

学位論文題名

# 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

## 学位論文内容の要旨

### (緒言)

垂直歯根破折の治療法は大きく分けると、抜歯して口腔外で接着して再植する方法と、根管内から破折間隙を接着して封鎖する方法がある。抜歯して口腔外で接着し再植する方法は、良好な治癒状態が報告されているが、侵襲が大きいことや抜歯時に歯根が破折するなど、治療に伴うリスクが高い。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、侵襲が少ないというメリットはあるが、歯根膜に炎症が生じることが多い。この原因は、根管内からで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ている。

根管内から破折間隙を封鎖する方法の治療成績を向上させるためには、破折線を根管内から歯根表面まで切削することが効果的と考えられる。その際、過剰な切削を防止するために、切削器具先端と歯根表面との位置関係を知ることが必要となるが、その方法は確立していない。

そこで本研究では、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た。実験 2 では、実験 1 の結果をもとに、超音波スケーラーを用いて破折間隙を一定のインピーダンス値まで切削し、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

ヒト抜去歯の歯冠を切除、歯根を歯軸方向に 4 分割し、2 つの破折片の間に板状の樹脂を挟み、最歯冠側と根尖孔部をスーパーボンドで固定した。スーパーボンド硬化後に樹脂を除去し、歯根表面がアルジネート印象材に接するように固定した。

#25U ファイルを超音波スケーラーに接続し、破折間隙を根管側から切削、途中で切削を止め、インピーダンス値測定機能付き根管長測定器(デンタポート試作ルート ZX モジュール)を用いて、U ファイルと歯根表面との間のインピーダンスを 8000Hz と 400Hz の周波数で計測、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。

歯根を歯軸に垂直に切断して U ファイルを露出させ、光学顕微鏡下で、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。

## 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

ヒト抜去歯の歯冠を切除し、根管をフレアーに形成、歯軸方向に破折後、元の形態に復位して最歯冠側と根尖部をスーパーボンドで接着した。間接法でポストを作製、歯根膜と同等の電導性を有するアルジネート印象材に歯根を埋入した。

破折線的一方を切削群、もう一方を非切削群とし、切削群は電氣的根管長測定器内蔵超音波スケーラー（ソルフィーZX）に超音波エンドファイルを接続して、マイクロスコープ下で根管内から破折線を切削した。一定のインピーダンスに達すると超音波振動が停止するオートストップを、実験 1 のデータを元に 0.5 および 1.0 に設定した。非切削群の破折線は切削しなかった。切削終了後、ポストをスーパーボンドで接着し、破折間隙を封鎖した。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、樹脂包埋後、歯軸に対して垂直に 1mm 間隔で切断し、①根管壁の厚さ、②色素侵入距離、③破折間隙の幅、④未切削距離を計測した。試料の一部を脱水、乾燥、Pt-Pd 蒸着し、SEM で破折間隙でのレジンと歯質との界面を観察した。

### （結果）

#### 実験 1

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は、破折間隙幅によらず、8000Hz、400Hz いずれの周波数でも相関関係はなかった。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の比との関係は、破折間隙幅が 300 $\mu$ m より広い場合は大きなばらつきを示したが、300 $\mu$ m 以下の場合破折間隙幅の影響は少なく、相関係数は 0.82 で正の相関関係が見られた。また、破折間隙幅が 300 $\mu$ m 以下の場合、インピーダンス値の比が 0.88（ルート ZX 指示値 1.0）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（ルート ZX 指示値 0.5）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

オートストップの設定値が 0.5 でも 1.0 でも、色素侵入距離は切削群の方が有意に低かった（ $p < 0.01$ ）。未切削距離が 0 $\mu$ 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%、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 SEM 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。

### （考察）

実験 1 の結果、破折間隙 300 $\mu$ m 以下の場合、ファイルが歯根表面から突き出していた試料数は、ルート ZX 指示値 1.0 までは 0%、指示値 0.5 までは 15.4%であったことから、指示値 1.0 までであれば過剰切削にならず安全に切削可能であると考えられた。

そこで、実験 2 ではルート ZX の指示値が 1.0 または 0.5 で超音波振動が停止するようにオートストップを設定し、破折線を切削、スーパーボンドで封鎖して色素侵入試験を行った。その結果、色素侵入距離は、切削群は非切削群より有意に低く、さらに SEM 観察の結果、切削群は歯根表面近くのセメント質や象牙質、根管近くの象牙質にも良好に接着しており、象牙細管とほぼ平行な破折面でも間隙がみられることはなかった。しかし、非切削群はスーパーボンドが侵入していても破折面との間には間隙が見られた。これは、破折線を切削することにより歯面処理や水洗乾燥が歯根表面近くまで確実にできるようになったためと考えられた。また、破折線と象牙細管の方向性やセメント質と象牙質が混在していることを考慮することなく、通常の接着操作を行えば、高い封鎖性が得られると考えられた。

一方、未切削距離が 0 $\mu$ m、すなわち歯根表面まで切削されていた試料数は、オートストップ設定値が 0.5 の場合も 1.0 の場合も、実験 1 の結果より約 5 % 多くなった。これはインピーダンス比がオートストップの設定値に達し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。

以上の結果から、臨床におけるソルフィー ZX を用いた切削方法としては、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 にして効率よく切削を行い、次にマイクロスコプで破折線が歯根表面に達していないことを確認し、設定値を 0.5 にして慎重に切削するのが良いと考えられた。

#### (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評価して、次の結論を得た。

1. 単波長のインピーダンス値より 2 波長のインピーダンス値の比の方が、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 $\mu$ 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ではなく、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大きく向上した。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 川 浪 雅 光  
副 査 教 授 佐 野 英 彦  
副 査 教 授 八 若 保 孝

## 学位論文題名

### 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

審査は主査、副査全員が一同に会して口頭で行った。はじめに申請者に対して本論文の概要の説明を求めたところ、以下の内容について論述した。

破折間隙を根管内から封鎖する方法の治療成績を向上させるためには、破折線を根管内から歯根表面まで切削することが効果的と考えられる。その際、過剰な切削を防止するために、切削器具先端と歯根表面との位置関係を知ることが必要となる。本研究では、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た。実験 2 では、実験 1 の結果を元に、超音波スクレーパーを用いて破折間隙を一定のインピーダンス値まで切削し、接着した場合の封鎖性を評価した。

実験 1：ヒト抜去歯の歯根を 4 分割し、2 つの破折片の間に板状の樹脂を挟み、両端をスーパーボンドで固定した。スーパーボンド硬化後に樹脂を除去し、歯根膜と同等の電導性を有するアルジネート印象材に歯根表面が接するように固定した。U ファイルで破折間隙を根管側から切削。途中で切削を止め、8000Hz と 400Hz の周波数でインピーダンスを計測。U ファイルはスーパーボンドで破折歯根に固定した。歯根を歯軸に垂直に切断し、光学顕微鏡下で、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。

実験 2：ヒト抜去歯の根管をフレアーに形成、歯軸方向に破折後、元の形態に復位して両端をスーパーボンドで接着した。間接法でポストを作製、アルジネート印象材に歯根を埋入した。破折線の一方を切削群、もう一方を非切削群とし、切削群はソルフィーZX に超音波エンドファイルを接続して、マイクロスコープ下で根管内から破折線を切削した。オートストップ設定値は、実験 1 の結果を元に 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。切削終了後、ポストをスーパーボンドで接着し、破折間隙を封鎖した。色素侵入試験を行い、標本を歯軸に対して垂直に切断し、①根管壁の厚さ、②色素侵入距離、③破折間隙の幅、④未切削距離を計測した。試料の一部を脱水、乾燥、Pt-Pd 蒸着し、SEM で破折間隙でのレジンと歯質との界面を観察した。

実験 1 では、破折間隙が 300 $\mu$ m 以下の場合にはインピーダンス比と歯根表面からファイル先端までの距離の間に正の相関関係が見られた。またこのとき、インピーダンス比が 0.88（ルート ZX 指示値 1.0）以上ではファイルが歯根表面から突き出した試料はなかったが、0.81（同 0.5）以上では 15.4%あった。

実験 2 では、切削群では歯根表面から平均 200 $\mu$ m まで色素侵入を阻止できた(非切削群は平均 600 $\mu$ m)、未切削距離が 0 $\mu$ m、すなわち歯根表面まで切削されていた試料は、オートストップ設定値 0.5 の場合 20.9%、1.0 の場合 4.6%であった。破折間隙の歯質とスーパーボンドとの界面を SEM で観察したところ、いずれの部位でも間隙はみられなかった。

色素侵入距離は切削群で非切削群より有意に低く、さらに SEM 観察の結果、切削群は象牙質やセメント質にも良好に接着しており、象牙細管とほぼ平行な破折面でも間隙がみられることはなかった。しかし、非切削群はスーパーボンドと破折面との間には間隙が見られた。これは、破折線を切削することにより歯面処理や水洗乾燥が歯根表面近くまで確実に行えたためと考えられた。また、破折線と象牙細管の方向性やセメント質と象牙質が混在していることを考慮することなく、通常の接着操作を行えば、高い封鎖性が得られると考えられた。

一方、歯根表面まで切削されていた試料数は、オートストップ設定値が 0.5 の場合も 1.0 の場合も、実験 1 の結果より約 5%多くなった。これはインピーダンス比がオートストップの設定値に達し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。

臨床におけるソルフィーZX を用いた切削方法としては、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 にして効率よく切削を行うのが良いと考えられた。

本法が臨床的にも有効である可能性が示された。

引き続き審査担当者と申請者の間で、論文内容および関連事項について質疑応答がなされた。

主な質問事項は、

- (1) 実際の臨床応用の可能性について
- (2) 切削に使用するファイルの改良について
- (3) 接着後の機械的強度について
- (4) 切削時にファイルが突き出した場合の治癒について
- (5) 弯曲根管などへの応用について

これらの質問に対して、申請者は適切な説明によって回答し、本研究の内容を中心とした専門分野はもとより、関連分野について十分な理解と学識を有していることが確認された。

本研究は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有効であることを示し、垂直破折歯根の保存治療法を改善する知見を得たことが高く評価された。本研究の内容は、歯科医学の発展に十分に貢献するものであり、審査担当者全員は、学位申請者が博士（歯学）の学位を授与するに値するものと認めた。