

論文審査の結果の要旨

氏名：南 奈緒美

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：The utility of glass fiber-reinforced plastic orthodontic wires for clinical application

（グラスファイバー強化プラスチック製歯科矯正ワイヤーの臨床応用への有用性）

審査委員：（主査） 教授 西山典宏
（副査） 教授 葛西一貴
教授 久山佳代

近年、歯科矯正治療を受診する患者の審美的関心が高まり、歯科矯正治療に使用される矯正装置に対しても審美性が求められている。そのため歯冠舌側にブラケットを装着する舌側矯正治療やジルコニアやポリカーボネートなどの歯冠色に近い素材を用いた審美性の高いブラケットが使用されている。一方、矯正用ワイヤーについては依然として金属製のものがほとんどであり、歯と金属製ワイヤーとの著しい色調の違いにより審美性が大きく損なわれているのが現状である。歯列矯正治療にはステンレス鋼（SS）、コバルトクロムニッケル（Co-Cr）、 β -チタン（ β -Ti）およびニッケルチタン（Ni-Ti）合金から製造された金属製ワイヤーが一般的に使用される。これらの金属製ワイヤーのうち、Ni-Ti ワイヤーは超弾性として特徴付けられ、歯科矯正治療の初期において主に使用される。しかしながら、このワイヤーは金属色を呈するため審美的に問題があり、アレルギーまたは毒性反応を誘発する可能性がある。最近では、金属製ワイヤーの表面をエポキシレジンやポリエチレンでコーティングした審美歯科矯正ワイヤーが使用されているが、使用中にコーティング材が剥離することがあり、これらのワイヤーも金属アレルギーを誘発してしまう可能性がある。そこで、これらの問題を解決するために、ポリカーボネートとガラス繊維からなるグラスファイバー強化プラスチック（Glass fiber reinforced plastic, 以後 GFRP）製歯科矯正ワイヤーを開発した。GFRP ワイヤーは、先行研究において Ni-Ti ワイヤーと同様の曲げ挙動を示し、その高いスプリングバックと低い弾性率により最適かつ連続的な矯正力を持つことが明らかとなった。そこで本研究では、臨床応用への有用性を検討するために、タイポドント上で GFRP ワイヤーの挙動を視覚的に調べ、さらに舌側転位した前歯部にかかる矯正力を定量的に評価した。またイヌを用いた歯の移動実験を行い、Ni-Ti ワイヤーと比較検討することを目的とした。

GFRP ワイヤーは、直径 0.45 mm (0.018 inch) のラウンドワイヤーを用い、対照として Ni-Ti ワイヤー (0.018 inch) (Yellow Sentalloy, TOMY) を使用した。タイポドント実験では、軽度叢生（約 4.0 mm）のある Angle I 級不正咬合模型を 50°C の温水槽に約 30 分間浸漬した。タイポドント歯にはコンポジット製ブラケット (0.022 size) (Estha®, TOMY) を装着し、ワイヤーを挿入しエラスティックモジュールにて結紮した。浸漬前後の歯の移動様式を 3 次元画像計測ソフト (BODY-RUGLE) の重ね合わせにより評価を行った。試験回数は両ワイヤー各 5 回とした。また、2.0 mm 舌側転位した上顎左側側切歯にかかる矯正力をひずみゲージを用いて測定した。ひずみゲージは 1 軸ストレインゲージ (KFG-1-120-D16-11, 共和電業社) を使用し、動ひずみ測定器 (DATA PLATFORM GL7000, GRAFHTEC) を用いて測定した。ブラケット内にワイヤーを装着させた直後 (0 週間)、および 4 週間保持させた後の値 (4 週間) を測定した。試験回数は両ワイヤー各 10 回とした。さらに *In vivo* において、ビーグル雌性犬 5 頭を用いて上顎左右側の犬歯から第 4 前臼歯にメタルブラケット (micromini tube, TOMY) を装着し、右側に Ni-Ti ワイヤーを、左側に GFRP ワイヤーを装着した。歯の移動は 5 週間行った。犬歯と第 4 前臼歯をアンカーとして、第 2 前臼歯と第 3 前臼歯部の矯正力、移動量を測定した。対照群として下顎の荷重を加えていない第 2 前臼歯を用いた。また、切片は HE 染色ならびに TRAP 染色を行った。さらに、組織形態計測の評価のために HE 染色像を 2 値化させ、歯根膜・血管の断面積および血管/歯根膜面積を測定した。

その結果、

1) タイポドント実験において、Ni-Ti ワイヤーおよび GFRP ワイヤーともに上下顎の歯列長径が増加し、

前歯部の唇側傾斜が認められた。GFRP ワイヤーと Ni-Ti ワイヤーで移動量に有意差は認められなかった ($p \geq 0.05$)。

- 2) ひずみ試験では、ワイヤーを装着した後 0 週間から 4 週間にかけて、Ni-Ti ワイヤーの矯正力は 3.82 N から 3.73 N に、GFRP ワイヤーでは 3.84 N から 3.47 N に減少した。
- 3) ビーグル犬を用いた歯の移動実験において、矯正力は Ni-Ti 群および GFRP 群ともに第 2 前臼歯は約 50 g の矯正力が負荷されており、第 3 前臼歯は約 75 g の矯正力が負荷されていた。また、第 2 前臼歯と第 3 前臼歯部の平均距離は 0.6-0.7 mm であった。負荷される矯正力、移動量ともに両者の値に有意差は認められなかった ($p \geq 0.05$)。
- 4) 実験開始後 5 週目における組織学的所見は HE 染色にて、Ni-Ti ワイヤーおよび GFRP ワイヤーの第 2・第 3 前臼歯共に牽引側では、対照群と比較して歯根膜線維（シャーピー線維）が伸展し、歯槽骨表面には骨芽細胞の規則的な配列が認められた。圧迫側では、歯根膜線維は不規則な走行を示したが、硝子様変性や壊死は認められなかった。また、いずれのワイヤーを用いた実験群も対照群と比較して、歯槽骨表面には TRAP 陽性破骨細胞が有意に出現していた ($p < 0.05$)。
- 5) 組織形態計測では、Ni-Ti ワイヤーおよび GFRP ワイヤーの第 2・第 3 前臼歯共に牽引側において歯根膜断面積は対照群と比較して増加し、血管の断面積は有意差が認められず、血管/歯根膜面積は減少した。圧迫側において歯根膜断面積は減少し、血管の断面積は有意差を認められず、血管/歯根膜面積は増加した。歯根膜・血管の断面積および血管/歯根膜面積において、Ni-Ti ワイヤーと GFRP ワイヤー間に有意差は認められなかった ($p \geq 0.05$)。

以上の結果から、本論文の著者は、Ni-Ti ワイヤーに代わりうる新しいタイプのメタルフリー審美矯正用ワイヤーとしての可能性を有していると結論付けている。

本研究は審美性とメタルフリー化を目指す歯科矯正用ワイヤーとして、グラスファイバー強化プラスチックの臨床応用に向け新たな知見を得たものであり、歯科医学ならびに歯科矯正臨床に大きく寄与し、今後一層の発展が望めるものである。

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

平成 29 年 1 月 26 日