用いたショートインプラントが、比較的早期に脱落した2例を経験したので報告する。

【症例1】61歳男性。上顎左6欠損であったが左下7が欠損のため左上6部のみに直径4.8mm長さ8mmのインプラントを単独植立。5ヵ月後に上部構造を仮着したが、直後に動揺をきたし撤去。即時に直径4.1mm長さ8mm, 直径4.8mm長さ8mmの2本を植立。

【症例2】63歳男性。上顎右6欠損であったが上顎洞壁までの距離が6mmしかないため直径4.8mm長さ6mmのインプラントを単独植立。5ヵ月後に上部構造を仮着したが、その4ヵ月後に動揺をきたし撤去再埋入。今度は直径3.3mm長さ8mmのインプラントを近心に

追加埋入した。

【結果及び考察】上部構造装着より症例1は約2年、症例2は約1年半経過するが、臨床的にも、画像診断的にも異常は見られない。症例1では、当初より歯槽骨が吸収していたため、歯冠長が大きくなり、単独で咬合力に耐えられなかったと思われる。症例2では、欠損部の距離に対して、インプラントの直径がその半分以下であり、それと比較して歯冠径のほうが大きいため、単独では支えきれなくなったと思われる。

【結論】2症例共にインプラントの植立本数を2本に変更することにより安定したが、手術回数が増え治療期間も延長した。治療計画の時点で、力学的な配慮をすべきであったと考えられる。今後は、ショートインプラントの単独植立は回避し、より成功率を向上したいと考えている。

Esthetic Resin Coating of Metal Clasp for Removable Partial Dentures

○Takashi Todo, Mariko Hotta, Takashi Kado, Mayumi Takakura, Naoho Tanizume, Masatomo Watanabe, Yusuke Ida
Health Sciences University of Hokkaido, School of Dentistry

【Introduction】Metallic materials have long been used in dentistry because of their excellent mechanical properties such as a high fracture toughness and excellent elastic characteristics compared with those of ceramics, polymers and composites. However, the esthetic qualities of metallic materials in matching the adjacent tooth structure in translucence and color are inadequate. In the present study, we attempted to make a resin-coated cast clasp with both sufficient functioning and adequate esthetic qualities using a novel mechanical retention method for resin and gold alloy bonding by creating a microporous structure on the alloy surface.

【Materials and Methods】A 14K gold alloy containing 59%(in mass %)Au, 3% Pd, 14% Ag, and 24% Cu was used. Clasps and plate specimens were cast by the conventional dental casting technique. Microporous structures were created on the alloy surface by hightemperature oxidation at 800°C and subsequent pickling. One coat of a dental flowable resin containing 1% benzoic peroxide was applied on the microporous surface with ultrasonic vibration. After the resin paste had impregnated into micropores, a prosthetic hard resin was placed on the alloy surface and was subsequently cured by irradiation of visible light, followed by

heating at 70°C for 30 min. The resin-coated plate specimens were mounted with the use of hard resin. The section perpendicular to the metal/resin interface was mechanically polished and was observed by a scanning electron microscope. The resin-coated clasps were subjected to 15,000 thermal cycles from 60°C water to 0°C water for 60 sec each and were subsequently subjected to 100 cycles of attachment and removal test using a model die.

【Results and Discussion】Secondary electron image of the cross-section of the resin-bonded specimen showed that numerous micropores of 1-5µm in diameter and 25µm in depth were formed on the alloy surface and each micro-pore was filled with the applied flowable resin. There was no gap between the alloy and resin, suggesting that good mechanical resin/metal bonding had been achieved. The coated resin was not detached even with 15,000 thermal cycles and subsequent 100 cycles of attachment and removal of the clasp using a model die.

【Conclusion】The results of the present study suggest that a clasp with both sufficient functioning and adequate esthetic qualities can be made using a novel mechanical retention method for resin and gold alloy bonding by creating a microporous structure on the alloy surface.

抜歯後感染により咽頭気道の狭窄をみとめた重症糖尿病患者の一例

○内田暢彦, 永易裕樹, 川上譲治, 北所弘行, 有末 眞*, 柴田考典**, 辻 昌宏
北海道医療大学個性医療科学センター, 北海道医療大学歯学部口腔外科学第2講座*,
北海道医療大学歯学部口腔外科学第1講座**

【目的】 優れた抗菌薬が各種開発された現在, 歯科口腔外科領域における感染症が重篤な経過をたどることが少なくなった。しかし, 重症糖尿病患者のように感染防御機能が低下している場合, 時として感染症が重篤化することがある。今回われわれは, 重症糖尿病患者が抜歯後感染をきたし, 感染巣の進展によって広範囲膿瘍を形成し, 咽頭気道の狭窄をきたした1例を経験したので報告する。

【症例】 患者: 54才の男性。初診: 平成17年7月8日。主訴: 口腔内の腫脹と抜歯窩からの排膿。既往歴: 約20年前に糖尿病を指摘されたが, その後自己判断で治療を中断していた。現病歴: 平成17年6月下旬に近医歯科にてP3にて左側上顎456の抜去を受けた。その後, 経過に異常を認めなかったが, 約1週間後に突然, 抜歯窩よりの排膿を生じ抗菌薬を投与された。しかし排膿が減少しないため, 紹介歯科医を経由し, 7月8日当科受診に至った。現症: BT 37.3℃, WBC 10.9×10⁴, CRP 8.67 mg/dl, HbA1c 11.5%。顔面所見では著明な発赤, 腫脹および圧痛を認めず, 口腔

内所見では, 抜歯窩周囲に発赤, 腫脹および, 同部よりの排膿を認めた。また, 左側口峽咽頭部の腫脹が著明で, 口蓋垂が著しく右側に偏位し, 嚥下時咽頭痛および開口障害を認めた。

【診断】 基礎疾患に重症糖尿病を有する重度菌性感染症。口峽咽頭炎, 咽頭気道の狭窄, 縦隔洞炎疑い。

【経過】 初診日, ロセフィン1g点滴静注し入院を勧めたが, 同意が得られなかったため, フロモックス300mg/dayを2日分持参し帰宅した。自覚症状の増悪により7月12日入院に至った。入院後, 直ちに切開排膿処置を実施し, 再度ロセフィン点滴静注2g/dayを再開し, 7日間継続した。X線CT検査にて左側上顎骨骨炎に伴う腐骨を認め, 7月22日腐骨搔爬・除去術を行った。7月30日に軽快退院となった。

現在, 菌性感染症は消退しており, 基礎疾患である糖尿病については, 当院内科の糖尿病専門医が治療中である。

本講座におけるマルチメディア教材を用いた臨床基礎実習の取り組み

○尾立達治, 伊藤修一, 安田善之, 永井康彦, 畑良明, 斎藤隆史
北海道医療大学歯学部歯科保存学第二講座

【目的】 これまで本講座では, 保存修復学実習において効率的, 効果的な教育システムを構築することを目的として種々検討を重ねてきた。マルチメディア教材に関しては平成9年度から検討を開始し, 11年度にはオンデマンド方式の自学習支援マルチメディア示説教材と三次元計測を応用した客観的窩洞評価システムとを組合せた実習システムを一部導入し, 13年度から本システムを本格運用している。さらに16年度からは, マルチメディア示説教材と対応するように実習書に写真・画像を多く挿入し, 学生が実習内容をより理解しやすいように実習書を改訂してきた。ここでは, 本講座におけるマルチメディア教材を用いた臨床基礎実習の取り組みを紹介する。また教材に対するアンケートを学生対象に実施したところ, いくつかの知見を得たので報告する。

【対象と方法】 平成17年度歯学部3年次学生に対してマルチメディア示説教材に関するアンケート調査を実施し, 平成13年度のマルチメディア示説教材導入時の調査と比較検討した。

【結果及び考察】 調査の結果から, パーソナルコンピューターの操作経験に関しては, 「操作したことがある」「日常的に活用している」をあわせて95%の学生が操作経験ありと回答した。このうち日常的に活用していると回答した学生は43%で, 平成13年度の15%より顕著に増加していた。またコンピューターの保有率が平成13年度の72%から86%と増加していた。従来の実習との比較に関しては, 「こちらのほうが良い」88%, 「どちらでも良い」6.8%で, 平成13年度調査における結果より「こちらのほうが良い」と回答した学生が多かった。以上のことから, 現在の学生はマルチメディアに精通していることが明らかになった。来年度からはオンデマンドマルチメディア教育対応の臨床基礎実習室が利用できるようになるが, 現在の学生は新実習室におけるマルチメディア教育システムにも順応が早いと推測された。今後は, 新実習室に対応した新しいマルチメディア教材の開発を行う予定である。

歯学部3年生および5年生に対するレーザー照射実習の教育的効果

○安田善之, 伊藤修一, 尾立達治, 永井康彦, 斎藤隆史
北海道医療大学歯学部歯科保存学第二講座

【目的】 近年, レーザーがその適応の広さ(う蝕除去, 軟組織切開, 根管内殺菌, 歯石除去など)から日常臨床で使用される頻度が高まっている。そこで, 実習教育において歯学部学生にレーザーに

直接触れる機会を与えることはどのような教育的効果があるのか, また, 今後実習に取り入れる必要があるならば, どの学年に行うのが最も効果があるのかを検討した。

【方法】本研究は、本学平成17年度歯学部3年生21名、5年生20名を対象にして行った。炭酸ガスレーザー（Takara, Bel Luxar LX-20SP）とEr:YAGレーザー（モリタ, Erwin Adverl）を使用し、被照射体としてとりささみと硬石膏に植立したヒト抜去歯を用いた。実習の流れは、初めにレーザーの原理や特徴について説明してから、実際に機器を使用しながら教員によるデモを行った。その後、学生にレーザー照射を体験させ、最後に無記名によるアンケート調査を実施し、結果を分析検討した。

【結果】実習前のレーザーに対する興味は3年生に比べて5年生の方が高かった。レーザーに対する実習前の印象は、3年生が「難しそう」「痛そう」という意見が多かったのに対して、5年生が「疼痛

予防、口内炎、歯槽膿漏に対して用いられる」など対象疾患について具体的な意見が多かった。両学年とも実習の満足度は高く、全ての学生が実習前に比べてレーザーに対する理解度が高まり、また本実習が学生に対して意義があると答えた。

【結論】実際にレーザーに触れて操作することで、講義だけでは十分に分からなかったレーザーの原理や特性について、いずれの学年の学生も理解度が増した。特に5年生に対しては、さまざまな疑問を持って積極的に実習に臨んでいる態度が伺えた。アンケートの結果からもレーザー照射実習は、歯科医師としての自覚を向上させ、高い教育的効果が得られることが分かり、実習教育における本実習の導入の必要性が認められた。

グレートテーパーガッタパーチャの根管封鎖性

○立松祐哉, 畑 良明, 甕 富美子, 永井康彦, 斎藤隆史
北海道医療大学歯学部歯科保存学第二講座

【目的】最近、Ni-Ti合金が根管拡大用ファイルとして使用され根管治療にかかる時間が短縮される傾向にある。しかし、最終根管形態のテーパーが.04～.10となるように根管形成されているにもかかわらず、根管充填では、ステンレススチールファイルで拡大した根管と同様にテーパー.02のガッタパーチャポイントを使用することが多い。そこで、最終根管形態のテーパーに合致したガッタパーチャポイントを用いて根管充填を行い、その操作性、根尖封鎖性について比較検討した。

【材料および方法】ヒト下顎前歯60本を被検歯としてNi-Tiファイル:K3（SybronEndo）を用い、アピカルシート#40、テーパー.06に規定して根管拡大・形成を行った。06グレートテーパーガッタパーチャ（Analytic Endodontics）または.02テーパーガッタパーチャ（Pierce）とシーラボックス（SybronEndo）を用いて以下の方法にて根管充填を行った。

- ①.06グレートテーパーガッタパーチャとアクセサリーポイントによる側方加圧法
- ②.06グレートテーパーガッタパーチャとオブチュレーションガッ

とNTコンデンサーによるハイブリッド法

③.02ガッタパーチャとアクセサリーポイントによる側方加圧法

根管充填を施した歯を墨汁中に浸漬した後、通法に従って透明標本を作成し、根尖孔からの墨汁浸漬距離について3群を比較した。

【結果】①根管充填に要した時間は、.06グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法:120.9秒、ハイブリッド法:115.0秒、.02ガッタパーチャによる側方加圧法:129.1秒であった。②墨汁浸透距離は、.06グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法:0.18mm、ハイブリッド法0.04mm、.02ガッタパーチャによる側方加圧法:0.36mmであった。二項検定の結果、ハイブリッド法、.06グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法、通常の.02テーパーガッタパーチャによる側方加圧法の順で封鎖能が高いことが明らかになった。

【結論】最終根管形態のテーパーに合致したグレートテーパーガッタパーチャを用いる根管充填法は、従来の.02テーパーのガッタパーチャによる根管充填法と比較して、操作時間が若干短縮し、封鎖性も従来と同等かそれ以上の封鎖性を示すことが判明した。

生体内吸収性ポリ乳酸（PLLA）プレート破損症例の臨床的検討

○吉本良太, 奥村一彦*, 辻 祥之*, 有末 眞, 柴田孝典*
北海道医療大学歯学部口腔外科学第2講座* 同 第1講座

【目的】顎骨骨片固定に用いたPLLAプレートの破損症例を検証し、臨床使用上の問題点とその適応について考察すること。

【症例】当科にて、PLLAプレートによる顎骨骨片固定を行い早期に膿瘍形成、破損を生じプレート除去を行った2例について、臨床経過の検討とともに、除去したプレート、スクリューを実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡（SEM）により観察した。

【経過および考察】症例1は、21歳男性の下顎骨骨折症例で、術後8週で左側下顎角部相当で限局性の皮下膿瘍をきたし切開排膿処置を行った。その後同部は癒着したが、9か月経過し同部の違和感を患者が訴えたため、口腔内よりプレート、スクリューとともに周囲癒着組織の除去を行った。症例2は、54歳女性の上顎前突症例で、術後口腔内の切開創が閉鎖し創部の洗浄を継続したが、術後10週でプレート周囲に粘膜下膿瘍が形成され、洗浄に続けてプレート、ス

クリューの除去と周囲不良肉芽組織の搔爬を行った。いずれも除去したプレート、スクリューの破損を認めた。実体顕微鏡では、プレートの完全な破断と表面の裂開を認め、SEMでは破断面の捻り、ねじ穴周囲の微小裂開がみられ、スクリューにはねじ山の破壊とロット部に捻りを生じて表面に裂開が認められた。以上より固定時の過大入力により材料に変形・微小裂開を来し、その後の顎運動の応力ひずみにより、破損を来した可能性が示唆された。

【結論】チタンと比較し、PLLAは素材として脆弱であることから、適用部位の表面性状に合わせて形態修正を行った後、スクリューへの過剰なトルクを回避して、プレートに対し垂直にスクリュー固定を行うことが肝要であることが示された。また、顎間固定の延長も考慮すべきであると思われた。

APT人工歯根の臨床試験

○廣瀬由紀人*, 越智守生*, 松原秀樹*, 木村和代*, 國安宏哉*, 八島明弘*.****,
平 博彦**, 村田 勝**, 北所弘行***, 草野 薫****, 青木秀希*****, 千葉智子***
*北海道医療大学歯学部歯科補綴学第2講座, **同口腔外科学第2講座, ***个体差医療科学センター,
****同口腔外科学第1講座, *****名古屋大学大学院医学研究科頭頸部・感覚器外科学講座, *****国際アパタイト研究所

【目的】北海道医療大学歯学部附属病院の歯科インプラント専門外来では2004年11月からAPT人工歯根の臨床試験を行っている。APT人工歯根は純チタン製1回法ワンピースタイプで歯根部にスクリューがついた形状である。本インプラントの特徴は、歯根部表面の超薄膜HAコーティング層(1~2μm)である。今回の臨床試験は本人工歯根の早期機能的植立について、その有効性と安全性を検討するものである。

【方法】対象は2004年12月から2005年6月までのAPT人工歯根の臨床試験参加に同意し、かつ本試験のスクリーニングで除外されなかった30症例とした。経過観察は人工歯根埋入手術日から1年までの期間内にデンタルエックス線検査、ペリオテストによる動揺度検査などで評価している。上部構造の装着は原則として、人工歯根埋入

日から下顎で2ヵ月、上顎で4ヵ月に設定した。

【結果および考察】

1. 臨床試験参加者は女性17人、男性11人、年齢は50代が最も多かった。人工歯根を植立した総数は48本であった。
2. 有害事象発生により臨床試験を中止した症例は0件であった。しかし、除外基準(妊娠)により中止した症例は1件であった。
3. 上部構造装着の遅延が発生した症例は1件であった。
4. 2005年12月28日現在、手術後1年経過の1件、9ヵ月経過の18件、6ヵ月経過の10件のすべてが良好に推移している。

【結論】APT人工歯根の臨床試験成績からは、骨への適合性と安全性について現在まで良好な経過を得ている。

歯根膜組織再生能に関する基礎的研究

○洪井 徹, 廣瀬由紀人, 越智守生, 井上寛一*, 入江一元**, 矢嶋俊彦**
北海道医療大学歯学部歯科補綴学第二講座
*滋賀医科大学微生物学講座
**北海道医療大学歯学部口腔解剖学第一講座

【目的】歯周組織の再生により口腔インプラント治療の応用範囲は広がるだろう。本研究は、エナメルタンパクが抜歯窩の歯根膜に及ぼす影響を検討するためエナメルタンパクを塗布したハイドロキシアパタイト(以下HA)を抜歯窩に埋入し、歯根膜、歯槽骨を中心とした抜歯窩における歯周組織の変化を組織学的に観察した。

方法:実験動物に4週齢Wister系雄性ラットを用いた。全身麻酔下にて上顎第一臼歯を抜歯し、粒径425-500μmのHA顆粒にEMD(Emdogain®:BIORA)を塗布(実験群)あるいは塗布しない状態(対照群)で抜歯窩に埋入。術後5日、14日に全身麻酔下にて屠殺し、組織学的に観察するとともにHA周囲の骨接触率を計測した。
結果及び結論:術後5日では抜歯窩は幼弱な結合組織や断裂した歯根膜が散見された。術後14日では両群とも抜歯窩は歯槽頂付近まで

骨で満たされていたが根尖相当部では一部残存する歯根膜が観察された。14日後のHA周囲に接触する骨組織と軟組織を計測比較したところ両群ともHA周囲はほとんどが骨組織で覆われていたが、骨の接触率に有意な差は認められなかった。根尖相当部に位置するHA周囲では一部残存する歯根膜との接触があり、実験群ではHA表面に接触する軟組織の一部では薄い基質とそれに対し垂直に接する線維が確認された。

【結論】以上の結果より、エナメルタンパクはオッセオインテグレーションを促進することはないが、環境や条件によってはHA表面に、セメント質様構造を含め歯周組織の再生を促す可能性があると思われる。

ヒト単球由来THP-1細胞分化誘導におけるβディフェンシンの発現変化

○山崎真美*, 西村学子*, 中村寿実子*, 倉重圭史*, 竹嶋麻衣子*, 荒川俊哉**, 田隈泰信**, 賀来 亨*, 中島啓介***, 安彦善裕*.****
*北海道医療大学歯学部口腔病理学講座
**北海道医療大学歯学部口腔生化学講座
***北海道医療大学歯学部歯科保存学第一講座
****北海道医療大学个体差医療科学センター

【目的】βディフェンシン(hBDs)は、主に上皮細胞に発現する抗菌性タンパクであるが、最近になりマクロファージやその由来細

胞でも発現が報告されているが、その詳細は不明である。本研究では、ヒト単球由来細胞の分化誘導時におけるhBD-1, -2, -3, -4 mRNA発現変化と転写因子について検索した。

【方法】細胞はヒト単球由来THP-1細胞を用いた。細胞の分化誘導は、10%FBS含有RPMI1640培地に0.2mM phorbol 12-myristate 13-acetate (PMA) を添加した。分化誘導細胞は、CD68抗体により免疫染色で確認した。また、RT-PCRおよびTaqMan PCRにより、hBD-1, -2, -3, -4 と分化マーカーであるSRA-1の発

現変化について検索した。また、その発現上昇に関与したと考えられる転写因子NF-kBを変異させた遺伝子コンストラクトを作製し、ルシフェラーゼレポーターアッセイにより転写活性を測定した。

【結果および考察】分化マーカーSRA-1の発現上昇時には、hBD-1の発現が低下し、hBD-2 mRNAの有意な上昇を認めた。この時NF-kBの関与していることが明らかとなった。

【結論】以上のことから、hBD-2の発現はマクロファージの分化誘導に関与していることが示唆された。

p16のメチル化が悪性転化に関与したと考えられるameloblastic carcinoma (secondary type) の一例

○竹嶋麻衣子*, 安彦善裕*^{***}, 西村学子*, 山崎真美*, 倉重圭史*, 中村寿実子*, 草野 薫^{****}, 永易裕樹^{****}, 北所弘行^{****}, 千葉逸朗^{****}, 賀来 亨*
*北海道医療大学歯学部口腔病理学講座
**个体差医療科学センター歯学部門口腔外科学系
***个体差医療科学センター歯学部門口腔内科学系
****北海道医療大学歯学部口腔衛生学講座
*****北海道医療大学歯学部口腔外科学講座

【目的】Ameloblastic carcinoma は、顎骨内に発生する比較的にまれな歯原性腫瘍で、組織学的には全体的に悪性像を呈している primary type と明らかに良性像を呈しているものに悪性像が混在したsecondary typeがある。Secondary typeでは良性のエナメル上皮腫の一部が悪性転化したものと考えられているがその発生機序は不明である。今回、われわれは、Ameloblastic carcinoma- secondary typeの1例を経験したので、その概要を報告すると共に、悪性化の機序について検討を行い、p16のCpG islandの高メチル化が悪性化に関与していることが示唆されたので報告する。

【症例および方法】症例は74歳男性、悪性エナメル上皮腫と診断さ

れた症例を用いた。p53ex 5-8をシークエンスによる、mutationの有無の検索を行ったのち、通常に従いパラフィン切片を作製、DNAを抽出した。p15, p16, E-cadherinのメチル化の検索にはCpG WIZTM amplification kits (Serologicals Corp, CA) を用いた。

【結果および考察】メチル化検査の結果、エナメル上皮腫の良、悪性部いずれもp53のmutationは認められなかった。また、悪性部のDNAから、p16のCpG islandのメチル化したバンドが認められたが、良性部ではメチル化バンドは認められなかった。

【結論】以上のことから、p16のCpG islandのメチル化は、エナメル上皮腫の悪性転化に関与していると考えられた。

北海道医療大学歯の健康プラザ事業実績報告

^{1,2}千葉逸朗, ²越野 寿, ³吉野夕香, ²歯の健康プラザワーキンググループ

¹北海道医療大学歯学部口腔衛生学講座, ²歯科内科クリニック地域支援医療科, ³北海道医療大学病院医療相談・地域連携室

【設置目的】本学が立地する当別町では、健康増進法の施行に伴い独自の健康推進計画を立案した。その中の「歯の健康」部門を本学がサポートする意味で、「当別町2万人歯の健康プロジェクト」をスタートさせた。その一環として平成16年8月に開設された歯の健康プラザは、病院での「患者待ち」の体制を打破し、地域住民への健康支援の場として、歯科健診（歯科検診と口腔保健教育）を行うことにより、セルフケア能力を高めることを目的としている。一方、医療系総合大学としての本学は、よりレベルの高い医療人の育成を目指しており、中でもコミュニケーション能力を始めとする感情指数（EQ）の育成が急務であった。そこで、歯の健康プラザを学生教育の場とし、キャンパスストレス教育の実践を試みている。

【実績】住民との交流、口腔保健教育、さらには学生教育の一環として、食あるいは健康をテーマにした各種のイベント（模擬患者養成講座、チーズ教室、蕎麦打ち教室、ハーブティー教室、救急救命講習会、マタニティー教室、1日歯医者さん、保育所実習、ストラックアウト大会、24時間チャリティーへの参加）を開催している。特に模擬患者は約20名を養成しており、すでに学生の医療面接の授業、あるいは客観的臨床能力試験（OSCE）において活躍してい

る。また保育所実習では小児歯科の実習として当別町の全保育園児を対象に口腔保健教育を行った。歯の健康プラザでの歯科健診は開設以来約60名とわずかであるが、スタッフによる住民の歯科健診は年間約1500名に及ぶ。このような取組が平成16年度文部科学省の現代的教育ニーズ取組支援プログラム「地域支援と融合・連携した学生教育」に採択された。

【問題点と将来構想】口腔保健に関する住民の意識、行動の変容は未だ十分とは言えず、地道な教育活動とニーズの醸成が必要である。イベントへの反応は概ね良好であるため、このような活動を口腔保健教育とつなげるべきである。また、歯の健康プラザの住民への認知、顔の見える体制の確立が必須である。当別町住民全員の健診を目指すシステムを確立することにより、対外的にアピールできる口腔保健状況（いわゆる8020）の達成が期待できる。また、本年4月より研修医を受け入れるため、そのための教育体制整備も必要である。

チェックバフ®を用いた唾液緩衝能検査値と他の唾液成分との関係

○福田敦史, 広瀬弥奈, 八幡祥子, 松本大輔, 五十嵐清治
北海道医療大学歯学部小児歯科学講座

【目的】我々は唾液および歯垢の緩衝能について調べている。これまでにチェックバフ®を用いて唾液分泌量, pH, 緩衝能を測定したところ, 安静時, 刺激時唾液ともにpHが高い程, 緩衝能も高いことを明らかにした。今回は, 唾液緩衝能テストにおける測定値と唾液成分との関係を明らかにするために, 唾液中の陰イオン (PO_4^{3-} , Cl^- , F^- , SO_4^{2-}) を測定し, 個人内変動を調査した。また, これらの相互関係を明らかにするために相関関係を調べた。

【方法】実験に先立ち, 本研究への理解と同意の得られた成人被験者19名に対し, 安静時唾液と刺激時唾液を午後2時から4時の間に, 日を変えて3回採取した。採取した唾液は処理したのち, 高速液体クロマトグラフィーを用いて, 測定した。19名の安静時および刺激時唾液の陰イオンの個人内変動は, 3回の平均値とSDから変動係数 (CV) を算出し, 検討した。各要因における安静時, 刺激時唾液との比較は, Wilcoxon符号付順位検定にて行った。各要因間

の相関関係については, 3回の平均値を用いてSpearman順位相関係数検定にて行った。

【結果および考察】陰イオンにおける個人内変動は, 安静時, 刺激時唾液ともに PO_4^{3-} , Cl^- においては比較的再現性が認められたが, F^- , SO_4^{2-} については変動係数が大きかったことから, 今回の F^- , SO_4^{2-} の値は再現性に欠けるものと考えられる。

安静時と刺激時唾液中の PO_4^{3-} との間, および安静時と刺激時唾液中の Cl^- の間には有意な相関が認められた。したがって, 安静時唾液中の PO_4^{3-} , Cl^- が高い程, 刺激時唾液中の PO_4^{3-} , Cl^- は高いと考えられる。なお, 唾液緩衝能と陰イオンとの間にはいずれも相関は認められなかった。

【結論】今回の結果においては, 唾液緩衝能と唾液中の陰イオンとの間に有意な相関は認められなかった。今後は, 他の成分との関係についても調査していく予定である。

歯石中の結晶のXRDおよびEPMAによる分析

○川島 功, 大野弘機, 遠藤一彦, 山根由朗, 飯沼英人*, 金子昌幸*, 小野正利**
歯科理工学講座, *歯科放射線学講座, **人間基礎科学講座

【緒言】歯石は歯の表面に付着する無機性の付着物であり, プラークの石灰化により生じるとされ, 間接的に歯周病の原因となるといわれている。これは一種の生体に形成された石灰化物であり, その形成機構を明らかにすることにより, 生体内での石灰化のメカニズムを解明する上で有用な知見をもたらす可能性がある。今回, 歯石の形成機構に論及することを目的として, EPMAおよびXRDにより, 歯石の表面および内部の結晶形態, さらに, 歯石と歯面の連続性について, 検索を行ったところ, 若干の知見を得たので報告する。

【実験方法】研究への同意と理解が得られた歯周病があると診断された外来患者4人 (男性:3人, 女性:1人) の, 下顎前歯部から採取された歯肉縁上歯石と52歳男性の抜去歯 (右側第一大臼歯) に付着した歯肉縁下歯石を研究試料とした。研究試料は蒸留水で洗浄後, アルコールで置換し, 臨界点乾燥を行った。さらに, Auまたはカーボン蒸着を施し, EPMA用の試料とした。Micro-XRD測定はRINT-2500, (Rigaku製) を使用し, 50および100ミクロンのコリメーターにより, 36kV, 200mAの条件で行なった。EPMA分析は,

X-650, (Hitachi 製) を使用し, 加速電圧を20kVとしてWDXとEDXの両方について行なった。

【結果および考察】歯石内部において, 短冊状, バラ状, サイコロ状の結晶様構造物が観察された。これらのパターンを単独に同定できなかったが, それらの複合体では, Micro-XRDによる分析結果から, 結晶様の領域はハイドロキシアパタイトであり, ウィットロカイトやブルシャイトのピークはみられなかった。回折ピークの形態から, 歯石の結晶性はエナメル質よりも低く, セメント質と同程度であることが明らかとなった。また, エナメル小柱鞘が優先的に溶解し, 溶出したCaイオンやリン酸イオンが再び結晶を形成したと考えられる領域も観察された。同一の環境と考えられる口腔内にあって, 局所的にごくわずかな化学的条件の違い (イオン種, pH, 濃度など) に応じて種々の結晶形態をとることがわかった。今後は, 口腔内での石灰化という現象を治療に生かすために, 歯石の形成過程について研究試料を増やし, より詳細に検討する予定である。

検死の方法・手技の修得—解剖体を用いて—

○大熊一豊^{1,4}, 伊禮努⁴, 川守田暢⁴, 石井義人², 矢嶋俊彦³, 斎藤隆史⁴
¹大熊歯科医院, ²東栄ファミリー歯科医院, ³口腔解剖学第一講座, ⁴歯科保存学第二講座

【目的】近年, 大規模災害や事故あるいは事件等が発生した際の検死において, 身元確認の手掛かりとなる歯科医師による歯科的所見採取の重要性が高まっている。したがって, 検死の依頼・要請に適

切に対応することが求められている。しかし, 検死業務は頻繁に行われることではないため, その方法・手技の修得はほとんどできていないのが現状である。そこで今回, 解剖体を用いて検死業務にお

ける口腔内所見採取の修得の試みを行ったので報告する。

【方法】 本学歯学部実習の解剖体を用いた。歯科検診用ミラー、探針、開口器および口腔内写真撮影用大型ミラーを用いて口腔内所見を採取し、デンタルチャートに記入した。なお、口腔内検査実施項目と法歯学用語は北海道警察歯科協力医会マニュアルに準じた。

【結果及び考察】 開口が困難な解剖体においても、歯の状態を上下顎左右第二小臼歯までの20歯までは確認することができた。口腔内所見として、健全歯、う蝕歯（カリエス、2次カリエス）、修復歯（セメント、コンポジットレジン、インレー、アンレー）、冠装着歯（レジン前装冠、メタルボンド）、ブリッジ装着歯、義歯（全部床、部分床）、欠損、その他（歯の挺出、歯石の付着など）を確認し、

デンタルチャートに記入した。また、固有の歯の特徴（捻転歯、融合歯、過剰歯、変色歯など）、歯列の特徴、歯周組織の状態、口腔清掃状態なども記載した。今回の試みでは、解剖体を解剖あるいは損傷すること無く多様性に富んだ口腔内所見の採取を多数経験でき、検死の方法・手技の修得に有効であることが認められた。

【結論】 口腔内所見による個人識別は、身元不明者の割り出しに非常に有効な手段であり、歯科医師に与えられた新たな役割である。依頼・要請があった際には躊躇せず適切に任務を果たせるような検死の知識・技能・態度は歯科医師として身につけている必要がある。その一としての解剖体を用いたこれらの修得は有効である。

北海道医療大学歯学会会則（2006年7月14日現在）

第1章 総 則

（名 称）

第1条 本会は北海道医療大学歯学会（The Dental Society of Health Sciences University of Hokkaido）と称する。

（目 的）

第2条 本会は北海道医療大学歯学部（以下本学部と略す）を中心に、会員相互の緊密な協力により、学術研究の推進・専門技術の錬磨を計り、歯学の進歩・発展に寄与するとともに、会員の親睦を図ることを目的とする。

第2章 会 員

（会 員）

第3条 本会は以下の会員よりなる。

1. 正会員

歯学の研究に従事し、本会の目的に賛同する者、本学部教職員・大学院生・研究生・臨床研究生・歯科臨床研修医・卒業生および本学部元教育関係者で理事会の承認を得た者。

2. 名誉会員

本会の設立または発展に、特に功労のあった者で、常任理事会が推挙し、理事会、評議員会の議を経た者。なお、名誉会員には名誉会員証を贈るほか会員の権利を保有し、年会費一切の費用を徴収しない。

3. 準会員

歯学教育・診療関係者で理事会の承認を得た者。

4. 学生会員

本学部専門課程の学生で理事会の承認を得た者。ただし、学生会員は卒業後正会員に移行するものとする。

5. 賛助会員

本会の目的および事業に賛同し、協力・支援する個人・団体等で、理事会の承認を得た者。

（入 会）

第4条 本会に入会を希望する者は、所定の申し込み書に必要事項を記入の上本会事務局に申し込むものとする。

（退 会）

第5条 会員で退会を希望する者は、速やかにその旨を本会事務局に通知すること。ただし、納入済み会費の返還はこれを行わない。

（会員資格喪失）

第6条 会員は以下の事由によりその資格を喪失する。

1. 2年以上会費の未納、所在不明または連絡のつかない者。

2. 本会の名誉に反する言動のあった者については、会長は理事会、評議員会の議を経て退会を勧告または除名することがある。

（再入会）

第7条 会費未納により会員資格を喪失した者が再入会を希望する場合は、2年分の未納会費を納入後入会手続きをとるものとする。

第3章 役員および運営

（役 員）

第8条 本会に以下の役員をおく。

会長1名、専務理事1名、常任理事 若干名、理事 若干名、監事2名、評議員 若干名、および常任委員若干名

1. 会長は本学部教授の中より、理事会が推薦し、評議員会の議を経てこれを決める。会長は本会を代表し、会務を統括する。

2. 専務理事は理事会の議を経て会長が委嘱する。専務理事は会務の運営処理を推進する。

3. 常務理事は理事の中より選出し、会長が委嘱する。常任理事は常任理事会を組織し、会務を分担し、執行する。分担する会務は、庶務、会計、編集、企画、その他とする。

4. 理事は本学部教授、ならびに3名以上の理事の推薦を受け理事会の承認を得た者とする。理事は、理事会を組織し、役員 の推薦など会務に関する重要事項を審議する。

5. 監事は理事会の議を経て会長がこれを委嘱する。監事は会計およびその他の会務を監査する。また必要に

応じ、理事会に出席する。

6. 評議員は本学部教授、助教授、専任講師で構成するほか、会長の推薦により理事会の承認を得た者とする。評議員は評議員会を組織し、会長の諮問に応じて必要事項を審議する。
7. 常任委員は理事会の議を経て、会長がこれを委嘱する。常任委員は常任理事を補佐し、会務の分掌処理にあたる。

(会議の成立条件)

第9条 理事会、評議員会は構成員の2分の1以上の出席（委任状を含む）をもって成立し、議事は出席者の過半数によりこれを決する。

(任期)

第10条 各役員の任期は2年を原則とする。ただし、再任を妨げない。

第4章 事業

第11条 本会は第2条の目的を達成するために以下の事業を行う。

1. 総会
総会は会長の召集により年1回学術大会を開催し、会務等について報告する。また、必要に応じ会長は臨時総会を開催することがある。
2. 学術大会
学術大会は年1回以上開催し、会員の研究発表、その他学術発展に関する行事を行う。
3. 学術講演会、研修会
4. 会誌
本会は機関誌“北海道医療大学歯学雑誌（The Dental Journal of Health Sciences University of Hokkaido）”を年2回発行し、会員に配布する。会誌は逐次増刊することが出来る。北海道医療大学歯学雑誌の投稿規定ならびに論文査読規定については別に定める。
5. その他
本会の目的達成に必要と認めた事業。

第5章 会計

(運営経費、会計)

第12条 本会の運営経費は会員の納入する会費、寄付金、その他の収入をもってこれにあてる。

2 各会員の会費は以下の通りとする。

イ 正会員	入会金	3,000円	年会費	5,000円
ロ 準会員、学生会員			年会費	3,000円
ハ 賛助会員	入会金	10,000円	年会費	30,000円

ただし新入会員（正会員、賛助会員）で、会費3年以上を前納した者に対しては入会金を免除する。なお事業の目的に応じ、臨時会費を徴収することがある。

3 本会の会計年度は1月1日より12月31日とする。

(会計報告)

第13条 本会の収支決算については、理事会、評議員会の承認を得て、総会において会員に報告しなければならない。

第6章 雑則

(事務局)

第14条 本会の事務局は本学部内におく。

(会則の改廃)

第15条 この会則に定めるもののほか、本会則の実施に必要な内規は理事会の議を経て別に定めるものとする。

第16条 本会則の改廃は理事会、評議員会の承認を得て、会長は会員に報告しなければならない。

附 則

1. 本会則は昭和61年8月1日より施行する。
2. 本会則は平成7年3月1日より施行する。
3. 本会則は平成8年4月1日より施行する。
4. 本会則は平成17年4月1日より施行する。

「北海道医療大学歯学雑誌」投稿規程（2006年7月14日現在）

1. 投稿資格

著者は、原則として共著者を含め、本学会員に限る。ただし、非会員が共著者となる場合には、1年分の会費を徴収する。
2. 生命倫理への配慮
 - 1) 臨床研究は、ヘルシンキ宣言の主旨にそったもので、「北海道医療大学倫理委員会」の承認を得たものとする。
 - 2) 人の遺伝子解析を含む場合は、本学の「ヒトゲノム・遺伝子解析研究の計画および実施に関する倫理規程」に基づき、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理審査委員会」の審査をへて学長の許可を得たものとする。
 - 3) 動物実験は、「北海道医療大学動物実験の指針」に基づき、「動物実験センター管理運営委員会」の承認を得たものとする。

なお、本学以外の研究機関等で行われた研究については、当該研究機関等の倫理委員会等で承認を得たものとする。
3. 論文の種類及び内容
 - 1) 論文の種類は、原著論文、症例報告、総説、解説、システムテックレビューとする。
 - 2) 論文の内容は、他の刊行物に未発表のものに限る。
 - 3) 本誌はその他に、歯学情報、本学会講演抄録、学会関係記事、学位論文などを掲載する。
4. 査読および採否
 - 1) 投稿論文は、編集委員会および編集委員会の依頼する専門家により査読される。
 - 2) 採否については、査読の結果に基づき編集委員会が決定する。
5. 投稿論文の作成
 - 1) 投稿論文は、投稿規程ならびに別に定める「投稿の手引き」に準拠して作成すること。
 - 2) 投稿論文は、表紙、チェックリストシート、英文抄録（300語以内）、本文、表、図および図表説明文の順番にまとめる。
 - 3) 投稿原稿は、2部（正1部、コピー1部）とする。最終的に論文掲載を認められた際には投稿原稿とともにCD-R/RWまたはフロッピーディスク（CD-R/RWが望ましい）を提出すること。なおディスクには、使用したOS、ワードプロセッサのソフト名とファイル名を記載する。さらに論文投稿者は論文投稿時にメールにて表紙（タイトル名、投稿者名、所属を記載されている箇所）と要約（abstract）を編集委員会まで送信すること。
 メールアドレス：dentalj@hoku-iryo-u.ac.jp
 件名：北海道医療大学歯学雑誌
 - 4) 和文論文の本文については、原則として、緒論（緒言）、方法（材料および方法）、結果、考察、結論（結語）、謝辞（必要な場合のみ）、文献の順に記載するものとする。
 - 5) 英文論文の本文については、原則として、Abstract（300語以内）、Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgment（必要な場合のみ）、Referencesの順に記載するものとする。
6. 投稿論文の校正
 - 1) 投稿論文に対する著者校正是2回までとする。
 - 2) 1回の校正を48時間以内に提出するものとする。
7. 証明書等の発行
 - 1) 投稿原稿の受付日は、編集委員会に到着した日付とする。
 - 2) 受理証明が必要な場合には、掲載が決定した後に受理証明書を発行する。
8. 掲載料および別刷料
 - 1) 掲載料は、刷り上がり10頁まで無料とする。これを超過した場合には、編集委員会が依頼したものを除き、1頁1万円の著者負担とする。
 - 2) カラー頁については、著者の実費負担とする。
 - 3) 別刷料については、50部まで無料とし、これを超過する場合（50部単位）には著者の実費負担とする。
9. 著作権の帰属

本誌に掲載された著作物の著作権は北海道医療大学歯学会に帰属する。本会はこれら著作物の全部または一部を、ネットワーク媒体を含む媒体に掲載・出版することが出来る。ただし、論文の内容については、著者が全ての責任を負う。
10. 著者のプロフィール

巻末に著者のプロフィールを記すので、著者のスナップ写真と経歴を提出すること。
11. 原稿の送付および本誌に関する問い合わせ

住所：〒061-0293 北海道石狩郡当別町宇金沢1757番地
 北海道医療大学歯学部・口腔生理学講座
 北海道医療大学歯学雑誌編集委員会（和泉 博之）
 Tel；0133-23-1239
 e-mail；dentalj@hoku-iryo-u.ac.jp

「北海道医療大学歯学雑誌」投稿の手引き（2006年7月14日現在）

本学会誌の体裁を統一するために、「投稿の手引き」に準拠して、ご執筆下さいますようお願い致します。

原稿はすべてA4版とし、下記の項目1)－8)のすべてを、2部提出して下さい。和文抄録と英文抄録を投稿原稿とともに提出して下さい。

- | | |
|---------------------------------|----------|
| 1) 投稿原稿表紙 | 5) 図表説明文 |
| 2) チェックリストシート（著者全員分のサインと連絡先を記載） | 6) 表 |
| 3) 英文抄録（ABSTRACT, 英文表題を含む） | 7) 図 |
| 4) 本文 | |

1. 投稿原稿表紙

表紙には以下の事項を和文および英文で記入する。

- | | |
|----------------|-----------------------------------|
| 1) 原稿の種類 | 5) 著者の所属および所在地 |
| 2) 表題 | 6) 別刷数（50部単位） |
| 3) 著者名 | 7) 連絡先（郵便番号, 住所, 電話, Fax, e-mail） |
| 4) キーワード（5語以内） | |

1) 表題

- (1) 一般固有名詞として通用していない商品名は用いない。
- (2) 和文表題には、原則として略号以外の英文字を用いない。スペースも含めて35字以内のランニングタイトルを付ける。
- (3) 英文表題は和文表題の内容と一致させる。文頭のみ大文字とし、他は小文字とする。また、スペースも含めて45字以内のランニングタイトルを付ける。
- (4) 副題はできる限り用いない。ただし、必要な場合は次の例に準拠する。続報、第2報などの表記は認めない。

和文・英文：－□□□□□□□□□－

2) キーワード

5語以内のキーワードを付ける。英文の場合は、キーワードの先頭のみを大文字とし、他は小文字とする（例：Impression materials, Bone morphogenetic proteins）。

3) 氏名および所属

- (1) 英文氏名（和文）は、姓は大文字、名は先頭のみを大文字とする（例：Akira Yamada（山田昭）and Taro Hokkai（北海太郎））。
- (2) 著者の所属が2ヶ所以上の場合には、所属の著者に^{1), 2), 3)}を付ける。

2. チェックリストシート

チェックリストの指示に従い、投稿原稿を確認する。

著者全員分のサインを取り、連絡先を記載する。

3. 抄録

300語以内の英文抄録を付ける。

4. 本文

- 1) 原稿はA4判用紙にワードプロセッサなどによる横書きとする。原則として12ポイント文字を使用し、1頁35文字×30行とする。句読点は「.」と「,」を用いる。英文の場合は、ダブルスペースとする。
 - (1) 提出メディアに、使用機種名、OS名、ソフト名、所属、著者名を明記する。
 - (2) 著者がテキストファイルへ変換できる場合は、変換したファイルを提出する。
- 2) 原稿の下段中央にページ番号を記す。
- 3) 論文の原則的な構成は、緒論（緒言）、方法（材料および方法）、結果、考察（結果および考察）、結論（結語）、謝辞、文献、図の説明、図表とする。
- 4) 見出しを用いるときは次の順に項目をたてる。

3 → 3) → (3) → a → a) → (a)

- 5) 文章は、専門用語を除いて、常用漢字、新かなづかい、ひらがなは口語体とする。
- 6) 数字はアラビア数字とし、単位の記号はJIS・Z8202およびZ8203に準じ、国際単位系(SI)を使用するよう努める。また単位にピリオドをつけない。(例：GHz, MPa, kW, cm, mV, μm, nA, pF, mL, mmol, N (kgf), K, °C, min)
- 7) 学術用語は、原則として「文部省学術用語集」に準拠する。
- 8) 商品名、器械名などは、可能な限り一般化されている「カタカナ書き」とする。英文字で表す場合は、かしら文字のみ大文字にする。
- 9) 外国の人名などの固有名詞は原則として原綴とする。
- 10) 連続した数値は「,」でつなぎ、最後に単位をつける。(例：10, 20, 30°C)
- 11) 製造社の表記法は()内に会社名のみを記し、社製および製作所、工業社製、株式会社などを入れない。
例：(型式名, 製造会社名), (略号, 製造会社名)
(X-3010, 日立) (EPMA, 日本電子)
- 12) 図表の挿入場所を本文右欄外に朱書きする。

5. 文献

- 1) 文献リストは、アルファベット順(A, B…Z順)で作成する。また本文中の引用箇所以下の体裁に従い、文献内容を記載する。
例：単著者 (Izumi, 1999), 2名 (Izumi and Ito, 1998), 3名以上 (Izumi et al., 1970)
- 2) 文献として不適当なもの、例えば未公表のデータや私信などは文献として引用しない。
- 3) 文献の著者または編集者が複数の場合にはet al., 他などとせず、その全部を記載する。
- 4) 著者名が欧字綴の場合は姓の後に名前の頭文字をつけ、また著者が複数の場合は最後の著者の前にandを入れる。
- 5) 文献の記載方法の基本は次のとおりとする。

(1) 雑誌の場合

著者名(複数の場合、氏名を「,」で区切る.)。表題—サブタイトル—雑誌名 巻：引用ページの始めと終わり、発行年。

例：Izumi H. Functional roles played by the sympathetic supply to lip blood vessels in the cat. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol* 277 : R682–R689, 1999.

Izumi H and Ito Y. Sympathetic attenuation of parasympathetic vasodilatation in oro–facial areas in the cat. *J Physiol (Lond)* 510 : 915–921, 1998.

Izumi H, Ito Y, Sato M, Karita K and Iwatsuki N. The effects of inhalation anesthetics on the parasympathetic reflex vasodilatation in the lower lip and palate of the cat. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol* 273 : R168–R174, 1997.

(2) 単行本の場合

i) 章を参考にしたとき

例：Weinstein L, Swartz MN. Pathologic properties of invading microorganisms.

In : Sodeman WA Jr, Sodeman WA, editors. *Pathologic physiology : mechanisms of disease*. Philadelphia : Saunders, 1974, p457–472.

ii) 個人または複数の著者の場合

例：Colson JH, Armour WJ. *Sports injuries and their treatment*. 2nd ed. London : S. Paul ; 1986.

iii) 編集者、監修者が著者の場合

例：Diener HC, Wilkinson M, editors. *Drug–induced headache*. New York : Springer–Verlag ; 1988.

iv) 団体、組織が著者で、かつ出版社の場合

例：Virginia Law Foundation. *The medical and leagal implications of AIDS*. Charlottesville : The Foundation ; 1987.

v) 会議録全体を参考にした場合

例：Vivian VL, editor. Child abuse and neglect : a medical community response. Proceedings of the First AMA National Conference on Child Abuse and Neglect ; 1984 Mar 30-31 ; Chicago. Chicago : American Medical Association ; 1985.

(3) 分担執筆の場合

分担執筆者名：分担執筆の表題、書名巻など、発行所名：発行年、引用ページの始めと終わり。

例：山田早苗：橋義歯の力学－傾斜歯ブリッジの形成と設計について－。新臨床歯科学講座3，医歯薬出版：1978，157-165。

(4) 翻訳書の場合

著者（翻訳者）：書名（原著書名）。発行所名：発行年、引用ページの始めと終わり。

例：Davidge RW（鈴木弘茂，井関孝善）：セラミックスの強度と破壊（Mechanical behavior of ceramics）。共立出版：1982，34-55。

6. 図

- 1) 用紙はA4版とし，1枚ずつ別葉にする。
- 2) 各葉杖に，図の番号，著者名，片段あるいは両段の指定，カラー印刷の有無を明記する。
- 3) 図の大きさは，片段か両段一杯になることがのぞましい。刷り上がりを想定して，図の大きさが片段で横幅45-68mm，両段で100-150mmになるように縮小コピーし，文字，記号の大きさ，線の太さなどをチェックする，棒グラフなどのハッチングは識別可能なものにする。
- 4) 図中の文字は，刷り上がりで本文とほぼ同じ10-13級（7-9ポイント），線の太さは0.15-0.3mmになるよう原図を作成する。
- 5) 図のタイトルおよび説明は，まとめて，文献の後に付ける。
- 6) 組図の原稿は，貼込み間隔や角度を正確にする。
- 7) 写真は，A4判の用紙に貼り，必要な文字，記号などを記入する。写真の拡大率は，単位長さのバーで表す。
- 8) 患者の顔や特徴ある身体の一部の写真を使用する場合は，目隠し等により個人が特定できないように配慮するとともに，患者本人あるいは後見人から文書により許可を得ること。
- 9) 記号は中心の明確な○●□■◇◆などを使用する。
- 10) 記号を使用する場合の凡例は，脚注に置かずに図中に入れる。

7. 表

- 1) 罫線はできる限り入れない。
- 2) 標準偏差は，（ ）もしくは±とし，信頼区間との混同を避けるために説明を入れる。
- 3) 表題が英文字の場合は書き出しのみを大文字にし，それ以後は小文字とする。しかし略号はこの限りではない。
- 4) 単位などの表記は同一言語に統一する。単位（unit），平均（mean），標準偏差（SD）
（例：）

Table1 Mechanical properties of specimen

specimen	Tensile strength Mpa	Elongation %
A	500 (20)	10.2 (3.3)
B	300 (15)	5.4 (2.3)

() : SD

表1 試料の力学的性質

試料	引張強さ Mpa	伸び %
A	500±20	10.2±3.3
B	300±15	5.4±2.3

平均±標準偏差

8. その他

本規定ならびに「投稿の手引き」に規定されていない事項については，編集委員会にお尋ね下さい。

編集後記

ドイツで開催されているサッカーワールドカップ（2006年FIFAワールドカップ）に日本中が盛り上がっていますが（原稿を書いている日がブラジルと日本との対戦日、6月22日、です）、強豪チームに関連する映像の中でひときわ目を引くのが幼少時から路上サッカーに興じる子供たちの姿です。日本人が欧州のチームで活躍しワールドカップに出場できるようになった背景にも少年サッカーチームの広がりがあるでしょう。翻って足下を眺めると、科学を志す若者が少ないと言われて久しくなります。小中学校へ出張授業、高校生への開放講座、early exposureへの協力等々、我々研究者も微力ですが裾野の広がりを目指しています。しかし、若者の関心を高めるには、その分野がどれだけ魅力的かが重要なファクターであり、科学が魅力的に思えるには、我々がどれだけ世界に通用する研究を発信できるかにかかっているとも言えましょう。世界への一歩は地道な努力からの一歩であり、本北海道医療大学歯学雑誌が若い研究者達の世界への第一歩となることを切に願いつつ、またサッカー観戦を続けるのであります。

話は変わりますが、これまで本誌の編集部は人手不足のため文献や文献の表示法などのチェック体制が不十分でした。本号から専門にチェックをしてくれる協力者のお陰で、より投稿規定に沿った掲載が可能となりました。チェックをすると論文引用や記載方法などの問題点が一論文中に平均10箇所近く見つかります。外国などの雑誌の場合、投稿者自身のチェックをより一層厳しくすることが必要です。また論文査読をして頂く先生方にもより一層厳密な査読をお願いしてあります。学内誌という甘えを省き、本誌への投稿が世界的レベルの雑誌への修練の場となることを願っています。

最後となりましたが、本号には解説として理工学教室の大野弘機教授がご自身の研究のまとめを総説風を書いて投稿されました。従来の総説だけでなく、今後このような解説も多くしていきたいと思っておりますので御投稿をよろしくお願ひします。

歯科コンポジットレジン用接着材料

AQボンドプラス

極薄ボンディングがさらに進化

特長 ①

極薄ボンディング 3ミクロン

特長 ②

1ボトル 1ステップ 1回塗布

特長 ③

キセノン系・LED系 光照射器対応

特長 ④

ハロゲン系の照射時間は5秒間



歯科コンポジットレジン用接着材料
AQボンドプラス

医療用具承認番号 21500BZZ00138

ボンド……………5.5mL
キャタスポジ ……175粒
キャタブラシ……………10本
V型ダッペン……………5個

製造  サンメディカル株式会社

本社 / 〒524-0044 滋賀県守山市古高町 571-2 TEL 077-582-9980
東京オフィス / 〒113-0034 東京都文京区湯島 3-13-8 TEL 03-3835-9089
サンメディカル Home Page URL <http://www.sunmedical.co.jp>

発売  株式会社 ニッシン

本社 / 〒601-8469 京都市南区唐橋平地町 8 TEL 075-681-5719
東京営業所 / 〒110-0005 東京都台東区上野 3-13-8 TEL 03-3836-3691
ニッシン Home Page URL <http://www.nissin-dental.co.jp>

新発売



細菌感染と炎症症状を抑えて 歯周組織の破壊を防ぎます。

専用シリンジに装着してお使いいただける
カートリッジタイプです。



[略称]
TCPS
Tetracycline Presteron

抗菌作用
抗炎症作用

- 歯周組織炎の治療に
- 抜歯創、口腔手術創の二次感染の予防に
- 感染性口内炎の治療に

歯科用抗生物質製剤 医薬品 薬価基準収載

テトラサイクリン・プレステロン カートリッジタイプ 歯科用軟膏

略称は「TCPSカートリッジ」です。

【包装】0.6g×10本入（カートリッジ型容器）

【貯法】冷所（1～15℃）・遮光保存

●用法・用量、禁忌、使用上の注意等については添付文書を参照して下さい。

日本歯科薬品株式会社

本社 下関市西入江町2-5 千750-0015 TEL0832-22-2221(代) FAX0832-22-2220
大阪営業所 大阪市中央区瓦町4-8-4 千541-0048 TEL06-6222-4090(代) FAX06-6222-3950
東京営業所 東京都千代田区外神田6-16-9 千101-0021 TEL03-3832-4791(代) FAX03-3832-4792
お問い合わせ・資料請求は お客様窓口 ☎0120-8020-96 [ホームページ] <http://www.nishika.co.jp/>

PROVINCE

SHOFU

PROVINCE

SELF-CURING ACRYLIC RESIN

特長

優れた操作性

- 抜群の付形性
- 適切な操作時間

優れた審美性

- 色ムラ・気泡が少ない
- 混和法、筆積法での色調差が少ない

キレイな研磨面

耐久性の追求

PROVINCE
SELF-CURING ACRYLIC RESIN

実感していただきたい“操作性”“審美性”
常温重合レジンの進化はプロビナイスからはじまる。



医療用具承認番号 21400BZZ00451

歯科用常温重合レジン プロビナイス

【包装】

- 粉 50g (粉量計付)
250g (粉量計付)
- 液 50mL (スポイト付)
250mL (スポイト付)

【色調】

- A2、A3、A3.5、Inc、56 (歯冠色)
- U2、U3、8S (歯肉色)



世界の歯科医療に貢献する

株式会社 松風

● 本社: 〒605-0983 京都市東山区福福上高松町11・TEL(075)561-1112 (代)

● 支社: 東京(03)3832-4366 ● 営業所: 札幌(011)232-1114/仙台(022)299-2332/名古屋(052)709-7688/大阪(06)6252-8141/福岡(092)472-7595

<http://www.shofu.co.jp>

ParaPost FIBER WHITE

coltène
whaledent

医療機器承認番号21700BZY00478

築造用グラスファイバー系ポスト

■ファイバーホワイト スタンダードキット PF-160



ファイバーホワイト パラポストXDドリル
Size 4.5×3 Size 4.5×1
Size 5×3 Size 5×1
Size 5.5×2 Size 5.5×1
Size 6×2 Size 6×1
ハンドドライバー ×1

ヘッドデザイン

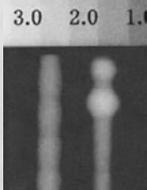
応力の集中を力学的に分散させ
ローテーションも防止する
ヘッドデザイン

強度データ

圧縮強さ： 340Mpa
曲げ強さ： 990Mpa
引張強さ： 1200Mpa
弾性係数： 29.2Mpa
象牙質に近い
弾性係数を持ち、
なおかつ
高い曲げ強さ指数を
有します

X線造影性

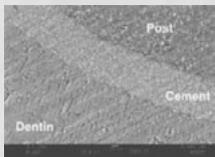
他社ポスト(左側)
とのX線画像比較



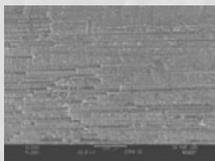
良好なX線造影性
アルミニウム 1.7mm厚さ以上の
造影性を有します

SEM画像

パラポストセメントおよび
パラコアとの優れた接着性



一方向性ファイバー繊維による
優れた強度としなやかさ



■コルテン/ウェルデント社 ポスト関連製品



●パラポストセメント
—化学重合型接着性
レジンセメント

医療機器承認番号
21300BZY00381



近/目/発/売/

医療機器承認番号
21700BZY00264

25mLオートミックス
パラフォーム
(支台築造用キャップ)

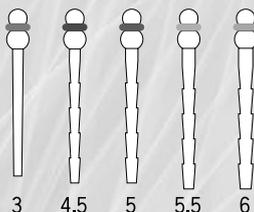
●パラコア
—デュアルキュア型コア用レジ

組成

BIS GMA
HDDMA
Silicone Dioxide
Barium Silicate

サイズ規格

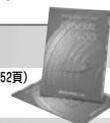
5種類のサイズで症例に対応
取り外しできるカラーリング付き
お手持のパラポスト用ドリルが
そのままご使用いただけます

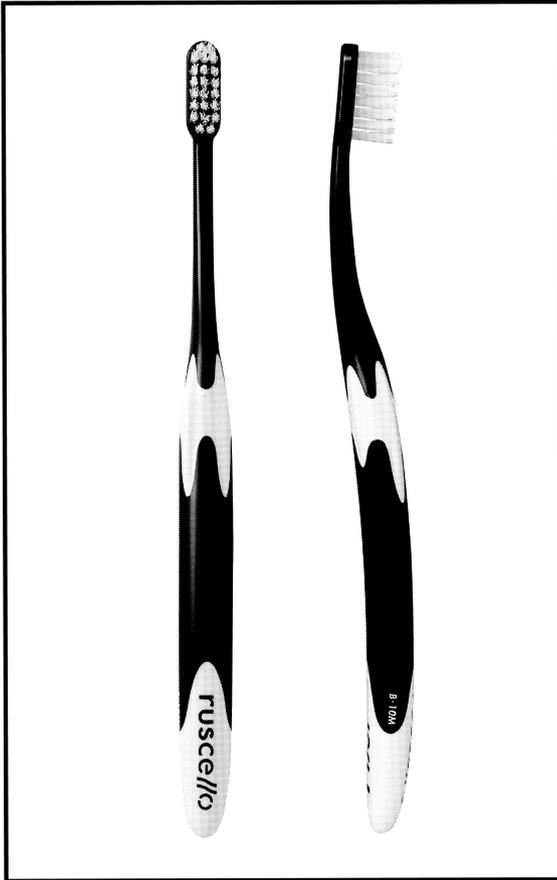


3 — φ0.90×14.2mm
4.5 — φ1.14×15.0mm
5 — φ1.25×15.0mm
5.5 — φ1.40×15.5mm
6 — φ1.50×15.5mm

MOKUDA DENTAL Co., Ltd. KOBE, JAPAN TEL(078)303-8241 FAX(078)303-2151
E-mail:info@mokuda.co.jp http://www.mokuda.co.jp/

ご注文および総合カタログ(A4カラー・152頁)
ご請求は、お出りのディーラー様に
お申しつけください





GC

毛先からハンドルフォームまで、
歯科用歯ブラシのニューコンセプト。

ruscello

the toothbrush on P4 concept

NEW

【ルシェロ 歯ブラシ B-10】

毛のかたさ：M(ふつう)/S(やわらかめ) □ラバー色調：オフホワイト □ハンドル色調：ブルー、グリーン、イエロー、ピンク、ブラック ◆20本1函 □希望医院価格：1函(5色×各4本)=¥5,400 □希望患者価格：1本=¥340(税込) ◆5本セット □希望医院価格：1函(5色×各1本)=¥1,350 □希望患者価格：1函(5色×各1本)=¥1,700(税込) ※掲載の価格は、2005年10月現在のものです。

www.gcdental.co.jp/ 株式会社 ジーシー

since 1896

sandosanyo

山藤三陽印刷株式会社

〒063-0051 札幌市西区宮の沢1条4丁目16-1

[営業部] 代表電話(011) 661-7163 FAX.(011) 661-7173

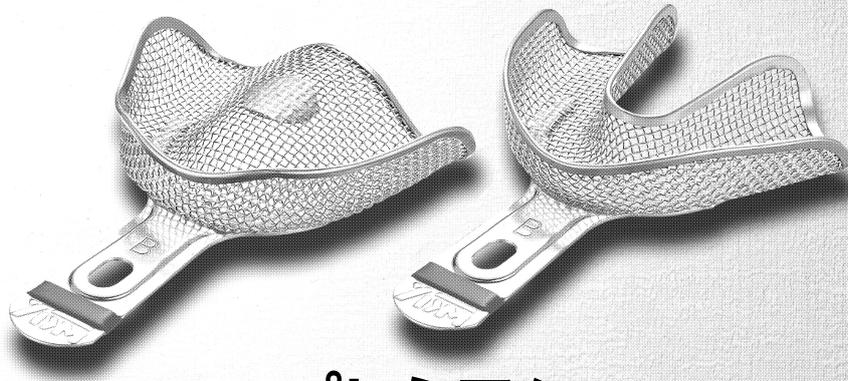
東京支店 / 電話(03) 3518-4631 FAX.(03) 3518-4633

苫小牧営業所 / 電話(0144) 34-8078 FAX.(0144) 31-2423

千歳営業所 / 電話(0123) 26-3555

耐久性にすぐれたステンレス製

トレークリーナーや消毒液に浸漬してもサビ・変色が起きません。
長期間の使用に耐えられる経済的なトレーです。



網トレープレミアム

単品 コード No.101-521
標準価格 各¥1,900

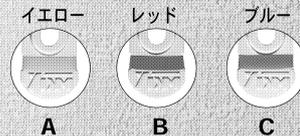
上下組 (A・B・C) コード No.101-520
標準価格 各¥3,800

THE PARTNER OF DENTISTS & DOCTORS

YDM CORPORATION

カラーリング付

●サイズがひと目でわかるように色分けされており、カンタンに選択できます。



フィンガーレスト付

●保持位置の目安になります。
●押し出された印象材が指につくのを防ぎます。



上顎			下顎	
サイズ/a×b			サイズ/a×b	
A	73×60 mm		A	76×62 mm
B	70×55 mm		B	72×58 mm
C	66×53 mm	C	69×54 mm	

※掲載されているコードNo.は発売元(株)モリタのコードNo.です。※製品改良のため、仕様の一部を予告なく変更することがあります。

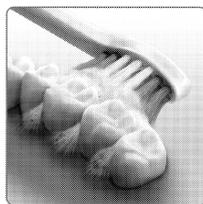
製造販売元 **株式会社 YDM**
〒355-0042 埼玉県東松山市今泉28 医療機器製造販売業許可番号 11B3X00089
問合先 本社 営業部 〒114-0014 東京都北区田端6-5-20 TEL03-3828-3161 FAX03-3827-8991
<http://www.ydm.co.jp/> E-mail ydm@ydm.co.jp

発売 **株式会社モリタ**
大阪 〒564-8650 吹田市垂水町3丁目33番18号 TEL06-6380-2525
東京 〒110-8513 台東区上野2丁目11番15号 TEL03-3834-6161
<http://www.dental-plaza.com/>

毛先の届きにくい歯間部や
歯周ポケットのバイオフィルム除去に効果的。
ソニックアー エリート e9800 プロフェッショナル

効果は実証済み。
米国特許技術「ソニックテクノロジー」。

毎分31,000回の超高速振動と、左右約5mmの幅広い振れ幅がパワフルな液体流動力を引き起こし毛先の2~3mm先まで届いて、歯間部や歯周ポケットのバイオフィルムまでより効果的に除去します。



ソニックアー エリート e9800 プロフェッショナル

患者参考価格 ¥17,640 (税込)

セット内容: ハンドル1本、スタンダードブラシ1本(グレー)、ミニブラシ1本(グリーン)、ブラシスタンド1個、充電器1台、トラベルケース1個、教育用CD-ROM1枚

機能: ●スマートタイマー ●イージースタート ●カドベーター機能 ●充電インジケータ(充電残量表示付) ●2段階のスピード切替

発売元 **株式会社 ヨシダ** 〒110-8507 東京都台東区上野7-6-9 TEL.03-3845-2931 (OHC部)

製造元 **PHILIPS** 総輸入元・総発売元 **三井物産株式会社**

- 150以上のメニュー
3Dアニメーション
- 手書き入力
ドロッピング機能
- 一時保存
サムネイル機能
- 画像取り込み・
送り出し
インポート・
エキスポート機能
- カスタム編集
お気に入り機能

患者説明が変わる。

More Impressive
Greater Satisfaction

対話型コミュニケーションソフト
メドバイザーデンタルCD

ライトバージョン

フルバージョン

■標準価格

- ライトバージョン (1ライセンス) (CD1枚) 90,000円
- フルバージョン (1ライセンス) (CD2枚組) 150,000円
- グレードアップ (1ライセンス) (CD1枚) 90,000円

※ライセンス:ソフトウェアを使用する権利のこと。1ライセンスとは使用できるコンピュータを1台に限定していることを意味します。

動作環境

- OS/Windows 2000/XP
- CPU/Pentium III (733MHz以上)
- メモリ/256MB 以上
- ハードディスク/1.5GB以上の空き容量
- ディスプレイ/1024×768ピクセル
- プリンタ/プリンタ及びドライバソフト
- その他/CD-ROMドライブ

【注意】 Macintosh (Mac OS) には対応していません。

製品についてのお問い合わせは

- 製品サポートページ
モリタ ホームページ「DENTAL PLAZA」では、メドバイザーデンタルCDサポートページを開設しています。購入前の疑問にお答えするQ&Aや製品に関するコラムなどをご用意しています。
www.dental-plaza.com/support/
- メドバイザーデンタル カスタマーデスク
ユーザー様からのご質問をTELにてお受けしています。
TEL:06-6380-2238 対応時間:月曜日~金曜日 9:30~17:00 ※土日、祝日を除く

写真のタブレットPCは取り扱っておりませんのでご了承ください。

Happy Smiles & Heartful Communication

ソフト開発 リアリティエンジニアリング(アメリカ)

●Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標です。
Pentiumは、Intel Corporationの登録商標です。その他記載されている会社名、製品名は各社の登録商標または商標です。
●掲載商品の標準価格は、2006年4月21日現在のものです。標準価格には消費税等は含まれておりません。

日本語版制作・発売 **株式会社モリタ** 大阪本社 大阪府吹田市垂水町3-33-18 〒564-8650 TEL:06-6380-2525
東京本社 東京都台東区上野2-11-15 〒110-8513 TEL:03-3834-6161

www.dental-plaza.com

編集委員会

委員長 和泉博之

越智守生・斎藤隆史・柴田考典・田隈泰信
東城庸介・溝口 到

(アイウエオ順)

北海道医療大学歯学雑誌 第25巻 第1号

平成18年7月15日

発行者 矢嶋俊彦

編集 北海道医療大学歯学会

〒061-0293 北海道石狩郡当別町金沢1757番地

北海道医療大学内

電話 0133-23-1211(内線2563)

電話/FAX 0133-23-1345(直通)

メールアドレス：iryodds@hoku-iryo-u.ac.jp

印刷 山藤三陽印刷株式会社

札幌市西区宮の沢1条4丁目16番1号

電話 011(661)7163(代)

Dent J Health Sci Univ Hokkaido

COMMENTARY

- 1 **A Study on Adhesion of Adhesive Resin to Dental Alloys**
Hiroki OHNO.....(1)

ORIDINAL REPORTS

- 31 **Evaluation of salivary flow rate during chewing of food
by improved chew-and-spit method**
Masashi KURAHASHI(31)
- 37 **A study on the sealing ability of the great tapered gutta-percha point**
Yoshiaki HATA, Yuya TATEMATSU, Fumiko MOTAI, Yasuhiko NAGAI
Keisuke HANDA, Takashi SAITO(37)
- 45 **A Statistical Analysis of Cariogenic Factors in Deciduous or Permanent Teeth
Dental Examinations in Elementary School Children in Shiroishi, Sapporo**
Yoshiaki HATA, Hiroko MIURA, Yoshifumi YOSHIUCHI, Aki YAMAZAKI
Keisuke HANDA, Takashi SAITO(45)
- 53 **Localization of MMP-13 on the pressure side of rat periodontal tissues
during orthodontic tooth movement**
Kazuhiro MIZUKAMI, Meiri HAMAYA, Yasunori SAKAKURA
Toshihiko YAJIMA, Itaru MIZOGUCHI(53)
- 63 **Quantitative mRNA analysis of decorin and biglycan during differentiation
and calcification in MC 3 T 3 - E 1 cells**
Kohei TAIMA, Naoko TORIYA, Toshiya ARAKAWA, Taishin TAKUMA
Itaru MIZOGUCHI(63)

CASE REPORT

- 73 **A Case of Globulomaxillary Lesion**
Shigehito FUJII, Yoichiro HOSOKAWA, Tomoyuki OHUCHI, Akio TAKAHASHI
Hiroatsu MATSUSHIMA, Masayuki KANEKO, Tohru KAKU, Toshihiko YAJIMA(73)