

論文の内容の要旨

氏名：五味 涼子

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Influence of the phase transformation behavior of R-phase nickel-titanium instrument on its cyclic fatigue resistance and shaping ability

(R 相ニッケルチタンファイルの相変態挙動が周期疲労耐性と根管切削特性に与える影響)

近年、臨床で使用されているニッケルチタンファイル（以下 Ni-Ti file）は根管追従性が高く、根管形成中のジップ・ステップの形成やパーフォレーションを防ぐことができる。その一方で、湾曲根管で Ni-Ti file を使用した際には予兆なく疲労破断するリスクが高いことが問題となっている。そこで、従来品より柔軟性と疲労耐性を向上させた R 相 Ni-Ti file が登場した。

Ni-Ti 合金は温度変化によりその結晶構造が変化（相変態）する。高温相のオーステナイト相は超弾性を生じ、低温相のマルテンサイト相は柔らかくしなやかだが、超弾性は生じず塑性変形を起こす。従来の Ni-Ti file は温度変化により、この 2 つの相が出現するもので、使用時の温度で Ni-Ti 合金の結晶構造がオーステナイト相になるように調整されていた。R 相 Ni-Ti file は、温度変化により、オーステナイト相とマルテンサイト相の間に中間相の R 相が出現する。R 相は従来の Ni-Ti 合金を特定の条件下で熱処理させた際に出現する。R 相 Ni-Ti file では従来の Ni-Ti file と比較し、柔軟性が高く、周期疲労耐性に優れ、根管追従性が高いことが報告されている。しかしながら、現在市販されている R 相 Ni-Ti file の相変態温度はメーカーごとに大きく異なり、使用時の温度における結晶構造が異なっている可能性が高い。そのため、相変態温度が異なる R 相 Ni-Ti file では周期疲労耐性や根管切削特性に差があることが予測される。また、Ni-Ti file の周期疲労耐性や根管切削特性は file のデザインにも影響されるため、R 相 Ni-Ti file における相変態挙動の影響を検討するためには、同じ file デザインを用いて実験を行うことが望ましいと考えられる。しかし、これまで、異なる相変態温度と同じ Ni-Ti file デザインを持つ R 相 Ni-Ti file についてそれらを比較した報告はない。そこで、本研究では同じ file デザインを持ち、相変態温度の異なる R 相 Ni-Ti file を用い、その相変態挙動を X 線回折（XRD）および示差走査熱量（DSC）測定にて解析した。さらにそれらのファイルの周期疲労耐性および根管切削特性について比較を行い、R 相 Ni-Ti file における相変態挙動の違いが周期疲労耐性と根管切削特性に与える影響について検討を行った。

実験には熱処理前の NRT file（NRT-N）と熱処理後の NRT file（NRT）を用いた。

各試験結果から得られたデータは正規性を Kolmogorov-Smirnov test にて、等分散性を *F*-test にて確認し、Student's *t* 検定にて統計処理を行った。

X 線回折（XRD）：室温（22±2℃）での NRT-N および NRT の結晶構造を同定するために、X 線回折を行った。試料にはそれぞれの file の刃部形成前のワイヤーを用いた。その結果、室温において、NRT-N はオーステナイト相、NRT は R 相の結晶構造を示した。

示差走査熱量（DSC）測定：NRT-N および NRT の相変態挙動を調べるために、DSC を行った。試料にはそれぞれの file の刃部形成前のワイヤーを用いた。その結果、NRT-N と NRT とともに冷却過程においてはマルテンサイト相から R 相への変態に伴う発熱ピークを認めた。加熱過程においては、マルテンサイト相から R 相への変態と R 相からオーステナイト相への変態に伴う 2 つの吸熱ピークを認めた。また、加熱過程での R 相からオーステナイト相への変態終了温度（AR_f）は

NRT-N が $23.20 \pm 3.33^{\circ}\text{C}$, NRT では $40.45 \pm 2.63^{\circ}\text{C}$ であった。

周期疲労破断試験: NRT-N と NRT の 06/#25 および 06/#40 について周期疲労破断試験を行った。得られた実験結果は file のサイズにかかわらず, NRT-N に比較し, NRT で有意に周期疲労耐性が高かった ($p < 0.01$)。

根管切削特性: 根管の拡大形成には 30 度の J 字形湾曲をもつ透明樹脂製湾曲根管模型を使用した。NRT-N および NRT の 06/#25, 06/#30, 06/#35, 06/#40 を用いて根管形成を行った。各 file での拡大形成前と #25, #30, #35, #40 の file がそれぞれ作業長まで達した時点で, 拡大率 30 倍で根管模型の撮影を行った。得られた画像は画像処理ソフトを用い, 拡大形成前の画像と重ね合わせた後, 分析を行った。分析は根管長軸方向と平行な線から, 根尖部 (0 mm) と根尖部から 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm の位置に垂線をひき, 根管の外湾側と内湾側の根管幅径増加量を計測した。また, 形成に伴う根管中心部の変位の指標として centering ability (得られた内・外湾側の根管幅径増加量の小さい値/大きい値) を用いた。

#25 まで拡大した時, 5 mm 地点の内湾側の根管幅径増加量は NRT-N で有意に大きかった ($p < 0.05$)。また, #40 まで拡大した時の 0 mm 地点の外湾側の根管幅径増加量は NRT-N で有意に大きかった ($p < 0.05$)。#30 および #35 まで拡大形成を拡大した時, 0 mm 地点の centering ability は NRT で有意に大きかった ($p < 0.05$)。

NRT では変態点が室温よりも高いために, 室温でも R 相が現れた。その結果, NRT の周期疲労耐性は NRT-N に比較し向上した。また, NRT で根管形成した際の centering ability は NRT-N に比較し向上した。以上のことから, 湾曲根管の拡大形成を行う際には, 使用時の温度でオーステナイト相が現れる Ni-Ti file よりも R 相が現れる Ni-Ti file を使用したほうが周期疲労耐性および根管切削特性の観点からより有益であると考えられた。