



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電氣的根管長測定器を応用した垂直歯根破折面の超音波切削が間隙封鎖性向上に及ぼす効果
Author(s)	川端, 伸也; 菅谷, 勉; 川浪, 雅光
Citation	北海道歯学雑誌, 33(2), 53-61
Issue Date	2013-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/52444
Type	journal article
File Information	01-kawabata.pdf



原 著

電氣的根管長測定器を応用した垂直歯根破折面の 超音波切削が間隙封鎖性向上に及ぼす効果

川端 伸也 菅谷 勉 川浪 雅光

抄 録：垂直破折歯根を接着する治療法は、破折間隙の細菌を除去して接着、封鎖することが基本である。本研究の目的は、超音波チップと歯根表面とのインピーダンスを計測しながら破折線を根管内から切削することで、接着後の封鎖性が向上するかを、抜去歯を用いて検討することである。

ヒト抜去歯を歯軸方向に破折させて元の位置に復位し、超音波スケーラーにUファイルを接続して破折線を根管側から歯根表面に向って1箇所のみを切削、Uファイルと歯根表面とのインピーダンスを8000Hzと400Hzの2つの周波数で計測するとともに、ファイル先端と歯根表面との距離を計測した。

次にヒト抜去歯を垂直破折させ、元の形態に整復、破折線の一方を切削群、もう一方を非切削群とした。切削群は超音波エンドファイルを用いて歯根表面とのインピーダンスを計測しながら、ルートZXの指示値で0.5または1.0の位置まで破折線全体を切削した。非切削群の破折線は切削しなかった。両群ともポストをスーパーボンドで接着して破折間隙を封鎖、色素侵入試験を行った。

ファイルの位置と歯根表面とのインピーダンス値の計測結果から、破折間隙が300 μ m以下であれば、インピーダンス値の比が0.88（ルートZXの指示値1.0）まではファイルが歯根表面に突き出すことはなく、インピーダンス値が0.81（ルートZXの指示値1.0）まででは15.4%が突き出していた。

超音波ファイルで破折線を切削して接着した場合の切削群と非切削群の色素侵入距離は、ルートZXの指示値0.5までの場合が $182.6 \pm 98.1 \mu\text{m}$ と $627.4 \pm 264.1 \mu\text{m}$ 、1.0までの場合が $220.6 \pm 146.8 \mu\text{m}$ と $547.3 \pm 235.4 \mu\text{m}$ で、いずれも切削群が有意（ $p < 0.01$ ）に小さかった。

本研究により、インピーダンスを測定しながら破折間隙を切削することは、過剰な切削を避けながら封鎖性を高めるのに有効と考えられた。

キーワード：垂直歯根破折、口腔内接着法、インピーダンス、封鎖性

緒 言

平成17年の8020財団の調査によれば、抜歯原因の11%が歯根破折と報告¹⁾されている。さらに、歯根破折は辺縁性歯周炎や根尖性歯周炎と類似した病態を示すことが多いため誤診されている症例も多いと考えられ、抜歯原因に占める歯根破折の割合はさらに多いのが実態と思われる。また、定期的にメンテナンスされている患者が歯を失う原因としては、歯根破折が最も多いという報告^{2,3)}もあることから、歯根破折の治療法を確立することは、歯の保存のためにはきわめて重要な課題と考えられる。

垂直破折した歯根は抜歯が適応とされてきたが、我々は10数年にわたり垂直歯根破折治療の基礎研究および臨床研究を行ってきた⁴⁻¹³⁾。垂直歯根破折後に生じる歯周組織の

炎症は、初期には破折間隙の細菌汚染が主体^{5,12)}であることから、破折間隙の汚染を除去して接着性レジンで封鎖することが治療の基本となる。その具体的手法として大きく分けると2つの方法がある。すなわち、破折歯根を一旦抜歯し、口腔外で汚染を除去してから接着後に再植する方法と、非外科的に根管内より汚染除去、接着を行う方法である^{8,14)}。

抜歯して口腔外で接着し再植する方法は、動物実験による病理組織学的な研究で炎症や歯根吸収がなく良好な治療状態であった⁸⁾。臨床成績もprobing depthや骨吸収の改善が多くの症例で得られた^{7,9,14-16)}。しかし、侵襲が大きいことや、抜歯時に歯根が破折したり、歯根膜を損傷して術後の根吸収が生じたりするなど、症例によっては適応が難しく、治療に伴うリスクは高いと言える。一方、根管内か

ら非外科的に破折間隙の封鎖を行う方法は、動物実験では歯根膜に炎症が残り、歯槽骨吸収も認められ⁸⁾、臨床的にもprobing depthや骨吸収の改善が不十分な症例が多かった^{7,9)}。この原因は、根管内から処置する場合には破折間隙の清掃や封鎖が不確実になるためと考えられた。破折線に汚染がなく健康な歯根膜が破折間隙を被覆していれば、セメント質が増生して破折間隙を封鎖する可能性も考えられるが、富田らの報告⁸⁾では、ビーグル犬の歯根を破折して根管内から破折間隙を接着し、8週経過しても未封鎖の破折間隙がセメント質の増生によって封鎖された所見はなかったことから、破折間隙がセメント質で封鎖されることは期待できないと思われる。さらに、垂直破折歯根の破折線に感染歯質が残存すると、炎症を起こすだけでなくレジンの接着が低下^{18,19)}して死腔ができ、細菌が再増殖したり応力が集中して再破折の基点となったりする危険性がある²⁰⁾。したがって、根管内から破折間隙を接着する方法の治療成績を向上させるためには、歯根表面まで破折線を切削して接着、封鎖することが重要と考えられる。

しかし、過剰に切削して破折間隙の幅が広がると、肉芽組織が破折間隙内に侵入して、その後の清掃や接着を障害するとともに、歯周組織に接するレジンの幅が広がることで、ポケット上皮の下方増殖を引き起こしやすくなる¹¹⁾。そこで、電氣的根管長測定器で破折間隙と歯周組織とのインピーダンスを計測しながら破折間隙の切削を行う方法を検討した。

垂直歯根破折治療の適応を拡大し、成功率を高めるためには、非外科的に根管内から破折線を歯根表面まで切削して破折間隙の汚染を除去し、接着性レジンの流入スペースを形成することが有効と考えられる¹⁷⁾。根管側から破折線を歯根表面まで切削し、しかも過剰な切削を防止するためには、切削器具先端と歯根表面との位置関係を知ることが重要であるが、その方法は確立していないのが現状である。

そこで、電氣的根管長測定器を用いて超音波スケーラーのチップと歯根表面とのインピーダンスを計測しながら破折線を切削することで、切削の過不足が最小限になり、封鎖性も向上すると考え、本研究では、まず実験1で破折間隙におけるファイル先端から歯根表面までの距離とインピーダンス値との関係を検討し、実験2では、実験1の結果をもとにして、超音波スケーラーで破折間隙を一定のインピーダンス値まで切削して接着した場合の封鎖性を評価した。

材 料 と 方 法

実験1. ファイル先端と歯根表面の距離とインピーダンスとの関係

1) 垂直破折歯根モデルの作製法

ヒト抜去歯30本の歯冠を切除して、歯根をマイセルとマレットで歯軸方向に4分割した。2つの破折片の間に0～

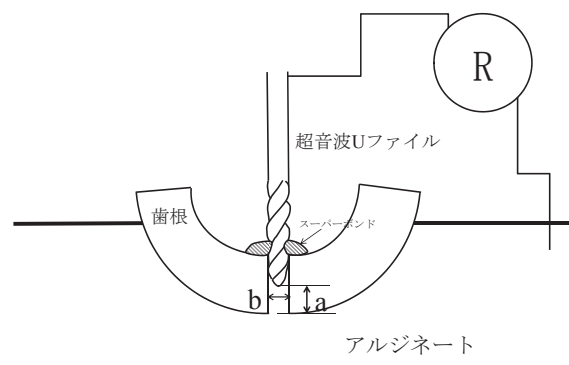


図1. 実験1の模式図

a : ファイルから歯根表面までの距離。 b : 破折間隙の幅。

240 μ mの板状のセロファン樹脂を挟み、破折片が離れないように破折片の最歯冠側と根尖孔部を4-META/MMA-TBBレジン（スーパーボンド、サンメディカル、滋賀）で接着、固定し、半切した垂直破折歯根モデルを作製した。スーパーボンド硬化後に樹脂を除去し、歯根表面が生理食塩水で練和したアルジネート印象材（アルフレックス、株式会社ニッシン、東京）に接するように固定した（図1）。

2) 計測方法

サイズ#25のUファイル（ソルフィー Ultrasonic file, モリタ製作所、京都）を超音波スケーラー（ソルフィー ZX, モリタ製作所、京都）に接続し、破折間隙を根管側から歯根表面に向かって1箇所のみを非注水下で切削した。任意の深さまで切削したところで切削を止め、デンタポートのインピーダンス値測定機能付き試作ルートZXモジュールを用いて、8000Hzと400Hzの周波数でUファイルとアルジネート印象材が接触している歯根表面との間のインピーダンスを計測し、Uファイルをスーパーボンドで破折歯根に接着、固定した。インピーダンスの計測とUファイルの固定は1歯に2～3箇所とし合計70箇所で行った。

Uファイルを固定した歯根を歯軸に垂直に切断して、Uファイルと根表面の位置関係がわかるようにUファイルを露出させ、光学顕微鏡（BX50, オリンパス、東京）を用いて、Uファイル先端から歯根表面までの距離、および破折間隙幅を計測した（図1）。各計測結果と各波長におけるインピーダンス値およびインピーダンス値の比との関係を、統計解析ソフトSPSS II for WINDOWS（IBM、アメリカ）を用いて分析し、破折間隙を切削する際にファイル先端位置を知るための指標となるインピーダンス値を検討した。

実験2. 電氣的根管長測定器内蔵超音波スケーラーで破折間隙を切削した場合の封鎖性向上効果

1) 垂直破折歯根モデルの作製

ヒト抜去歯（単根歯）20本の歯冠を切除し、根管をピー

ソーリーマー（マニー、栃木）でフレアーに形成、即時重合レジン（UNIFAST II CLEAR, ジーシー、東京）に歯根を埋植しジグを作製した。レジン硬化後に歯根を取り出してマイセルとマレットで歯軸方向に破折した。破折歯根を整復して、破折片が離開しないように破折片の最歯冠側と根尖孔部約2mmをスーパーボンドで接着した。シリコン印象材（JIM SILICONE レギュラータイプ、モリタ製作所、京都）で根管の印象を採得し、ファイバーポストとポストレジジン（i-TFCシステム、サンメディカル、滋賀）を用いて間接法でポストを作製した。

次にレジン製ジグ内にアルジネート印象材を填入し、破折歯根を元の位置に復位、ソルフィー ZXの電極をアルジネート印象材に接続した。

2) 破折線の切削と破折間隙の接着方法

破折線の一方を切削群、もう一方を非切削群とし、切削群の破折線はソルフィー ZXに超音波エンドファイル（サイズ#25, テーパー05, マニー、栃木）を接続して、マイクロスコープ（DMS25, マニー、栃木）下で、根管内部から切削、形成した。ソルフィー ZXには、設定したメーター指示値に達した時点で超音波振動が停止するオートストップ機能があり、その設定値は実験1のデータを元に0.5および1.0とした。非切削群の破折線は切削しなかった。

根管と破折間隙を水洗、乾燥後、根管内に10%クエン酸3%塩化第2鉄溶液（表面処理材グリーン、サンメディカル、滋賀）をシリンジで満たし、5秒後に水洗、スリーウェイシリンジ先端に洗浄針をとりつけて、根管と破折間隙を十分にエアブローし乾燥した。スーパーボンドのポリマー粉末（混和ラジオベーク、サンメディカル、滋賀）をメーカー指示通りにモノマー液、キャタリストに混和し、シリンジで根管内に満たし、間接法で作製したポストを挿入、接着した。

3) 色素漏洩試験

湿度100%で24時間硬化させた後、0.5%塩基性フクシン水溶液に24時間浸漬、エポキシ樹脂で包埋後、歯軸に対して垂直に1mm間隔で精密切断機（ISOMET LOW SPEED SAW, BUEHLER, 東京）で切断した。切断面を光学顕微鏡で撮影し、画像をパーソナルコンピュータに取り込んで、画像解析ソフトimage Jを用いて計測を行った。計測項目は、①根管壁の厚さ、②破折間隙への色素侵入距離、③歯根表面における破折間隙の幅、④未切削の破折線の長さ（未切削距離）とした（図2）。

統計処理には統計解析ソフトSPSS II for WINDOWSを用いて、切削群と非切削群の比較にはWilcoxonの符号付順位と検定、オートストップ1.0とオートストップ0.5での比較はMann-Whitney U検定を有意水準5%で行った。

4) 走査型電子顕微鏡での観察

色素侵入試験後の試料の一部を脱水、乾燥、白金—パラジウム蒸着し、走査型電子顕微鏡（S-4000, 日立製作所、東京）（加速電圧：10KV）で破折間隙のレジンと歯質との界面を観察した。

結 果

実験1. ファイル先端と歯根表面の距離とインピーダンス値との関係

歯根表面からファイル先端までの距離とインピーダンス値との関係を周波数と破折間隙幅で比較すると、周波数が400Hzの場合は破折間隙幅による影響が少なかったが、8000Hzでは破折間隙幅が広くなるとばらつきが多くなった。破折間隙幅が300 μ m以下の場合、400Hzおよび8000Hzのインピーダンス値との相関係数はそれぞれ0.62と0.74で、破折間隙幅が300 μ mより広い場合は0.64と0.23であった（図3）。

一方、歯根表面からファイル先端までの距離とインピー

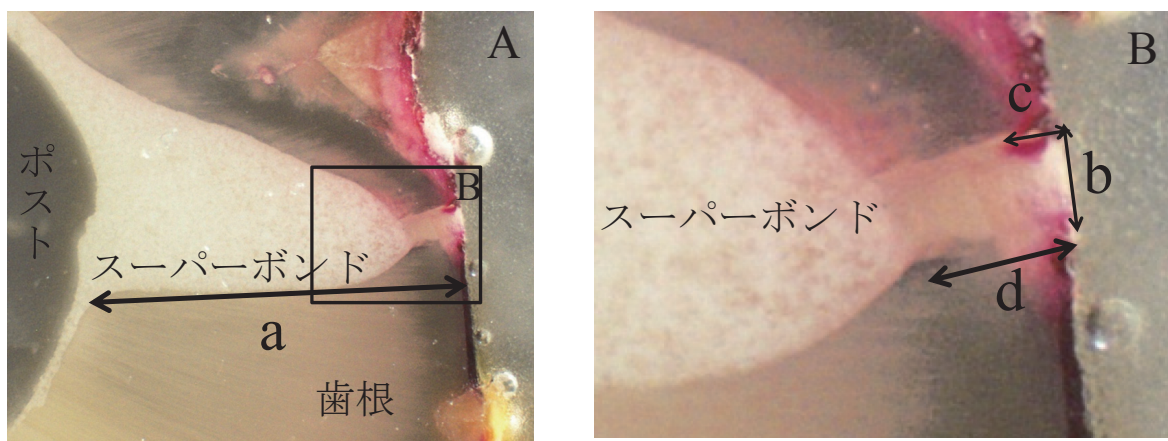


図2. 実験2の計測項目

a : 根管壁の厚さ b : 破折間隙の幅 c : 色素侵入距離 d : 未切削距離 B : Aの拡大

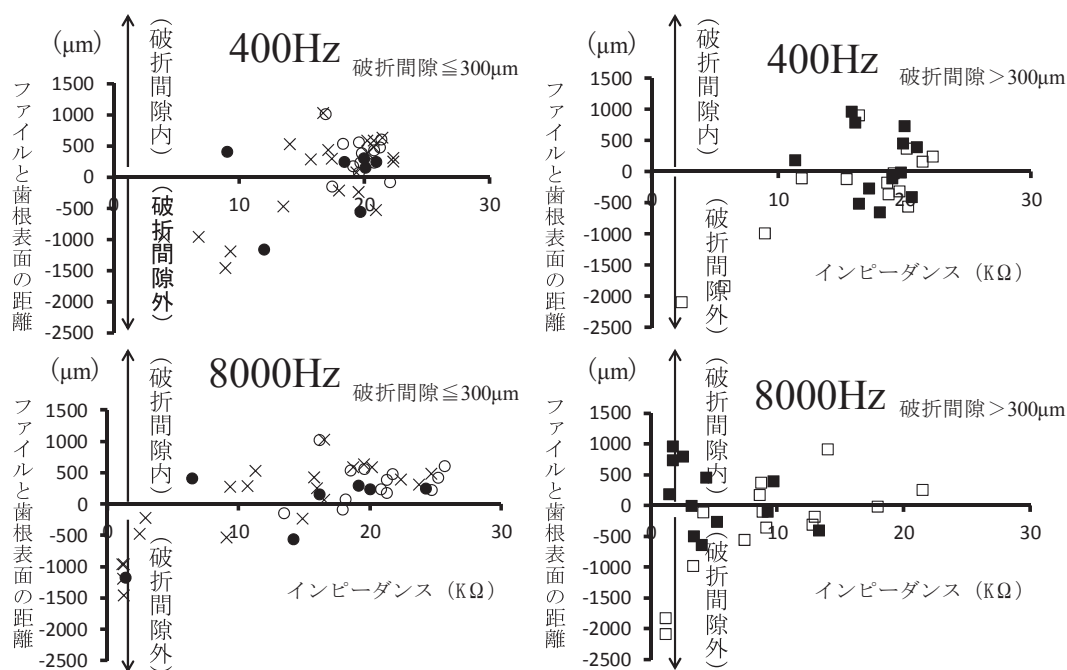


図3. ファイル先端から歯根表面までの距離とインピーダンス値

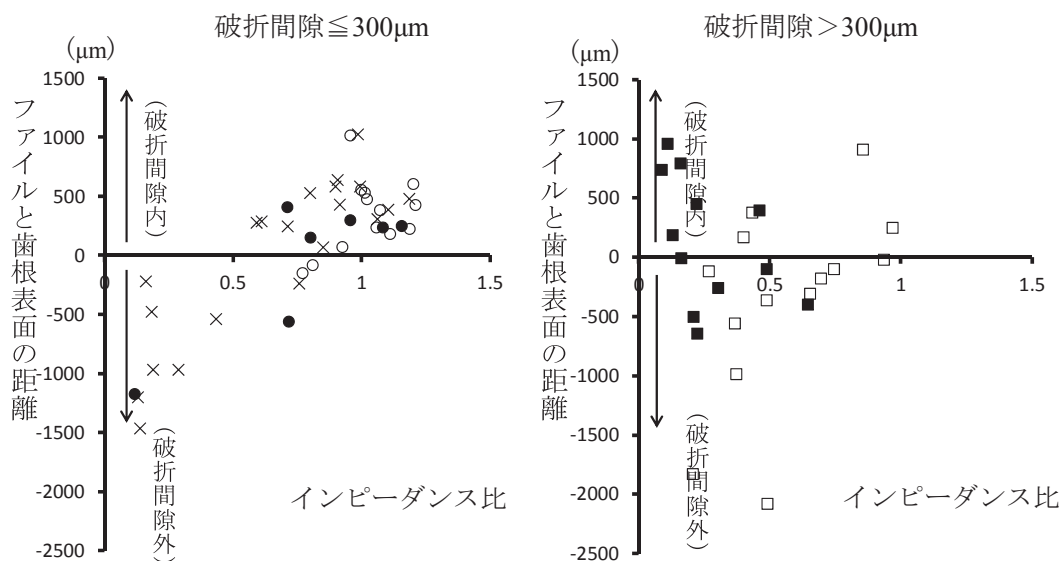
破折間隙幅 ○：～100 μm , ●：101～200 μm , ×：201～300 μm , □：301～400 μm , ■：401 μm ～

図4. ファイル先端から歯根表面までの距離とインピーダンス値の比

破折間隙幅 ○：～100 μm , ●：101～200 μm , ×：201～300 μm , □：301～400 μm , ■：401 μm ～

ダンス値の比との関係を破折間隙幅と比較すると、300 μm より広い場合は大きなばらつきを示し相関関係が見られなかったが、300 μm 以下の場合には破折間隙幅の影響は少なく、相関係数は0.82となり正の相関関係が見られた(図4)。破折間隙幅が300 μm 以下の場合、インピーダンス値の比が0.88以上であればファイルが歯根表面から突き出した試料はなく、インピーダンス値の比が0.81以上ではファイルが歯根表面から突き出した試料は15.4%であった。

実験2. 電氣的根管長測定器内蔵超音波スケーラーで破折間隙を切削した場合の封鎖性向上効果

オートストップの設定値を0.5に設定した場合、根管壁の厚さ(歯根表面と根管壁との距離)は、切削群、非切削群でそれぞれ $1254.0 \pm 413.1\mu\text{m}$, $1244.0 \pm 397.4\mu\text{m}$, 破折間隙幅はそれぞれ $72.5 \pm 32.2\mu\text{m}$, $71.9 \pm 41.3\mu\text{m}$ で、切削群と非切削群の間に有意差は認められなかった($p > 0.05$)(表1)。色素侵入距離はそれぞれ $182.6 \pm 98.1\mu\text{m}$, $627.4 \pm 264.1\mu\text{m}$ で、切削群の方が有意に低かった($p < 0.01$)(表1)。

表1 実験2の計測結果

オートストップ設定	切削群				非切削群		
	根管壁の厚さ (μm)	色素侵入距離 (μm)	破折間隙 (μm)	未切削距離 (μm)	根管壁の厚さ (μm)	色素侵入距離 (μm)	破折間隙 (μm)
0.5	1254.0 $\pm$ 413.1	182.6 $\pm$ 98.1	72.5 $\pm$ 32.2	299.6 $\pm$ 156.1	1244.0 $\pm$ 397.4	627.4 $\pm$ 264.1	71.9 $\pm$ 41.3
1.0	987.8 $\pm$ 362.3	220.6 $\pm$ 146.8	118.4 $\pm$ 56.1	429.7 $\pm$ 202.1	1100.3 $\pm$ 478.4	547.3 $\pm$ 235.4	79.7 $\pm$ 21.9

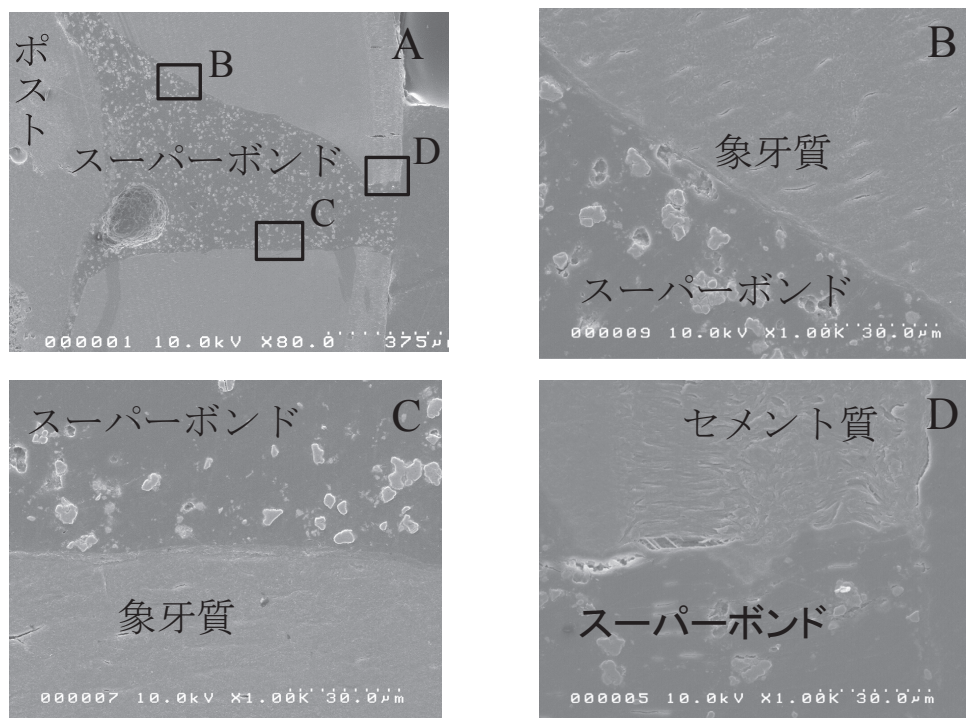
* : $p < 0.01$ 

図5. 破折間隙のSEM像

B～DはAの各部の拡大像。セメント質内部とレジン内部にはアーチファクトと考えられる間隙がわずかにみられるが(D), スーパーボンドと根管壁の間にはいずれの部位でも間隙はみられない。

オートストップの設定値を1.0に設定した場合も同様に、根管壁の厚さは、切削群、非切削群でそれぞれ $987.8 \pm 362.3 \mu\text{m}$, $1100.3 \pm 478.4 \mu\text{m}$, 破折間隙幅はそれぞれ $118.4 \pm 56.1 \mu\text{m}$, $77.7 \pm 21.9 \mu\text{m}$ で、切削群と非切削群の間に有意差は認められなかった ($p > 0.05$) (表1)。色素侵入距離はそれぞれ $220.6 \pm 146.8 \mu\text{m}$, $547.3 \pm 235.4 \mu\text{m}$ で、切削群の方が有意に低かった ($p < 0.01$) (表1)。

切削群の未切削距離は、オートストップ設定値が0.5と1.0でそれぞれ $299.6 \pm 156.1 \mu\text{m}$, $429.7 \pm 202.1 \mu\text{m}$ で(表1), 未切削距離が0 μm すなわち歯根表面まで切削されていたのは、オートストップ設定値が0.5の場合20.9%, オートストップ設定値が1.0の場合は4.6%であった。

破折間隙のスーパーボンドと歯質との界面を走査型電子

顕微鏡で観察したところ、破折間隙のいずれの部位でも間隙はみられなかった。(図5)。

考 察

電氣的根管長測定器は1958年に砂田ら^{21, 22)}により開発されたもので、その後根管内の電導性の影響を受けにくい2波長相対値法を用いた機種へと発展²³⁻²⁵⁾し、根尖孔の位置を知るために広く日常臨床で用いられている。根管内のファイルと根尖孔とのインピーダンスとファイル先端位置との関係を調べた研究は多いが²⁶⁻²⁹⁾、2波長相対値法を用いた根管長測定器でも穿孔や根尖孔の大きさなどに影響されることから^{30, 31)}、まず垂直破折歯根の破折間隙において、ファイル先端と歯根表面とのインピーダンスと

ファイル先端の位置関係を検討した。

電氣的根管長測定器にはインピーダンス値測定機能付き試作ルートZXモジュールを用いた。ルートZXは2波長相対値法を用いており根管内の電導性の影響を受けにくいこと²⁷⁾、超音波スケーラーソルフィーZXに接続して、超音波チップ先端と歯根表面とのインピーダンスを計測しながら切削が可能で、インピーダンス値の比が設定した値に達すると超音波振動が止まるオートストップ機能を有しているなど、垂直歯根破折の破折間隙の切削に用いるには利点が多いためである。

実験1の結果、破折間隙幅が広い場合には、400Hzおよび8000Hzでのインピーダンス値、その比のいずれも、ファイル先端と歯根表面との距離の関係にはばらつきが多く、単波長のインピーダンスを計測することによってファイルと歯根表面との位置関係を把握することは困難と考えられた。破折間隙幅が広い場合、臨床では肉芽組織が破折間隙に侵入して破折線の切削を障害したり、出血しやすく接着不良が生じやすくなったりする。さらに、接着できてもポケット上皮の下方増殖が生じやすくなるため¹¹⁾、根管内から破折間隙を接着する方法は適応外と考えられ、インピーダンスを計測しながら破折線を切削する意義は低いと思われる。

そこで破折間隙幅の影響が少なかった300 μ m以下に限定して、ファイル先端と歯根表面までの距離と400Hzおよび8000Hzでのインピーダンス値、さらにその値の比との関係を調べた結果、歯根表面までの距離と2波長のインピーダンス値の比との間に高い相関性が得られた。しかし、実際に破折線を根管側から歯根表面に向かって切削する際には、ファイルが歯根表面に達した時点で切削を終了するため、ファイルが破折間隙内にある状態での計測結果のみが有効なデータとも考えられる。そこでファイルが歯根表面から突き出したデータを除外して分析すると、歯根表面までの距離と2波長のインピーダンス値の比との間の相関関係は著しく低下したことから、インピーダンス値の比を指標としてファイル先端と歯根表面との距離を高い精度で把握することは難しいと考えられた。そこで、ファイルが歯根表面から突き出していた試料数を計測したところ、破折間隙300 μ m以下ではインピーダンス値の比が0.88（ソルフィーZX指示値1.0に相当）までは0%、0.81（ソルフィー指示値0.5に相当）までは15%程度であった。すなわち、破折間隙300 μ m以下の場合、インピーダンス値の比が0.88までは過剰切削にならず安全に切削可能で、インピーダンス値の比が0.81までであればファイルが歯根表面から突き出して切削過剰になるのは15%程度であることから、封鎖性が向上するのであればこの程度の切削過剰は臨床的に許容できる可能性があると思われた。

一方、実際に破折線を根管内から切削する場合には、実験1のように破折線の1箇所を歯根表面に向って切削する

ことはなく、破折線全体を形成していくことから、ファイル周囲の破折間隙の深さや幅もインピーダンスに影響を与える可能性がある。そこで、実験2ではルートZXの指示値が1.0（インピーダンス比0.88）または0.5（インピーダンス比0.81）で超音波振動が停止するようにソルフィーZXのオートストップ機能を設定して、破折線全体を切削するとともに、破折間隙をスーパーボンドで接着、封鎖して色素侵入試験を行うことにより、切削状態とともに封鎖性も評価した。

実験2では、同一歯の2つの破折線の一方を、超音波エンドファイルを用いて破折間隙を切削する切削群、もう一方を切削しない非切削群とした。これより、ポストの長さや歯面処理、水洗、乾燥、スーパーボンドの根管内への流入などのテクニカルな要因は、両群間で同等にできたと考えられた。また、根管壁の厚さや破折間隙の幅にも有意差がなかったことから、解剖学的な条件も同等であったと考えられた。

その結果、切削群の色素侵入距離はオートストップ設定値0.5と1.0でそれぞれ $182.6 \pm 98.1 \mu\text{m}$ 、 $220.6 \pm 146.8 \mu\text{m}$ で、非切削群の色素侵入距離はそれぞれ $627.4 \pm 264.1 \mu\text{m}$ 、 $547.3 \pm 235.4 \mu\text{m}$ であり、切削群は非切削群より有意に低かった。このことから、破折間隙を切削することによって封鎖性が向上することが明らかとなった。また、オートストップ設定値が0.5でも1.0でも、未切削の破折間隙にスーパーボンドが流入して封鎖可能なのは、切削した破折間隙から0.1~0.2mm根面側までであったことから、確実に接着して封鎖するためには、歯根表面から0.1mm程度の位置までは切削して、レジンの流入スペースを形成することが必要と考えられた。

スーパーボンドはコンポジットレジンではないため重合収縮量が大きく、configuration factorやレジンの体積がコントラクションギャップの発生に大きく影響する可能性がある。SEM像では、レジン面積が広く全周が接着面に囲まれている根管付近の破折間隙でも、レジン幅が狭く歯根表面側が非接着面になっている歯根表面付近の破折間隙でも、歯質とレジンとの界面に間隙は見られなかった。また、被着面が象牙細管とほぼ平行になっている部分も、象牙細管が斜めに切削されている部分も、同様に間隙は見られなかった。このことから、切削した破折間隙をスーパーボンドで封鎖する場合、configuration factorやレジンの体積、切削方向は大きく影響しないと考えられた。

未切削の破折線の長さ（未切削距離）が0 μ m、すなわち歯根表面まで切削されていたのは、オートストップ設定値が0.5の場合20.9%、オートストップ設定値が1.0の場合は4.6%で、実験1の結果より約5%高い値となった。これは、インピーダンス比がオートストップの設定値になってから超音波振動が停止するまでに、わずかにタイムラグがあることが原因と思われた。

手用ファイルで通常の根管を拡大形成する場合には、電氣的根管長測定結果のバラつきを考慮して、手指感覚で作業長の微調整が可能であるが、超音波エンドファイルで破折間隙を形成する場合には、手指感覚で形成の深さを微調整することはできない。したがって、臨床におけるソルフィー ZXを用いた切削方法としては次のように考えられる。まず過剰切削になる危険性が低いオートストップの設定値を1.0にして、ダイヤモンドコーティングした超音波チップを用いたり、出力を上げて太いチップを用いたりして効率よく切削を行い、次にマイクロスコープで破折線が歯根表面に達していないことを確認し、オートストップの設定値を0.5にして慎重に切削する。破折線に感染がなく歯周組織に炎症のない破折直後の症例であれば、過剰切削をさけてこの状態で接着して封鎖するのが良いと思われる。すでに破折間隙に感染があり歯周組織に炎症がある場合には、機械的に感染歯質を切削して除去することが必要なため、ある程度過剰切削になっても未切削の破折線は残すべきではないと考えられる。したがって、オートストップ設定値0.5で切削し、さらに歯根表面に達していない破折線をマイクロスコープで確認しながら、慎重に切削するのが良いと思われる。

今後、これらの結果を臨床応用して治療成績を評価するとともに、未切削の破折線に対する化学的清掃の併用効果などについても検討していくことが必要と考えられる。

結 論

垂直歯根破折の破折線を、電氣的根管長測定器内蔵型超音波スケーラーを用いて切削し、スーパーボンドで接着する治療法の封鎖性を向上させる目的で、抜去歯を用いた*ex vivo*の実験を行い、次の結論を得た。

1. 8000Hzまたは400Hzのインピーダンス値より、その値の比の方が、ファイル先端位置の指標としては精度が高かった。
2. 破折間隙が300 μ mより広くなるとインピーダンス値の比はばらつきが大きかった。破折間隙が300 μ m以下の場合には、インピーダンス値の比が0.88以上であればファイルが歯根表面に達することはなく、0.81では歯根表面から突き出したのは15.4%であった。
3. 電氣的根管長測定器内蔵型超音波スケーラーを用いてインピーダンスを測定しながら破折間隙を切削することにより、破折間隙接着後の封鎖性が向上した。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、本研究に数々のご援助、ご協力をいただきました中塚愛博士、北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座歯周・歯内療法学教室の諸先生方、モリタ製作所の的場一成氏に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 安藤雄一, 和田 潤, 森田 学, 青山 旬, 増井峰夫: 永久歯の抜歯原因調査報告書. 財団法人8020推進財団, 2005.
- 2) Axelsson P, Nystrom B, Lindhe J: The long-term effect of a plaque control program on tooth mortality, caries and periodontal disease in adults. Result after 30 years of maintenance. J Clin Periodontol 31: 749-757, 2004.
- 3) Sekihara T, Fukuda H, Shinsho F: A study on the risk of tooth loss among individuals receiving long-term maintenance care at a dental clinic. 日歯医療管理誌, 40: 317-331, 2006.
- 4) 野口裕史, 菅谷 勉, 加藤 熙: 縦破折した歯根の接着による治療法, 第2報 接着性レジンセメントで接着・再植した場合の組織学的検討. 日歯保存誌, 40: 1453-1460, 1997.
- 5) 木村喜芳, 菅谷 勉, 加藤 熙: 垂直歯根破折に伴う歯周組織破壊の病理組織学的研究. 日歯周誌, 42: 255-266, 2000.
- 6) 加藤 熙, 菅谷 勉, 川浪雅光, 大森幹朗, 野口裕史, 奥村健仁, 二宮 昭, 木村喜芳, 山本俊樹: 歯の意図的再植法の成功率向上と適応症の拡大に関する研究. 歯医学誌, 20: 69-79, 2001.
- 7) Sugaya T, Kawanami M, Noguti H, Kato H, Masaka N: Periodontal healing after bonding treatment of vertical root fracture. Dent Traumatol 17: 174-179, 2001.
- 8) 富田真人, 菅谷 勉, 川浪雅光: 垂直歯根破折に口腔内接着法と口腔外接着・再植法を行った場合の歯周組織の治癒. 日歯保存誌, 45: 787-796, 2002.
- 9) 菅谷 勉, 加藤 熙: 垂直破折歯根の接着治療法の病理組織学的研究と臨床成績. 歯科臨床研究, 1: 8-17, 2004.
- 10) 菅谷 勉, 加藤 熙: 垂直破折歯根の接着治療法の成績と予後不良症例への対策法. 歯科臨床研究, 2: 32-42, 2005.
- 11) 元木洋史, 菅谷 勉, 川浪雅光: 垂直歯根破折の治療後に歯周組織に接するレジンの幅が上皮の根尖側移動に及ぼす影響. 日歯保存誌, 48: 733-742, 2005.
- 12) 菅谷 勉, 加藤 熙: 垂直歯根破折の診査・診断・接着治療. 日歯医師会誌, 58: 1200-1211, 2006.
- 13) 菅谷 勉, 田中佐織, 宮治裕史, 富田真人, 長谷川有紀子, 川村直人, 田中裕子, 元木洋史, 中塚 愛, 川浪雅光, 加藤 熙, 佐野英彦, Sharanbir K.Sidhu: 垂直歯根破折の接着治療. 歯医学誌, 26: 47-51, 2007.

- 14) 眞坂信夫：垂直破折歯の接着保存—接着修復保存症例の長期臨床経過。接着歯学, 13 : 156-170, 1995.
- 15) 眞坂信夫, 小幡宏一：破折歯への対応 (その1)。垂直破折歯に対する接着保存法。日歯医師会誌, 50 : 6-13, 1998.
- 16) Hayashi M, Kinomoto Y, Takeshige F, Ebisu S : Prognosis of intentional replantation of vertically fractured roots reconstructed with dentin-bonded resin. J Endod 30 : 145-148, 2004.
- 17) 天川 丹, 石井信之：根管内歯根接着法による垂直歯根破折歯への臨床応用。日歯内療誌, 31 : 182-187, 2010.
- 18) Nakajima M, Sano H, Burrow MF, Tajima J, Yoshiyama M, Ebisu S, Ciucchi B, Russell CM, Pashley DH : Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using dentin adhesives. J Dent Res 74 : 1679-1688, 1995.
- 19) 吉山昌宏, 浦山明久, 木持 健, 松岡希実, 尾崎和美, 松尾敬志：う蝕感染象牙質のレジン浸透性。日歯保存誌, 42 : 86-95, 1999.
- 20) 片岡 滋：ポスト合着歯の歯根部歯質内亀裂が残存歯質に及ぼす力学的影響について。補綴誌, 37 : 928-942, 1993.
- 21) 砂田今男：根管長の新しい測定法について。口病誌, 25 : 161-171, 1958.
- 22) Sunada I : New method for measuring the length of the root canal. J Dent Res 41 : 375-387, 1962.
- 23) 山岡 大, 山本 寛, 田中正一, 鈴木 薫, 永井 敏, 齊藤 毅：根管長測定法の基礎的研究—(3)相対値法を用いた根管長測定器の試作—。日歯保存誌, 28 : 293-294, 1985.
- 24) 小林千尋, 砂田今男：電氣的根管長測定法。日歯保存誌, 32 : 811-832, 1989.
- 25) 小林千尋, 須田英明, 砂田今男, 的場一成：新しい割り算方式の電氣的根管長測定器の開発。日歯内療誌, 12 : 209, 1991.
- 26) 大石亜佐子, 吉岡隆知, 小林千尋, 須田英明：ファイル先端の位置と電氣的根管長測定器のメーター値。日歯保存誌, 43 : 1145-1153, 2000.
- 27) 渡邊 好, 篠田公敬, 中嶋正人, 関根一郎, 向山嘉幸：抜去歯及び臨床における根管長測定器「ROOT ZX」の評価。日歯保存誌, 36 : 1183-1188, 1993.
- 28) Jan J, Krizaj D : Accuracy of root canal length determination with the impedance ratio method. Int Endod J 42 : 819-826, 2009.
- 29) Higa RA, Adorno CG, Ebrahim AK, Suda H : Distance from file tip to the major apical foramen in relation to the numeric meter reading on the display of three different electronic apex locators. Int Endod J 42 : 1065-1070, 2009.
- 30) 山下 豊：周波数応答の相対値を応用した根管長測定器の研究—特に根尖孔の径, 根管電極の太さ, 次亜塩素酸ナトリウム溶液の濃度の影響について。日歯保存誌, 33 : 547-559, 1990.
- 31) 福田裕文：相対値を応用した電氣的根管長測定法に関する研究—実験モデルにおける根管側枝・穿孔の検出について。日歯保存誌, 35 : 523-532, 1992.

ORIGINAL

Ultrasonic grinding of vertical fractured gap surfaces using an electric apex locator and the effect on improving sealing ability of vertical root fracture

Shinya Kawabata, Tsutomu Sugaya and Masamitsu Kawanami

ABSTRACT : Before bonding and sealing vertical root fractures, bacteria which contaminate the fractured gap must be eliminated. The purpose of this study was to evaluate the sealing ability after grinding fractured surfaces from the root canal wall side while measuring the impedance between the ultrasonic endodontic file (U file) and the root surface using an electric apex locator.

Extracted human teeth were fractured vertically and restored. The fractured gap surface was ground from the root canal wall side using a U file. The impedance between the U file and root surface was measured at 2 frequencies, 8000 Hz and 400 Hz, and the distance from U file to root surface was measured.

Human extracted teeth were fractured vertically, and restored to the original form. One side of the fractured gap was ground from the root canal wall side with an ultrasonic endodontic file, until the Root ZX reading showed 0.5 or 1.0, (ground group) and the other side was left untreated (non ground group). In both groups, a post was bonded in the fractured root using 4META/MMA-TBB resin (Super Bond) to seal the fractured gap, and dye leakage tests were performed.

It was observed that when the fractured gap width was below 300 μm and the impedance ratio was 0.88 (Root ZX reading 1.0), the file tip did not extend out from the root surface. However, when the impedance ratio was 0.81 (Root ZX reading 0.5), 15.4% of the file tip extended beyond the root surface.

When the Root ZX reading was 0.5, the dye infiltrated to a distance of $182.6 \pm 98.1 \mu\text{m}$ in the ground group, and to $627.4 \pm 264.1 \mu\text{m}$ in the non ground group. With a Root ZX reading of 1.0, the corresponding values were $220.6 \pm 146.8 \mu\text{m}$ and $547.3 \pm 235.4 \mu\text{m}$ respectively. There were statistically significant differences between ground and non ground groups.

These findings indicate that measuring the impedance while filing the fractured gap surface is effective to prevent over grinding and enhances the sealing ability in the fractured gap.

Key Words : vertical root fracture, intra-oral bonding treatment, impedance, sealing