

銀ゼオライト添加グラスアイオノマー セメントの抗菌効果

椋 純子, 山野 亮介, 丹根 一夫

Antimicrobial Effects of Silver-zeolite Containing Glass Ionomer Cement

Junko Mukonoki, Ryosuke Yamano and Kazuo Tanne

(平成11年3月5日受付)

緒 言

不正咬合によって個々の歯の位置異常があると、口腔の自浄作用が阻害されたり、口腔清掃が十分に行われにくく、齲蝕や歯周疾患の誘因となる¹⁾。このような不正咬合による障害を除去し、口腔疾患の予防や全身の健康増進に寄与することが矯正歯科治療の目的である²⁾。

一方、矯正歯科治療に用いられるブラケット周辺部における不潔域の清掃が困難であることより、ブラケット周辺の歯面の脱灰、白濁や齲蝕、歯周疾患が生じることを臨床の場でしばしば経験する^{3,4)}。これらのことは、前述の矯正治療の目的を根底から否定することになりかねない。したがって、術者は十分に患者および保護者にブラケットコントロールの重要性を正しく認識させることが重要と考えられるが、術者が若年者の場合や齲蝕活動性が高い患者では矯正治療を通じて理想的な口腔衛生状態を維持することは容易ではない。

近年、矯正歯科臨床において多用されているマルチブラケット法において、アタッチメント類を歯面に直接接着する方法が帯環法に比べて操作性や審美性について多くの利点を有している。矯正歯科用ブラケットを歯面に接着させる方法についての基礎的、臨床的研究はすでに多く報告されている⁵⁻⁸⁾。とりわけ、歯面への接着性についてはBuonocore⁹⁾によってリン酸処理法が導入されて以来、リン酸処理法の基礎的な研究が主としてなされてきた。しかし、酸処理操作はエナメル質表層における耐酸性に優れた高石灰化層を溶解さ

せることから、酸処理歯面の抗齲蝕性を低下させることとなる¹⁰⁾。

エナメル質の接着性に関する報告は多くみられるが、矯正歯科治療期間中の歯面の脱灰、初期齲蝕、歯周疾患の予防に関する報告はわずかである。

本研究では、グラスアイオノマーセメントに抗菌性を付与する目的で、無機系抗菌剤のうち、特に耐熱性、生体安全性¹¹⁾、抗菌効果の持続性¹²⁾ および広い抗菌スペクトル^{11,13-15)} を有している銀ゼオライトに着目し、微生物学的見地からその抗菌効果について検討した。

材料と方法

1. 実験材料

1) 接着剤と抗菌剤

グラスアイオノマー系接着材 Fuji ORTHO (GC, 東京) を試料とした。また、無機系抗菌剤としては、一般工業分野でもよく用いられている銀ゼオライト (ゼオミック[®]AW 10N, 品川燃料, 東京) を用いた。

2) 対象菌株

対象菌株として *Streptococcus mutans*, (*S. mutans*) NCTC10449, *Actinomyces viscosus*, (*A. viscosus*) ATCC15987 の2菌株を選択した。

2. 抗菌性試験

Fuji ORTHO の粉末に銀ゼオライト 0.1 wt%, 0.5 wt%, 1.0 wt%, 2.0 wt% を添加したもの、および対照群として銀ゼオライトを添加していないものをそれぞれ連和した。シャーレ内で硬化した試料に菌液 2.5 ml を加え、37°C にて24時間および48時間培養した後、通法に従い生菌数を算定することにより残存生菌数を求めた。

なお、試験は各供試菌について3回行い、それぞれの残存生菌数を算出し、その平均について比較検討した。

3. 銀イオンの溶出試験

銀ゼオライト AW10N を 0.1 wt%, 0.5 wt%, 1.0 wt%, 2.0 wt% 添加したもの、および対照群として銀ゼオライトを添加していないガラスアイオノマーセメント硬化体試料を水、生理食塩水にそれぞれ浸漬し、30°C 恒温水槽中に静置した。

実験開始 3 時間後および 24 時間後に、両試験液に溶出した銀濃度を原子吸光度法によって測定した。

研究結果

1. 抗菌性試験

各試料における対象菌株の残存生菌数 (Colony forming unit, 以下 cfu と略す) の結果を表 1 に示す。対照群の *S. mutans* では 24 時間後に 8.0×10^4 cfu/ml, 48 時間後に 2.1×10^4 cfu/ml と経時的に生菌数の減少を認めた。一方, *A. viscosus* では実験開始後 24 時間から 48 時間へかけて生菌数が増加した。

表 1 抗菌性試験による残存生菌数の平均

対象菌		24時間後	48時間後
<i>S. mutans</i>	対照群	8.0×10^4	2.1×10^4
	0.1%	2.1×10^4	1.1×10^4
	0.5%	$4.0 \times 10^{2*}$	$< 10^*$
	1.0%	$< 10^*$	$< 10^*$
	2.0%	$< 10^*$	$< 10^*$
<i>A. viscosus</i>	対照群	2.4×10^8	7.5×10^8
	0.1%	1.5×10^8	3.0×10^8
	0.5%	$5.5 \times 10^{7*}$	$2.2 \times 10^{6*}$
	1.0%	$1.5 \times 10^{6*}$	$1.9 \times 10^{5*}$
	2.0%	$7.0 \times 10^{5*}$	$2.5 \times 10^{5*}$

* 対照群との間に有意差あり ($p < 0.01$)

実験群の *S. mutans* については、銀ゼオライト 0.1 wt% 添加により、24 時間後に 2.1×10^4 cfu/ml 及び 48 時間後に 1.1×10^4 cfu/ml となり対照群と比較して値は小さくなったものの有意の差は認められなかった。銀ゼオライト 0.5 wt% 以上を添加した試料は、対照群と比較して有意に小さな生菌数を示し、さらに 24 時間後よりも 48 時間後の生菌数が減少する傾向を認めた。このことから、銀ゼオライトを 0.5 wt% 以上添加することにより、*S. mutans* に対する抗菌効果が明らかとなった。

一方、実験群の *A. viscosus* では、銀ゼオライトを 0.1 wt% 添加することにより 24 時間後に 1.5×10^8 cfu/ml,

48 時間後に 3.0×10^8 cfu/ml と生菌数の増加を認め、対照群と比較して有意の差を示さなかった。銀ゼオライトを 0.5 wt% 以上添加した試料は、対照群と比較して有意に小さな生菌数を示したことより、*A. viscosus* に対する抗菌効果も明らかとなった。また、銀ゼオライトの添加量が増えるにつれ抗菌効果が増強され、さらに 24 時間後よりも 48 時間後の生菌数が減少する傾向が明らかとなった。

2. 銀イオン溶出量

銀イオンの溶出試験結果を表 2 に示す。いずれの試料においても銀イオンの溶出量は低く、 1.0×10^{-2} ppm 程度であった。また、添加する銀ゼオライトの量と銀イオン溶出量との間に明確な関連性が認められなかった。さらに、24 時間後と 48 時間後の溶出量の間にも著明な変化は認められなかった。

表 2 銀ゼオライト添加ガラスアイオノマーセメント硬化体からの銀イオン溶出量の平均

試験液	配合量 (wt %)	銀濃度 (ppm)	
		24時間後	48時間後
水	0	0	0
	0.1	0.01以下	0.01以下
	0.5	0.01以下	0.01以下
	1.0	0.01以下	0.01以下
	2.0	0.013	0.015
生理食塩水	0	0	0
	0.1	0.01以下	0.01以下
	0.5	0.01以下	0.01以下
	1.0	0.013	0.013
	2.0	0.016	0.016

考 察

1. 実験材料および実験方法について

矯正歯科治療の技術革新により、マルチブラケット装置をはじめとして複雑な装置が用いられてきた¹⁶⁾。このため、患者の口腔内では歯の位置異常に加えて複雑な装置装着により食塊の流れが悪くなり、ブラッシングによる機械的清掃も困難となる。このような口腔内環境の悪化が齲蝕や歯周疾患を惹起しやすくなり、ひいては矯正歯科治療の遂行を危うくすることとなる。実際、マルチブラケット装置を装着した患者については、適切な口腔清掃を怠ると齲蝕の発生頻度が高く

なったり¹⁷⁾、矯正装置装着によって口腔内の細菌数が増加するとの報告がなされている^{18,19)}。現在、齲蝕の直接原因はプラーク内の口腔常在細菌（主として口腔レンサ球菌、特に *S. mutans*）であるとされ、プラーク形成過程やプラーク内細菌の産生する多糖体の粘性、歯面への付着性などとともに、プラーク中の細菌の齲蝕病原性の実態が明らかにされてきている²⁰⁻²⁵⁾。また、歯周組織への影響として、矯正装置装着によりプラークの沈着や食塊の停滞が生じることが多く、これによって歯肉の炎症が引き起こされていることが指摘されている。

プラーク内細菌が歯周疾患を引き起こす機序として、炎症性変化をもたらす細菌代謝産物や菌体成分などの直接的影響と種々の免疫病理学的反応が挙げられる²⁵⁾。このような病理活性を有するプラークが歯肉縁付近に付着しやすきことに加えて、思春期患者を扱うことの多い矯正歯科臨床では内分泌物質の影響によって歯周疾患が発現したり、増悪化しやすくなる。思春期患者の歯肉は、わずかな局所的刺激によって過敏に反応するとともに、長期にわたる口腔清掃不良のためのプラーク沈着や歯の移動のための機械的刺激の影響により、歯肉の発赤、腫脹を起こしやすくなるものと考えられる。

このような問題に対して、口腔衛生指導の徹底、高濃度リン酸酸性フッ化ナトリウム溶液の応用などが試みられているが、必ずしも十分な効果を上げるに至っていない^{26,27)}。このことより、矯正歯科臨床においては、マルチブラケット装置による治療期間に生じるブラケット周辺の白斑や脱灰および歯頸部齲蝕、歯周疾患などに対する予防対策が要求されるとともに、接着材料自身の工夫が待望されている。

本研究では矯正歯科治療に伴う齲蝕や歯周疾患を予防する目的でガラスアイオノマーセメントに抗菌剤である銀ゼオライトを添加し、抗菌性接着剤として有用性の検討を行った。ゼオライトはアルカリ金属またはアルカリ土類金属の結晶性アルミノケイ酸塩として知られており、三次元の固有の骨格構造と数～十数オングストロームの微細な細孔径からなる内部空洞をその特記すべき特徴として有する。ゼオライトには大きく分けて4つの機能、すなわち吸着機能、イオン交換機能、分子篩機能、触媒機能があり、それぞれの機能を利用して工業界の多方面で使用されている。銀ゼオライトは、イオン交換機能により銀イオンをゼオライトの骨格内部に結合させたものである¹³⁾。

無機系抗菌剤は様々な分野で用いられているが、その抗菌成分は銀や亜鉛イオン、金属銀、銀錯塩や酸化銀などがあり、その担体物質にはゼオライト系、リン

酸カルシウム、リン酸ジルコニウム、リン酸アルミニウム、非晶質炭化珪素、溶銀ガラスやチタニウム系がある。ゼオライトは銀イオンに対して強い選択性を有し、一度イオン交換により取り込まれた銀イオンは骨格内で安定し溶出しにくい¹¹⁾。銀ゼオライトを空気中で保存しても、ゼオライト中の銀イオンの分散、気散、蒸発等が全くなく、抗菌力は半永久的に持続すると言われている。一方、溶液中で保存した場合、微量の他イオンが存在しているため、銀ゼオライト固相中の平衡関係がくずれ、固相-液相間の銀イオン交換反応が起こり得る。Ca²⁺、Mg²⁺、Fe³⁺等の微量の金属イオンが存在する水道水中においても、Ag⁺は数～数十ppb程度しか溶出しておらず、この量は銀ゼオライト中の銀イオン量の10⁻⁶～10⁻⁷の比率でしかないことから、銀ゼオライトの抗菌力は溶液中でも長時間持続すると考えられる¹³⁾。このような点を考慮して、今回、無機抗菌剤の中で抗菌性、抗菌力の持続性、耐熱性、安全性などが他と比べて優れている銀ゼオライトを選択した。

通常、ブラケット接着時に行われる酸処理は、エナメル質最表層における高石灰化層を溶解、除去し、さらにその下層約20～50μmにあるエナメル質表層に対しても侵襲を加えることとなる²⁸⁾。したがって、酸処理歯面では、無処理の歯面と比べて耐酸性が減弱する。また、口腔内において再石灰化が終了するにはある程度の時間を要するとされ、酸処理直後から再石灰化終了までの期間は齲蝕に対する危険性が非常に高いと考えられる²⁹⁾。

一方、ガラスアイオノマー系接着剤は、齲蝕になる危険性の高い酸処理を行わなくても十分歯質と接着するだけでなく、接着材に含まれるフッ素が持続的に溶出して細菌の糖代謝に対する抑制作用とエナメル質の耐酸性の亢進機能を有することにより齲蝕抑制効果が期待される。また、若狭ら³⁰⁾の研究において、銀ゼオライト添加ガラスアイオノマーセメントは、ガラスアイオノマーセメントの特徴であるフッ素イオンの溶出性を阻止しないことが示されており、齲蝕を予防する材料として期待されている。

2. 銀ゼオライトの抗菌効果について

今回の抗菌性試験の結果において、ガラスアイオノマーセメントに銀ゼオライトを添加することにより、対照群と比べて菌の生育抑制効果が明確となった。なお、*S. mutans*については、銀ゼオライトを添加していない対照群においても生菌数の減少が認められたが、その理由としてガラスアイオノマーセメントに含まれているフッ素の影響が考えられる。

齲蝕原菌として知られている *S. mutans* が生成する

非水溶性グルカンはプラークを形成する固形成分の一つであり、他の細菌の付着や、増殖を促進する³¹⁾。*S. mutans* に対する抗菌作用が見られたことは、本菌による齲蝕の発現を予防するのみならず他の細菌の増殖をも抑制するものと考えられる。一方、*A. viscosus* は根面齲蝕や歯周疾患に関連する菌として報告されており、歯周局所に定着し種々の病原因子により歯肉炎を惹起する。また、プラーク中に増殖するとグラム陰性菌の付着および定着を誘導するため、グラム陰性菌による歯周炎を誘発させる原因となる³²⁾。本研究の結果では、銀ゼオライトを 0.5 wt% 以上添加することにより、菌の抑制効果が認められた。*A. viscosus* に対して抑制効果が見られたことは、矯正歯科治療中に生じる歯肉炎の予防に有効であるといえる。

これらの抗菌効果は銀ゼオライトの銀イオンによるものと考えられるが、抗菌機序の詳細については未だ解明されていない。現在 2 つの仮説が提唱されている。ひとつは微量の銀イオンが菌体内に取り込まれ酵素阻害を起こすという説と、もう一方は銀ゼオライトの触媒作用で空気中の酸素あるいは水中の溶存酵素を活性酵素に変えるという説がある³³⁾ が、今後の検証が待たれる。

3. 歯科臨床への応用について

近年、より安全で快適な生活環境を目指して各種抗菌剤が開発されている。これまでに開発された抗菌剤は、有機系抗菌剤と無機系抗菌剤に大別される。有機系抗菌剤については、加工処理に伴う変質や抗菌性の持続性の問題など化学的安定性が低いこと、ならびに皮膚刺激性、催奇性、耐性菌の発生など生物学的安全性に関するいくつかの問題を有することが指摘されている³³⁻³⁵⁾。最近、これらの有機系抗菌剤の欠点を改良した無機系抗菌剤が開発されている。その多くは銀イオンを担体に取着したものであり、抗菌スペクトルは広く、環境に対して安全性の高い銀イオンによる抗菌効果を期待したものである。銀塩は口腔領域では、含嗽剤として 0.5% AgNO_3 が用いられており、その他火傷に対する処置や抗菌剤としても用いられている。また、飲料水の消毒剤や新生児の淋菌感染による結膜炎の予防に應用されており、重金属の中で比較的安全性の高い物質と考えられている。

今回、銀の溶出試験の結果、銀イオンはごく微量しか溶出していなかった。安全性が高いとされている銀イオンの微量の溶出で十分な細菌の生育抑制効果が見られたことは、臨床応用や生体に対する安全性の点においてもきわめて有用と考えられる。

歯科領域においても齲蝕や歯周疾患などの細菌性疾患の予防を目的としたいくつかの研究が行われてい

る。歯科補綴領域において、中野田³⁶⁾らは床用レジンに銀ゼオライトを応用し、その物性および抗菌性について検討した。引張り試験、曲げ試験の結果、ゼオミックスの添加濃度依存的に物性が低下する傾向が認められたものの、*Candida albicans* (*C. albicans*) に対する抗菌試験の結果ゼオミックス 2% 以上添加した試料で有意な殺菌効果が認められた。また、阿部ら³⁷⁾は抗菌性と防臭性効果を目的として銀ゼオライトを応用し、*Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)、*Pseudomonas aeruginosa*、*C. albicans* の 3 菌に対する抗菌効果を示し、その効果は人工唾液中においても 1 週間持続することとを明らかにした。歯科保存領域においても、堀田ら³⁸⁾はゼオライトをコンポジットレジン系仮封材に應用し、その抗菌性、封鎖性について検討した結果、市販されているコンポジットレジン系仮封材よりも封鎖性が高く、*Streptococcus mitis*、*S. mutans* の 2 菌に対して抗菌作用を示すことを報告している。若狭ら³⁰⁾は銀ゼオライトの歯科領域での応用に関する基礎的研究を行った結果、銀ゼオライトの銀の配合量を多くすれば変色傾向が著明になり機械的強さも低下する傾向を示すとしており、銀の配合量の少ない AW10N の添加量が 1~2 wt% 以下であれば、物性ならびに色調安定性に及ぼす影響も軽微で、十分臨床応用できると報告している。

銀などの金属イオンの他にも抗菌作用を示す物質はいくつか知られており、植物から抽出した抗菌物質の歯科への応用が検討されている。寺岡ら³⁹⁾は、粉碎した竹から抽出した竹エキスを用いて、*S. aureus*、*S. mutans*、*C. albicans* に対して最小阻止濃度および最小殺菌濃度を評価し、抗菌性と殺菌性のあることを確認した。さらに、竹エキスをティッシュコンディショナーに添加し、*C. albicans* に対する抗菌性および物性への影響について検討を加え、歯科材料への応用の可能性を示した⁴⁰⁾。

本研究により銀ゼオライトの抗菌効果が明確になったが、今後の臨床応用に際しては、抗菌剤の添加が物性に与える影響を理工学的に検討するとともに、矯正用接着剤として十分な機械的性質を有しているか否かを検討する必要がある。また、抗菌作用の持続性および生体安全性についても検討する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 中後忠男, 藤森行雄, 田中久典: 矯正治療と口腔衛生, 滝本和男監修 上顎前突その基礎と臨床, 東京, 1981, 医歯薬出版, 369-383.
- 2) 榎 恵: 矯正治療の目的とその目標, 榎 恵監修 歯科矯正学, 第 2 版, 東京, 1979, 医歯薬出版, 9-13.

- 3) 亀田 晃：ダイレクト・ボンディング（アドヒーズ）システムの Begg 法への応用，日矯歯誌 32, 162-180, 1973.
- 4) 亀田 晃：ダイレクト・ボンディングを用いた Begg 法について（その3）—矯正期間中・後における脱灰，2次う蝕の予防という面から—，歯科ジャーナル 9, 479-491, 1979.
- 5) Newman, G.V.: The effects of adhesive systems on tooth surface. *Am J Orthod* 59, 68-75, 1971.
- 6) 石崎 正：Direct Bondung System に関する研究（第1報），日矯歯誌 32, 227-237, 1973.
- 7) 石崎 正：Direct Bondung System に関する研究（第2報）前処理効果について，日矯歯誌 34, 214-228, 1975.
- 8) 三浦不二夫，中川一彦：レジン製ブラケット直接接着法の臨床応用例，日矯歯誌 28, 344-354, 1969.
- 9) Buonocore, M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34, 849-853, 1955.
- 10) 荒川幸雄，高橋義一，瀬端正之：ダイレクトボンディング法におけるフッ化物の応用—酸処理液に添加した各種濃度フッ化ナトリウムの接着力におよぼす影響について—，日矯歯誌 39, 46-52, 1980.
- 11) 内田眞志：銀ゼオライトによる食品の品質保持技術，防菌防黴，22, 163-169, 1994.
- 12) 梶浦義浩，栗原靖夫，内田眞志ほか：医療用繊維製品の対洗濯性試験結果，防菌防黴学会第21回年次大会要旨集，D-24, 1994.
- 13) 山本達雄，内田眞志，栗原靖夫：金属を含有させたゼオライトの殺菌について，防菌防黴，19, 425-431, 1991.
- 14) 吉成 彪，内田眞志：抗菌性セラミック，セラミックス，28, 651-657, 1993.
- 15) 内田眞志：今，話題の抗菌セラミックその製品展開，化繊月報，4, 1-9, 1993.
- 16) 大坪淳造：歯科矯正学最近の進歩，井上直彦，黒田敬之，布田栄作編 第1版，東京，1972，医歯薬出版，30-39.
- 17) Dolce, J.J.: Caries incidence in relation to orthodontic therapy. *Am J Orthod*, 36, 534-545, 1950.
- 18) 下山浩市：全帯環装置を装着した矯正患者の口腔内細菌数の変動について，歯学，61, 396-422, 1973.
- 19) Balenseifen, J.W. and Madonia, J.V.: A study of dental plaque in orthodontic patients. *J Dent Res*, 49, 320-324, 1970.
- 20) 高添一郎：歯垢形成機序と歯口清掃，歯界展望，49, 140-145, 1977.
- 21) 浜田茂幸：細菌学からみた齲蝕予防，日本歯科評論，378, 32-39, 1974.
- 22) 浜田茂幸，小谷尚三：齲蝕と細菌（上）（下），歯界展望，41, 56-62, 227-234, 1973.
- 23) 浜田茂幸：齲蝕原性レンサ球菌の歯面付着機序，II. *Streptococcus mutans* とその他の重要菌種との比較，歯界展望，48, 519-528, 1976.
- 24) 浜田茂幸：齲蝕原性レンサ球菌付着機序，I. *Streptococcus mutans* の平滑面への付着，歯界展望，48, 195-204, 1976.
- 25) 高添一郎：歯苔と口腔疾患，歯界展望，40, 733-737, 1972.
- 26) 可児靖夫，可児徳子，飯野新太郎，磯崎篤則，高橋美次：フッ素含有洗口液による齲蝕予防法，口衛学誌 30, 98-103, 1980.
- 27) 日本口腔衛生学会・フッ素研究会部編：フッ素物局所応用に関するガイドブック，第1版，口腔保険協会，東京，1985, 15-22.
- 28) Gwinnett, A.J.: Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents. *Arch. Oral. Biol.* 16, 731-738, 1971.
- 29) Albert, M. and Grenoble, D.E.: An in-vivo study of enamel remineralization after acid etching. *J. Med. Assoc.* 39, 747-751, 1971.
- 30) 若狭邦男，吉田靖弘，野村雄二ほか：銀ゼオライトの歯科的応用に関する基礎的研究—歯冠修復材料の場合—，広大歯誌 29, 87-98, 1997.
- 31) 高添一郎，池田 正，小谷尚三，他：口腔細菌学談話会編 歯学微生物学，第5版，東京，1992，医歯薬出版，237-240.
- 32) 高添一郎，池田 正，小谷尚三，他：口腔細菌学談話会編 歯学微生物学，第5版，東京，1992，医歯薬出版，272-273.
- 33) Polyfile 編集部：防菌防カビ剤—最近のニーズと，その展開—，Polyfile 31, 38-40, 1994.
- 34) 小若順一：衣類“衛生加工”“抗菌・防臭加工”の危険性，技術と人間 12, 96-105, 1983.
- 35) 小縣昭夫，安藤 弘，久保喜一他：チアベンダゾール（TBZ）のマウスにおける催奇形性について TBZ をアラビアゴム溶液に懸濁して投与した場合，東京衛研年報 33, 495-499, 1982.
- 36) 中野田紳一，二川浩樹，浜田泰三ほか：抗菌性ゼオライトの床用レジンへの添加・応用に関する研究，補綴誌 39, 919-926, 1995.
- 37) 阿部泰彦，松浦尚志，赤川安正ほか：銀ゼオライト含有ティッシュコンディショナーの抗菌効果，補綴誌 39, 1089-1093, 1995.
- 38) 堀田正人，南 晋介，大橋静江ほか：抗菌性ゼオライト混入光重合型コンポジットレジン系仮封材について，日歯保誌 38, 23-26, 1995.
- 39) 寺岡文雄，高橋純造：竹エキスの抗菌性と歯科への応用に関する研究 第一報 竹エキス濃度と抗菌性との関係，歯材器 14, 219-224, 1995.
- 40) 寺岡文雄，北原一義，高橋純造：竹エキスの抗菌性と歯科への応用に関する研究 第二報 ティッシュコンディショナーへの応用，歯材器 15, 146-149, 1996.