

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 21 日現在

機関番号：32404

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22791844

研究課題名(和文) 根管内破折したニッケルチタンファイルを腐食させることで除去を容易にする方法の確立

研究課題名(英文) Establishment of a method which removes easily by a corrosion the NiTi files which are broken in the root canal.

研究代表者

高橋 哲哉 (TAKAHASHI TETSUYA)

明海大学・歯学部・助教

研究者番号：40547478

研究成果の概要(和文)：NiTi ファイル破折片の腐食溶解に要する時間は、溶液温度の上昇・溶液への通電で短縮することが明らかとなった。そして、間欠的な浸漬でも腐食溶解が認められ、臨床における1回の治療時間を考慮した場合でも、ファイル破折片の腐食溶解が可能であることが明らかとなった。また、ファイルの表面性状は、NaClO を含む溶液による腐食溶解の開始に影響を及ぼし、NaF を含む溶液には影響を及ぼさないことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The time which the corrosion of the NiTi file takes was shortened by the rise of solution temperature and by turning on electricity. And the NiTi file also corroded intermittent immersion. Also in one time of clinical medical treatment time, the corrosion of the file is possible. Moreover, the shape of surface nature of a file affecting the start of the corrosion by NaClO, and not affecting NaF was suggested.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学

キーワード：ニッケルチタンファイル・破折器具の除去・腐食

1. 研究開始当初の背景

(1) 超弾性という機械的特性を有した NiTi ファイルは、根管形成における有効性が評価され、臨床での応用が広がっている。しかし、塑性変形が少なく、破断に至るまでの応力が一定の割合で増加するため、破断の予測がつきにくいことから、『NiTi ファイルは、根管

内で突然に破断する』ことが大きな問題とされている。ところが、NiTi ファイルの破折片除去に関する研究は、極めて少ない。

(2) 申請者のこれまでの研究から、10%次亜塩素酸ナトリウムに 19%塩化ナトリウムを加えた溶液(以下NCN) および2%フッ化ナトリウ

ムにリン酸を加えて pH4.5 に調整した溶液（以下 APF）は 3～24 時間の浸漬によって破折ファイルを腐食溶解すること、およびこれらの作用時間では根管象牙質に対する侵襲は、極めて限局的であることが示されている。

2. 研究の目的

(1) NiTi ファイル破折片を溶液の応用により腐食することで、健全な根管象牙質の削除量を抑えつつ、根管内から破折片を容易に除去する方法の確立・臨床応用を目的とする。

(2) 3～24 時間の浸漬による腐食では、要する時間が長すぎるため、臨床応用が困難と思われる。そのため、溶液温度の上昇、間欠的な浸漬、及び溶液への通電により NiTi ファイルの腐食に要する時間を短縮することを目的とする。加えて、これらの溶液による NiTi ファイルの腐食メカニズムの更なる検討を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 腐食に要する時間の短縮に関する研究

各実験には NiTi ロータリーファイルとして、未使用の ProTaper®#25/F2 (Dentsply Maillefer、以下 PT) を使用した。浸漬溶液には NCN と APF を用いた。

① 溶液温度の影響

PT の先端から 5mm 部位において回転して破断させたものを試料とした。浸漬溶液の NCN と APF は、それぞれ 1 試料当たり 5ml 用いた。溶液温度は、37、45、60°C の 4 条件を設定し、NCN および APF にそれぞれの温度条件で浸漬した。そして、1、3、6、24 時間後の経時的な重量変化を測定し、さらに 3 時間後における破断側について SEM および 3 次元表示による観察を行った。

② 間欠的な浸漬の影響

PT の先端から 5mm 部位において回転して破断させたものを試料とした。浸漬溶液の NCN と APF は 37°C に設定し、1 試料当たり 5ml 用いた。各溶液に 1 時間浸漬した後に取り出し、重量を測定した。そして 23 時間後、新たに調製した溶液に 1 時間浸漬して取り出し、重量を測定した。以上の操作を総浸漬時間が 6 時間となるまで行った。また、SEM を使用して、総浸漬時間が 3 時間となった試料の形態学的変化を観察した。そして、連続して 6 時間浸漬したものとの比較を行った。

③ 溶液への通電の影響

浸漬溶液には、APF を 37°C に設定し 1 試料当たり 3ml 用いた。陰極には白金線（直径 0.4mm）を使用した。試料はそれぞれ先端から 5mm を各溶液に浸漬して陽極とし、直流で 2mA

を通電させた。そして、20、40、60 および 80 分後の重量を測定した。また、SEM を使用して、20 および 80 分間浸漬した試料の形態学的変化を観察した。そして、通電を行わないものと比較した。

(2) NiTi ファイルの腐食メカニズムの更なる検討

未使用である 4 種の NiTi ファイルを使用した。すなわち、削りだされたままで表面が未処理の NiTi ファイルとして TACTENDO FILE® (以下 TE)、PT を用い、電解研磨処理が施された NiTi ファイルとして EndoWave® (以下 EW)、RaCe® (以下 RC) を使用した。TE、EW および RC は #25、0.04 テーパーのものを用い、PT は #25、F2 のものを使用した。そして、先端から 5mm の部位において回転して破断させたものを試料とした。浸漬溶液には NCN と APF を、1 試料当たり 5ml 用いた。溶液温度は 37°C に設定し、NCN および APF にそれぞれ浸漬した。そして、1、3、6、24 時間後の経時的な重量変化を測定し、SEM による観察を行った。

4. 研究成果

(1) 腐食に要する時間の短縮に関する研究

① 溶液温度の影響

溶液温度を上昇させた場合、いずれの溶液においても、腐食が早く進行した（図 1、2）。

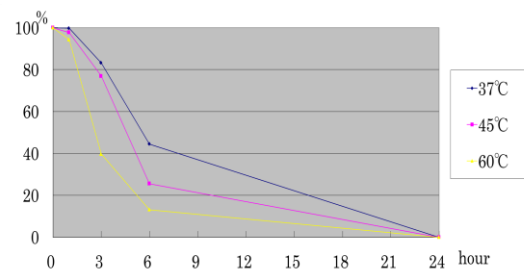


図1 37、45、および60°CのNCN浸漬後の重量変化率

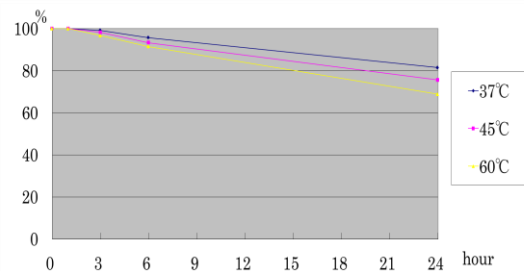
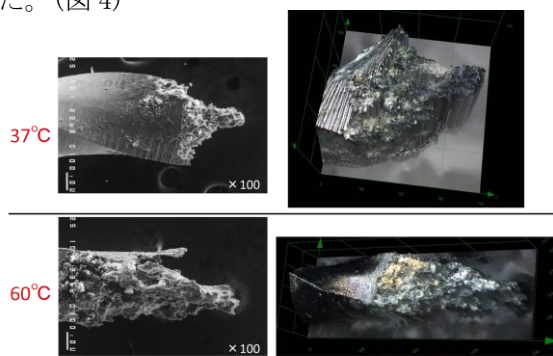


図2 37、45、および60°CのAPF浸漬後の重量変化率

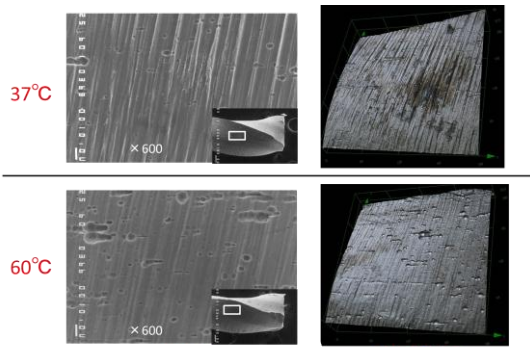
37°CのNCNに3時間浸漬した場合、SEMによる観察ではファイル破断側から先端側に向かって進行する崩壊像が認められた。そして同部の3次元表示による観察では、破断側のファイル表面が崩れ落ちて、残ったファイルの中心部と共に、あたかもクリスタル様の外観を呈していた。そして、60°CのNCNに3

時間浸漬した場合、SEM および 3 次元表示による観察では 37°C と同様の崩壊像を示した。また、3 次元表示による観察では、破断側より約 1mm まで崩壊が認められたが、他の部位の刃部はマージンが明瞭に観察され、腐食と思われる所見は認められなかった(図 3)。

37°C の APF に 3 時間浸漬した場合、SEM による観察ではファイル全体の表面に小孔が認められた。そして同部の 3 次元表示による観察では、表面にクレーター状の欠損が認められ、その深さは 2.494 μm であった。また 60°C の APF に 3 時間浸漬した場合、SEM による観察では、37°C と比べて小孔の数および大きさが増しているのが認められた。3 次元表示による観察では、37°C と比べてクレーター状の欠損が深くなり、3.554 μm の深さであった。(図 4)



SEM 3次元表示
図3 NCNiに3時間浸漬した後のSEMおよび3次元表示による観察



SEM 3次元表示
図4 APFに3時間浸漬した後のSEMおよび3次元表示による観察

以上より、溶液温度を上昇させることは、NiTi ファイル破折片の腐食溶解に要する時間を短縮することが明らかとなった。

② 間欠的な浸漬の影響

PT を NCN および APF に浸漬した場合、連続的な浸漬と比べて、間欠的な浸漬の方がわずかに重量の減少が多い傾向が見られた(図 5、6)。

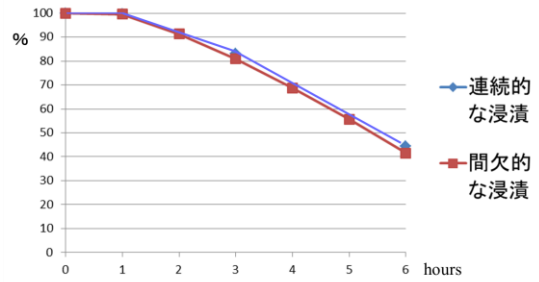


図5 連続および間欠的なNCN浸漬時の重量変化率

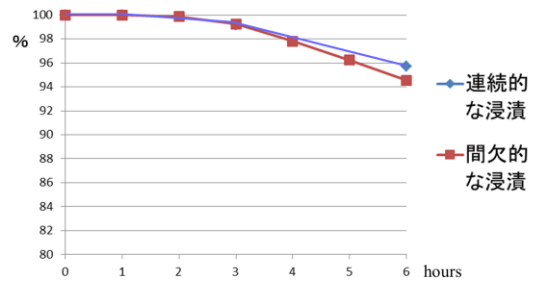


図6 連続および間欠的なAPF浸漬時の重量変化率

NCN では、いずれの場合もファイル破断側から先端側に向かって進行する崩壊像が認められた。一方、APF ではいずれの場合もファイル全体の表面に小孔が認められた。

以上より、NiTi ファイル破折片は NCN および APF への間欠的な浸漬においても、腐食溶解を示すことが明らかとなった。

③ 溶液への通電の影響

APF の非通電群では、浸漬部分の重量は 60 分後に減少し、80 分後には約 96% となった(図 7)。SEM による観察では浸漬部分全体の表面にわずかな小孔が認められた。一方、APF の通電群では、重量は 20 分後に減少し、80 分後には浸漬部分がすべて腐食溶解した(図 7)。SEM による観察では浸漬部分全体の表面に多くの小孔が認められた。

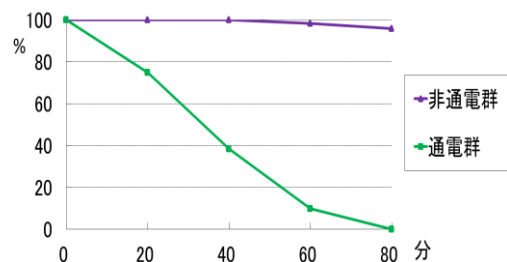


図7 APFに浸漬して非通電および通電したときの重量変化率

以上より、溶液に通電させることは、NiTi ファイル破折片の腐食溶解に要する時間を大幅に短縮することが可能であることが明らかとなった。

(2) NiTi ファイルの腐食メカニズムの更なる検討

NCN では TE および PT において重量減少は浸漬 1~3 時間後より始まり、その後急速に減少する傾向を示し、24 時間後にはほぼ完全に溶解した。それに対して、EW および RC では浸漬 24 時間後にも重量減少はなかった。3・6・9・12・24 時間後に TE および PT は EW および RC との間に有意差を認めた ($p < 0.05$)。一方、APF ではいずれのファイルにおいても浸漬 3~6 時間後に重量減少が始まり、24 時間後には約 60~90%の重量となった。観察を行った浸漬 24 時間以内において、各種ファイル間に統計的有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。

NCN に 3 時間浸漬させた場合、TE および PT の破断側では凹凸の顕著な崩壊像と腐食生成物の付着が観察されたものの、EW および RC の破断側では腐食溶解を示す像は認めなかった。また、いずれのファイルも先端側では腐食溶解を示す像は認めなかった。一方、APF に 3 時間浸漬した場合、いずれのファイルも破断側において孔食による溶解を示す像が観察された。そして、いずれのファイルもこの孔食は破断側だけでなく先端側にも観察され、試料全体に及んでいた。

以上より、NCN による腐食溶解の開始は NiTi ファイル破折片の表面性状の影響を受けるが、APF では表面性状の影響を受けにくいことが示唆された。

(3) これまで、根管内で破折した器具に対しては、超音波振動や小さなピンセットを用いて機械的に除去する方法などが検討されているが、健全象牙質の削除量が多く、根管壁が薄くなることで perforation や歯根破折を招きやすいことが問題であった。本研究では、NiTi ファイルの破折片に溶液を作用させ、脆弱させることで除去する方法を考案している。これは、テクニカルな方法によるものでなく、容易で再現性の高い方法であり、しかも破折片を容易に脆弱させることができるという点で、学術的な特色・独創性を有していると考えている。

技術的に容易であり、健全象牙質の侵襲も少ないと考えられるこの方法が臨床応用されるならば、これまで破折片の除去が困難なために治療が行えなかったような症例の治療が行える可能性が高いと推察される。このことは、歯の life span を高めることにつながり、臨床的な価値は極めて高いと思われる。さらに、除去法の確立は根管内で突然破断するという NiTi ファイルの機械的性質による弱点を補うものとなりうるため、NiTi ファイルの普及率向上にもつながる可能性があり、NiTi ファイルを使用した根管治療による患者・術者の身体的・時間的・精神的な負担が

軽減し、その治療を受ける患者の利益は多大であるといっても良い。

そして本研究によって、溶液温度の上昇、溶液への通電を行うことで腐食溶解に要する時間の大幅な短縮が可能であることが明らかとなった。また、間欠的な浸漬でも腐食溶解が認められ、臨床における 1 回の治療時間を考慮した場合でも、ファイル破折片の腐食溶解が可能であることが明らかとなった。根管内で破折した NiTi ファイルを腐食させることで除去を容易にする方法を確立し臨床応用するためには、腐食に要する時間の短縮、および臨床応用に適した条件の設定が不可欠であり、本研究(1)の成果は極めて重要である。また本研究(2)の成果は、腐食メカニズムの解明・理解を行ううえで、大変重要である。

今後、臨床応用を実現するには、更なる腐食メカニズムの考察を通じて、NCN と APF を相互的にハイブリッドに作用させるなどのより効果的な条件を模索し、検討していく必要があると考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

① 高橋哲哉、以下 5 名(1 番目)、薬剤を用いた NiTi ファイル破折片除去に関する研究 — 2 種類の薬剤が異なる表面性状を有する市販 NiTi ファイルの腐食に及ぼす影響 —、明海歯科医学、査読有、40 巻、2011、155—161
http://www.dent.meikai.ac.jp/media/library/new-journals/2011_V40/pp155-161.pdf

[学会発表] (計 9 件)

① 高橋哲哉、薬液を応用した NiTi ファイル破折片の除去に関する研究 — 薬液への間欠的な浸漬が腐食に及ぼす影響 —、日本歯科保存学会 2012 年春季学術大会(第 136 回)、2012 年 6 月 29 日、沖縄コンベンションセンター(沖縄)

② Tetsuya Takahashi、Basic studies on removal of broken NiTi endodontic files, 15th BIENNIAL CONGRES of the EUROPEAN SOCIETY of ENDODONTOLOGY, 2011 年 9 月 17 日、CAVALIERI HOTEL (Rome, Italy)

③ 高橋哲哉、薬液を応用した NiTi ファイル破折片の除去に関する研究 — 腐食した ProTaper の 3 次元表示による観察 —、日本歯科保存学会 2010 年春季学術大会(第 132 回)、2010 年 6 月 5 日、崇城大学市民ホール(熊本)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 哲哉 (TAKAHASHI TETSUYA)

明海大学・歯学部・助教

研究者番号：40547478

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし