原著論文

超音波発生装置を使用したポスト除去に関する研究 第1報

野口 幸彦   中村 善治   向井 伸二   花村 典之

A Study on Removal of Cemented Dowels by Ultrasonics

Sachihiko Noguchi, Yoshiharu Nakamura, Shinji Mukai and Noriyuki Hanamura

Abstract : It is said that ultrasonic energy is effective in reducing retentive forces of dowels cemented to root canals. However, it is still not clear to what degree the retentive forces actually become reduced. Therefore, we started to measure retentive forces of dowels after applying of ultrasonic vibration. In this study, four kinds of cement, zinc-phosphate cement, carboxylate cement, glassionomer cement, adhesive resin cement, were used.

Results were as follows :

1. The retentive forces of dowels become $1/3 \sim 1/2$ values after 3 min. Ultrasonic vibration, except when the adhesive resin cement was used. Glassionomer cement showed the highest reduction rate, and zinc-phosphate cement and carboxylate cement followed it. Adhesive resin cement indicated the lowest reduction rate.

2. Until the first 1.5 min. vibration, the reduction rate of glassionomer cement was actually lower than that of zinc-phosphate cement and carboxylate cement. Glassionomer cement could be considerably resist until the occurrence of the initial crack of cement, but after that the destruction would progress very quickly.

3. Dowels cemented with zinc-phosphate cement could be easily removed by adding 5-10 min. vibration with an aid of some auxiliary tools.

Key words : ultrasonic energy, removal dowels, reduction of retentive forces

I. 緒 言

日常の歯科臨床においてポスト形成を行う際、脱落しないようにその保持力を考慮することはいうまでもない。継続歯、支台築造を行うにあたっては、ポスト部分の長さは歯根の $2/3$ あるいは歯冠長と同程度、太さに関

しては、歯根の $1/3$ 程度を目安としている。しかし、このようにして形成、合着されたポストを何らかのトラブルで除去しなくてはならない場合、これは容易なことではない。

ポスト除去に関しては色々な術式が紹介され、それに伴う除去用具が市販されている。しかし、必ずしもこれらの器具が使用可能とはいえず、時として歯の破折を招く場合もある。またタービンを使用し、削り取っていく場合もあるが、歯質も同時に削除してしまう場合が多く、歯質の強度低下をきたし、歯根の破折や穿孔の危険が大きくなる。

超音波発生装置は、本来歯の形成用として開発され

鶴見大学歯科補綴学第二講座（主任：花村典之教授）
The Second Department of Prosthodontic Dentistry, Tsurumi University, School of Dental Medicine (Chief and Director : Prof. Noriyuki Hanamura)
昭和63年1月21日受付

た¹²⁾が、歯石除去用具として、歯周疾患の有効な治療用具として応用普及された。しかし、近年この装置を単なる歯石除去用具としてだけでなく、根管治療用など多目的に使用する試みが報告され、実用化し、急速に普及してきている。これらの内、補綴領域では、鑄造修復物、補綴物の除去に効果があるとされている物がいくつかあり、これらの術式を紹介した論文もみられる³⁻⁷⁾。しかし、どの程度の効果があるかについて、明確にしている論文はみあたらない。そこでこの超音波発生装置を使ってポストの除去を試みる第一段階として、ポストの保持力をどの程度この装置を用いることにより、減少できるかについて、実験的に研究を行い以下の結果を得た。

II. 実験方法

1. 試料

実験にはアクリル棒と天然歯を使用した。

ポスト孔形成は、直径 10 mm、高さ 16 mm の円柱状のアクリル棒の中央に、両側テーパー 1/20、先端部直径 1.45 mm のバーで、8 mm の深さまで形成した。なお、

図 1 使用したバーおよびポスト

根管孔先端から太さ 1 mm でセメントの通路を形成した(図 1, 2)。また天然歯に関してはアクリル棒と同一規格のポスト孔を通法通り形成した。ただし天然歯には通路は形成しなかった。

ポストは図 2 に示すように、このポスト孔の規格に合

図 2 形成の終わったアクリル棒

表 1 ポストおよびポスト孔内面の表面粗さ (μmRz)

ポスト	
ステンレスポスト	5.33 (0.80)
鑄造ポスト	7.55 (1.44)
ポスト孔内面	
アクリル棒	4.55 (0.41)
天然歯	5.95 (1.22)

( ) : S.D.

表 2 合着材

種 類	メーカー・商品名	練和比	練和法	Lot. No.
リン酸亜鉛セメント	GC, エリート セメント 100	1.5g/0.5ml	6 分割	粉 241121
				液 231221
グラスアイオノマー セメント	松風ハイパーボンド グラスアイオノマー C	1.5g/1.0g	3 分割	粉 058635
				液 078697
カルボキシレート セメント	松風ハイパーボンド カルボセメント	2.2g/1.0g	2 分割	粉 098627
				液 108629
接着性レジン セメント	クラレ, パナビア EX	3.2g/1.0g	—	72092

表 3 実験の組合せ

ポストの種類	被 着 体	合 着 材
鑄造ポスト (金銀パラジウム合金)	天然歯	リン酸亜鉛セメント
	アクリル棒	リン酸亜鉛セメント
ステンレスポスト	アクリル棒	リン酸亜鉛セメント
		ガラスアイオノマーセメント
		カルボキシレートセメント
		パナピア EX

図 3 使用した合着材

うように製作された、ステンレス鋼製のもの（以下ステンレスポストと略す）、および既製プラスチックパターンを通法により 12% 金銀パラジウム合金（GC 社製キャストウェル MC 12）にて鑄造したもの（以下鑄造ポストと略す。）の 2 種を使用した。

ステンレスポストは 50 μm アルミナサンドブラストによる表面処理を 5 気圧で 30 秒間行い、その後 5 分間、水道水で超音波洗浄を行った。表 1 にポストおよびポスト孔内面の表面粗さを示す。

合着には表 2、図 3 のリン酸亜鉛セメント、ガラスアイオノマーセメント、カルボキシレートセメント、リン酸エステル系接着性レジンセメントの 4 種のセメントを使用した。練和は各メーカー指示による方法で行ったが、リン酸亜鉛セメントについては、練板冷却機（クールトロン）を使用した。

試料は表 3 の組合せで行った。鑄造ポストを用い、天然歯、およびアクリル棒にリン酸亜鉛セメントで合着したもの、ステンレスポストを用い、アクリル棒にリン酸亜鉛セメント、ガラスアイオノマーセメント、カルボキシレートセメント、接着性レジンセメントで合着したものの、計 6 種類について実験を行った。以上の組合せにおけるポスト孔とポストの適合度を表 4 に示す。

表 4 ポストの適合度 (μm)

アクリル棒……ステンレスポスト	71.7 (26.4)
アクリル棒……鑄造ポスト	46.3 (18.4)
天然歯……鑄造ポスト	68.3 (17.3)

( ) : S.D.

図 4 ポストを合着した試料

図 5 超音波発生装置、エナックⅢ型

合着はポスト孔内にセメントを満たし手圧にて加圧、合着した（図 4）。合着した試料は相対湿度 100%、温度 37°C の恒温恒湿槽内に 24 時間保管した。

2. 超音波による負荷試験

実験に使用した超音波発生装置は、長田電気工業社製エナック 3 型とした (図 5)。メーカーによれば本機の基本周波数は 30 kHz で出力のスケールが 1~10 (0.8~4 w) となっており、根管処置、スケーリング、鑄造修復物の除去などに用いることが出来るとされている。

超音波発生装置のチップはエナック付属の除去用チップを使用し、図 6 のように試料を固定台に厚さ 1 mm の弾性シリコンチューブを介在させ固定し、試料の歯軸に対して 45° の方向から最大出力で 50 g の荷重がかかりながらチップ先端がポスト先端部にあたるように固定し、出力スケール 10 とし、1 分 30 秒、および 3 分間作用させた。なお、天然歯を使用した場合には 10 分、お

よび 15 分についても行った。

3. 保持力の測定

保持力の測定は、超音波の負荷をかけた直後に、上島製作所製ユニトロン、モデル UST-F-1000 P を用い引抜試験をクロスヘッドスピード 2 mm/min で行い、引き抜くのに要した最大の力を計測し、ポストの保持力とした。なお測定は各条件各々 10 回ずつ行った。また、超音波を作用させなかったものをコントロールとした。

III. 実験結果

アクリル棒を使った実験の保持力の測定結果を表 5、図 7 に示す。

ステンレスポストを使用した場合、超音波を作用させないコントロールの保持力は、接着性レジンセメントが最も大きく、ついでグラスアイオノマーセメント、カルボキシレートセメント、リン酸亜鉛セメントの順となった。また鑄造ポストとステンレスポストの比較では鑄造ポストが約 2 倍ちかい値を示した。

超音波を作用させることによりその保持力は低下している。ここでアクリル棒を使用した場合の保持力について、超音波を作用させなかった時の保持力を 100 とし、保持力を指数として表したものを表 6、図 8 に示す。また、この保持力の低下に関して、統計的に保持力に差があるかどうかの検定を行った結果を表 7 に示す。

これらの結果から、アクリル棒を使った実験では超音波を作用させた場合の保持力は、かけなかったコントロールのものと比較して 1 分 30 秒間の作用では 1.7~28.5% の減少を示し、リン酸亜鉛セメントのみが有意

図 6 試料の固定と超音波作用方向

表 5 保持力 (kgf)

ポストの種類	合 着 材	エナック作用時間		
		0 分 (control)	1 分 30 秒	3 分
鑄造ポスト (金銀パラジウム合金)	リン酸亜鉛セメント	10.6 (1.7)	8.8 (1.4)	5.4 (1.7)
	リン酸亜鉛セメント	5.9 (1.0)	4.2 (1.3)	2.1 (1.0)
ステンレスポスト	グラスアイオノマーセメント	6.6 (1.3)	6.4 (1.7)	1.9 (1.1)
	カルボキシレートセメント	6.0 (1.3)	5.4 (1.1)	2.4 (1.6)
	バナビア EX	12.6 (2.3)	12.4 (3.1)	10.0 (1.7)

( ) : S.D.

図 7 保持力の測定結果
アクリル棒の場合

図 8 保持力の減少率
アクリル棒の場合

表 6 保持力の指数

ポストの種類	合 着 材	エナック作用時間		
		0分 (control)	1分30秒	3分
鋳造ポスト (金銀パラジウム合金)	リン酸亜鉛セメント	100	83.1	50.3
	リン酸亜鉛セメント	100	71.5	35.2
ステンレスポスト	グラスアイオノマーセメント	100	96.8	28.2
	カルボキシレートセメント	100	89.6	39.6
	パナビア EX	100	98.3	78.9
	リン酸亜鉛セメント	100	71.5	35.2

表 7 ポストの保持力における差異の検定

作用時間	鋳造ポスト		ステンレスポスト		
	リン酸亜鉛 セメント	リン酸亜鉛 セメント	グラスアイオノマー セメント	カルボキシレート セメント	パナビア EX
1分30秒	*	**	N.S.	N.S.	N.S.
3分	***	***	***	***	**

* : significant at 0.05

** : significant at 0.01

*** : significant at 0.001

N.S. : not significant

差を示した。3分間の作用時間では接着性レジンセメント以外では 1/2~1/3 に低下し、すべてに有意差がみられた。

天然歯を使用した実験の保持力の測定結果を表 8 に示す。また超音波を作用させなかった時の保持力を 100 と

し、各保持力を指数として表したものを表 9、図 9 に示す。これによると、超音波をかけないコントロールの値は、アクリル棒を使用した実験で得られたリン酸亜鉛セメントの値より約 3 倍近い高い値を示した。

1分間作用させた保持力の指数は 76.9 とアクリル棒

表 8 保持力 (kgf)
天然歯に鑄造ポストを使用した場合

合 着 材	エナック作用時間				
	0 分 (control)	1 分 30 秒	3 分	10 分	15 分
リン酸亜鉛セメント	28.9 (5.8)	22.3 (6.7)	19.8 (10.7)	7.0 (4.8)	3.0 (2.9)

( ) : S.D.

表 9 保持力の指数
天然歯に鑄造ポストを使用した場合

合 着 材	エナック作用時間				
	0 分 (control)	1 分 30 秒	3 分	10 分	15 分
リン酸亜鉛セメント	100	76.9	68.5	24.1	10.5

図 9 保持力の減少率
天然歯に鑄造ポストを使用した場合

で得られた指数 (鑄造ポスト 83.1 ステンレスポスト 71.5) とほぼ同じ位であったが、3 分間作用させたものでは 68.5 とアクリル棒の 50.3 よりかなり高い値を示した。また 10 分では 24.1、15 分では 10.5 と大きな減少率を示した。

IV. 考 察

われわれは、何らかの必要性からポストをはずす必要がある場合に、超音波発生装置を用いてポスト除去が少しでも容易に行えるようにするために本実験を行った。理論的に考えてもこれらの装置がある程度ポストの保持力を減少させることは予想できる。従来、これら超音波発生装置を使ってポスト除去が容易に行えるという報告がなされている。しかし、これらの装置を使ってどの程

度の効果があるかについては報告されていない。そこでわれわれは超音波発生装置を使うとどの程度ポストの保持力を減少しうるかを検討した。

本来ならばこれら保持力の実験には、実際の生体内で行われるのが理想であるが、実際にはこれが行えないのでシュミレーション実験とした。

実験にはアクリル棒と抜去天然歯を用いた。アクリル棒を使用した目的は、透明なアクリル棒を使用することにより、セメント層内の破壊状況を観察する目的と、抜去天然歯や牛歯などを使用した場合の個体間のバラツキを取り除くため、まずこのアクリル棒を使って実験を行った。これにより傾向を確認した後に、抜去天然歯を使って傾向の再確認を行った。

アクリル棒を使用した時と天然歯を使用した時の比較をすると、共に鑄造ポストをリン酸亜鉛セメントで合着し、超音波を作用させなかった場合には、天然歯のほうが 3 倍近い保持力を示した。天然歯が大きい値になった理由として考えられる原因は、まずアクリル棒より天然歯のほうが表面あらさが高く、かつ表面がぬれやすいことが考えられる。また、リン酸亜鉛セメントでは、練和時の酸性度が非常に高く、根管内の象牙質表層に形成されたスメヤー層を溶かし、象牙細管までリン酸亜鉛セメントが入りこんでいくことが考えられ、これによって保持力に差が生じたと考えている。ポスト材の種類もステンレスポストと鑄造 12% 金銀パラジウム合金ポストで行っている。ステンレスポストは既製品であるのでバラツキが少なく、表面性状も一定になりやすく、鑄造によるバラツキを除外するためこれを使用した。アルミナサンドブラストを行ったステンレスポストと鑄造ポスト

との違いを検討すると、おなじアクリル棒に対してリン酸亜鉛セメントを用いて合着し、超音波を作用させなかった時の引張り強さはステンレスポスト 5.9 kg、鑄造ポスト 10.6 kg と鑄造ポストの保持力のほうが強い傾向を示した。この原因としては表面あらさでは各 5.3 μm Rz, 7.6 μm Rz とやや鑄造ポストのほうが粗さが大きく、適合度ではアクリル棒に対してステンレスポスト 71.7 μm (40~90 μm)、鑄造ポストでは 46 μm (40~70 μm) であり、適合も鑄造ポストのほうが勝っていたことによると考えられる。

アクリル棒における各セメントの違いによる超音波を作用させない時点での保持力の結果では、接着性レジンセメント、ガラスアイオノマーセメント、カルボキシレートセメント、リン酸亜鉛セメントの順となった。林ら⁸⁾による今回と同一のポストを象牙棒に合着した実験でも接着性レジンセメントはリン酸亜鉛セメントの約二倍とほぼ同様の傾向を示している。一般に保持力は、そのセメントの引張り強さと接着強さに関係があるとされている。これらの内接着力があると考えられているのはリン酸亜鉛セメント以外の3種であるが、アクリル棒とは接着が期待できない。

超音波発生装置を使ったポスト除去の機構を考えると、超音波の振動による圧縮と引張りがセメントに繰返し作用することによってセメント層内に疲労が蓄積し、形態的に応力のかかりやすい部位のセメント層内に亀裂が生じこれが起始点となり3次元的に亀裂が拡大し、セメントの崩壊が起こると考えられており、われわれはこうした過程の中では、セメントの接着力は、比較的早期に減少してしまうと考えている⁹⁾。すなわち、今回アクリル棒を使って接着力の因子を除外して実験を行ったが、この接着という因子を除外しても超音波の効果を知る上では、その傾向には、あまり作用しなかったと考えている。

アクリル棒を使用した実験でポストを合着したセメントによって超音波発生装置による保持力の減少率に変化があることが分かった。これは、超音波によるセメント層内に繰返し与えられる負荷にたいしてセメントがどれだけ耐えるかを表しており、一般にこれらのセメントの抗破壊力は引張り強さや圧縮強さに関係していると考えられてきたが、超音波によるセメントの破壊はセメント層内の疲労や亀裂の広がりにも関係していると思われる。これからすると、接着性レジンセメントはももとの引張り強さや圧縮強さが強いに加えて、フィラーを加えてあるので亀裂の進行も防ぐ効果があるのではない

かと考えられる。これに対してガラスアイオノマーセメントはももとの圧縮強さなどは接着性セメントと同程度と大きい。超音波の負荷に対して保持力の減少が他のセメントに比して特に大きく、疲労や亀裂が入りやすい性格をもっていることが想像される。

鑄造ポストとステンレスポストとの比較では鑄造ポストのほうが超音波による保持力の減少率が低い傾向であったが、ほぼ同様の結果であった。

また天然歯を使った実験では、超音波を作用させなかった時の保持力は、前述の林の結果⁸⁾とほとんど同一の値となった(今回 28.9 kgf、林ら 28.5 kgf)。しかし、そのバラツキはアクリル棒を使った時よりかなり大きい傾向を示した。

超音波を歯に作用させた場合に問題となる歯周組織への影響については、問題がないとする意見¹⁰⁻¹²⁾と、為害作用があるとする意見¹³⁻¹⁴⁾とに分かれている。斎藤ら⁵⁾は臨床における211例の除去症例において歯髄や歯周組織に超音波によると思われる二次的障害はみられなかったとしており、われわれも短時間の使用なら問題はないのではないかと考えている。

超音波を作用させた時の保持力の減少は、3分で68.5%、10分で24.5%となり、他のポスト除去用具を併用することを考えると、保持力が10 kgf以下位になると比較的簡単に除去できるようなので、この条件なら、5~10分間程度作用させると良いのではないかと考えられる。

このように、超音波発生装置を使用したポスト除去法は、かなり大きな効果が期待できることが分かった。

V. 結 論

ポスト除去に効果のあるとされる、超音波発生装置によって、ポストの保持力がどの程度減少するかについて実験を行い以下の結論を得た。

1. 超音波を作用させることによりいずれのセメントでも保持力は低下した。3分間作用させた場合では減少率の大きい順では、ガラスアイオノマーセメント、リン酸亜鉛セメント、カルボキシレートセメント、接着性レジンセメントの順となり、作用させなかった時に比べ、接着性レジンセメントを除き保持力が1/2~1/3に低下した。

2. ガラスアイオノマーセメントはリン酸亜鉛セメントやカルボキシレートセメントに比べ、1.5分作用では保持力の減少率は小さいが、3分では逆に大きくなり、

いちど破壊しはじめるとセメント層内の破壊が進みやすいと考えられる。

3. リン酸亜鉛セメントの場合、臨床的なことを考えると、ほぼ 5 ~ 10 分間程度超音波を作用させ、他の用具を併用して比較的容易にポスト除去ができるようになると思われる。

現在超音波発生装置を使ったポスト除去法を臨床に応用し、良い結果が得られているので、その結果を今後報告したいと思っている。

稿を終えるにあたり、実験に関して協力していただいた、長田電気工業、谷津 顕氏に感謝いたします。

なお、本論文の要旨の一部は昭和 62 年 6 月 13 日、第 25 回鶴見歯学会例会において発表した。

文 献

- 1) Oman, C.R. and Applebarn, E. : Ultrasonic cavity preparation. Preliminary report, New York State D.J., 20 : 256~260, 1954.
- 2) Oman, C.R. and Applebarn, E. : Ultrasonic cavity preparation. II. Progress report, JADA 50 : 414~417,, 1955.
- 3) Krell, K.V., Jordan, R.D., Madison, S. and Aquilino, S. : Using ultrasonic scalers to remove fractured root posts, J Prosthet Dent, 55 : 46~49, 1986.
- 4) Glick, D.H. and Frank, A.I. : Removal of silver points and fractured posts by ultrasonics, J Prosthet Dent, 55 : 212~215, 1986.
- 5) 斎藤裕志, 久保田稔, 小松正志, 奥田礼一 : 超音波による鑄造修復物の除去, 日歯保誌, 26 : 455~460, 1983.
- 6) 奥田礼一, 斎藤裕志 : 超音波による鑄造修復物の非破壊撤去, 歯界展望, 61 : 1341~1350, 1983.
- 7) 西川博文 : 器具の破折と残留の処置と問題点, 歯科ジャーナル, 21 : 823~834, 1985.
- 8) 林 忠義, 神山稔巳, 花村典之 : 支台築造用既製ポストに関する研究, テーパーポストについて, 鶴見歯学, 13 : 270, 1987.
- 9) 野口幸彦 : 鑄造支台築造の保持力に関する研究, 補綴誌, 29 : 771~788, 1985.
- 10) Butt, B.G., Harris, N.O., Shannon, I. and Zander, H.A. : Ultrasonic removal of tooth structure 1. A histopathologic evaluation of pulpal response in monkeys after ultrasonic cavity preparation, JADA, 55 : 32~36, 1957.
- 11) Zach, L. : Ultrasonic cavity preparation : effect on the immature dentition, J Prosthet Dent, 8 : 139~146, 1958.
- 12) Mallernee, R.E. : The effect of ultrasonic energy on the periodontal membrane, alveolar bone, and gingiva, J Prosthet Dent, 8 : 147~151, 1958.
- 13) Hansen, L.S. and Nielsen, A.G. : Comparison of tissue response to rotary and ultrasonic dental cutting procedures, JADA, 52 : 131~137, 1956.
- 14) Nielsen, A.G. and Kennedy, J.J. : Gross manifestations of tissue response to rotary ultrasonic dental cutting procedures, JADA, 56 : 203~210, 1958.