

## 論文審査の結果の要旨

氏名：小 関 亮 介

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Fundamental study on development of stainless steel ultrasonic Endo-Chip break detector  
(ステンレススチール製超音波根管内チップの破折検出装置の開発の基礎的研究)

審査委員：(主 査) 教授 小 方 頼 昌  
(副 査) 教授 吉 垣 純 子  
教授 松 島 潔

近年、超音波発生装置にステンレス製の先端の細いルートチャンネルプレッダーの形態をしたチップ (Endo-Chip) を取り付け、顕微鏡下で根管壁の切削、イスマスの除去、根管充填材の除去、根管洗浄、さらに根管内で破折した器具の除去に活用されている。その結果、歯内療法成功率の向上に貢献している。しかし、Endo-Chip に多くの物理的ストレスがかかり、根管内でエンドチップが破折する事故が多発しているのが現状である。術者が行う使用前の目視による器具の観察に頼るしかないが器具破折の予知が困難である。金属産業および科学では、損傷を引き起こすことなく多種多様な材料の特性を評価するために、非破壊技術が使用されている。最も一般的な非破壊技術のいくつかは、電磁、超音波および液体浸透試験である。その一つに電磁を応用した渦電流非破壊検査がある。電磁石などで利用されているように、コイルに電流を流すと磁束が発生する。コイルの電流が交流であれば、磁束もまた交流であり、時間と共に変化する。この交流磁束が導電性の試験体を貫くと、電磁誘導によって渦電流が誘導される。渦電流探傷試験は、交流を流した試験コイルによって試験体の表面近傍に渦電流を誘導する。試験体表面における亀裂などの欠陥によって、その起電力が変化するので、試験コイルの起電力が変化するので、試験コイルの起電力の変化を利用して探傷を行うことができる。そこで、本研究は渦電流探傷検査法に着目し、この方法を用いて、エンドチップの亀裂の有無を察知し、破折の予知が可能であるか検討することを目的とする。

被検体はエンドチップが作製に使われる直径 1.3 mm のステンレス棒を用いた。30 mm の長さで切断し、断端から 5 mm、10 mm の部位に厚さ 0.5 mm のダイヤモンドディスクで、ステンレス棒の長軸に対して直角に、ステンレス棒の直径の 1/4、1/2、3/4 の深さの溝を切削した。溝のないものをコントロールとして A 群とした。断端から 5 mm の部位で溝があり溝の深さが 1/4、1/2、3/4 のものを B-1、B-2、B-3 群とした。さらに断端から 10 mm の部位で溝のあるものを同様に C-1、C-2、C-3 群とした。各々 1 群あたり、10 個の被検体を作製した。試作装置は以下のとおりである。励磁コイルは 0.1 mm のポリエステル銅線を直径 0.75 mm のフェライトロッドに 30 mm の幅で 3,000 回巻き、センサーコイルは同一のフェライトロッドに直径 0.05 mm のポリエステル銅線を 3 mm の幅で 300 回巻かれた。励磁コイルに発振器で周波数 1 kHz、10 kHz、100 kHz、電圧 6 V (p-p) の正弦波を作り、増幅器で 3 倍に増幅し供給した。被検体は、センサーコイルの端から 1 mm に位置し、被検体の長軸に対し、1 mm ずつ移動する。センサーコイルに発生した起電力の交流平均電圧で測定した。

その結果、

- ① 励磁周波数 1、10、100 kHz での、検体を試作装置に装着していない時（センサーコイルから遠ざけると装着した時（センサーコイルに近づけた）の電圧の差は 1 kHz で 0.9 mV、10 kHz で 3.0 mV、100 kHz で 0.9 mV であった。10 kHz での差が最も大きく、亀裂を検出しやすくするために、以後 10 kHz を使用することにした。
- ② 溝を付していないコントロールである A 群の先端-5 mm から 15 mm まで計測したセンサーコイル電圧は、先端-5 mm では、検体の影響を受けず、先端-2 mm から先端+2 mm までの間で上昇し、被検体を装着しない時との差は 3 mV に達し、それ以降は変化を認めない。ここで得られた曲線を

溝のつけた検体を比較する基準とした。

- ③ 先端から 5 , 10mm の位置に 1/4, 1/2, 3/4 の深さの溝をつけられた B-1, B-2, B-3, C-1, C-2, C-3 のコントロール (A 群) との差を求めた。いずれの検体においても、溝のある位置で、コントロールとの差は B 群では 5 mm の位置に B-1 で平均  $-0.05 \pm 0.05$  mV の負のピークを認め、B-2 で  $-0.18 \pm 0.06$  mV, B-3 で  $-0.26 \pm 0.05$  mV を認めた。また、B-2 および 3 でレファレンスに対して 0.1% の危険率で有意差を認めた。C 群では 10 mm の位置に負のピークを認めた。C-1 で平均  $-0.05 \pm 0.05$  mV のピークを認め、C-2 で  $-0.17 \pm 0.05$  mV, C-3 で  $-0.27 \pm 0.05$  mV を認めた。また、C-2 および 3 でレファレンスに対して 1% の危険率で有意差を認めた。また、励磁コイルとセンサーコイルに対する溝の向きで、センサーコイルに発生する電圧に差はなかった。

以上の結果から、試験体の直径 1/2 以上の深さの溝では、有意に検出できることを示唆した。今後、数学的な分析の応用やセンサーおよび測定方法を向上させることで臨床上のクラックの検出が可能になることを示唆した。

本論文の結果は、ステンレススチール製根管器具のクラックを早期に検出する装置の開発に寄与し、安全な歯内療法の実現に貢献するところは大である。

よって本論文は、博士 (歯学) の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

令和 2 年 2 月 2 0 日