

論文の内容の要旨

氏名：加藤 萌子

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：上顎低位犬歯モデルにおけるニッケルチタン合金ワイヤーの矯正力と摩擦力の関係

マルチブラケット装置による矯正治療において上顎低位犬歯にニッケルチタン合金ワイヤーを用いて初期のレベリングを行うことが多い。効果的な歯の移動を行うには、歯に加えた矯正力がブラケットスロットとアーチワイヤー間の摩擦力を超える必要があり、矯正力に比べて摩擦力が大きい場合、アーチワイヤーが滑走しにくく犬歯の移動を妨げる。叢生がある症例では歯が歯列に沿って配列されていないため、ブラケットとアーチワイヤー間の摩擦力が増加し、また上顎犬歯の挺出時にはワイヤーとブラケットの摩擦だけでなく、バインディング (BI) やノッチング (NO) 等も影響することが報告されている。摩擦力がアーチワイヤーの矯正力より大きいと、犬歯は挺出しにくいばかりではなく、歯列のすべての歯に唇・頬側方向の矯正力が加わるため、歯列は拡大し、特に抜歯症例における歯列の拡大は歯のジグリングや治療期間の延長を招くこととなる。しかし、低位犬歯の挺出時にニッケルチタン合金ワイヤーを用いた時のブラケットの摩擦力と矯正力の関連性については十分に解明されていない。そこで本研究では、適切なアーチワイヤーを選択し、効果的な低位犬歯の挺出ため、垂直的に異なった上顎低位犬歯のレベリングを行う際のニッケルチタン合金ワイヤーとブラケットの摩擦/矯正力 (F/O) 比を検討することとした。

本研究では、低摩擦ブラケット (Synergy ブラケット)、コンベンショナルブラケット (Standard ブラケット) と 3 種類の直径 (0.014 インチ, 0.016 インチ, 0.018 インチ) および 3 種類のフォースタイプ (light, medium, heavy) のニッケルチタン合金ワイヤーを用いた。まず、ニッケルチタン合金ワイヤーの機械的特性を測定するため、 $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ 恒温槽中の万能試験機にて 3 点曲げ試験を ISO 15841 に準じた支点間距離 10 mm に加え、抜歯症例を想定した支点間距離 15 mm および 20 mm で行った。すべての矯正力は、得られた荷重-変位曲線の除荷過程の変位 1.0, 2.0, 3.0 mm で計測した。その結果、直径が大きいワイヤー、フォースタイプのより強いワイヤーおよび変位が大きいほど、矯正力は増加する傾向にあった。

次に、上顎低位犬歯の上顎第一小臼歯抜歯症例を想定し、右側犬歯を除く中切歯から第二小臼歯までの Synergy ブラケット 7 個と第一・第二大臼歯のチューブ 4 個のスロットを垂直的に同じ高さとなるように、中切歯から第二大臼歯まで歯列弓型アクリル板にシアノアクリレート系接着材で装着した実験モデルを作製した。低位犬歯を再現するため、上顎右側犬歯を歯肉方向へ 1.0, 2.0, 3.0 mm 変位させブラケットを装着し、さらに、第一小臼歯抜歯症例を再現するため、上顎右側側切歯と第二小臼歯のブラケット間距離を 15 mm, 20 mm とし計 6 種類の実験モデルを作製した。アーチワイヤーをブラケットスロットに挿入し、エラスティックモジュールで結紮した。その後、ムチン含有人工唾液を滴下し、 $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ 恒温槽中の万能試験機にて摩擦試験を行った。3 点曲げ試験で得られた矯正力と、摩擦試験で得られた摩擦力から F/O 比を算出し、Synergy ブラケットを用いた場合の各転位量におけるワイヤーの直径、フォースタイプおよびブラケット間距離の 3 要因の F/O 比に対する関連性を 3 元配置分散分析にて分析した。その結果、垂直転位 1.0, 2.0 mm では交互作用が認められたが、3.0 mm では認められなかったため、3.0 mm の主効果を検討したところ、フォースタイプ、直径、ブラケット間距離が独立して有意に影響していた。各転位量における F/O 比に関しては、上顎右側切歯と第二小臼歯のブラケット間距離を 15 mm に設定した場合、右側犬歯の垂直転位 1.0 mm では、0.016 インチと 0.018 インチの light タイプを除く全てのワイヤー、垂直転位 2.0 mm では 0.014 インチと 0.016 インチの medium, heavy タイプ、垂直転位 3.0 mm では 0.014 インチの medium, heavy タイプで、F/O 比が 1.0 以下となった。また、上顎右側切歯と第二小臼歯のブラケット間距離を 20 mm に設定した場合、右側犬歯の垂直転位 1.0 mm では、全てのワイヤー、垂直転位 2.0 mm では 0.014

インチと 0.016 インチの medium, heavy タイプ, 垂直転位 3.0 mm では 0.014 インチの medium, heavy タイプで, F/O 比が 1.0 以下となった。すべての実験モデルにおいて, 0.014 インチの medium, heavy タイプでは F/O 比が 1.0 以下となった。

次いで, Synergy ブラケットにおいて, すべての実験モデルで F/O 比が 1.0 以下となった 0.014 インチの medium, heavy タイプのワイヤーについて, Standard ブラケットを用い同様の検討を行った。その結果, Standard ブラケットの F/O 比は 2.14~7.11 となり, Synergy ブラケットの F/O 比より約 6 倍大きかった。

F/O 比が 1.0 より小さい場合, ニッケルチタン合金ワイヤーによって歯に生じる矯正力は摩擦力を超えるため, アーチワイヤーとブラケット間の滑走が円滑に生じ, 結果的に犬歯は挺出する。反対に, F/O 比が 1.0 より大きい場合, 過大な摩擦力によってアーチワイヤーの滑走は妨げられ, 犬歯が挺出ししない可能性がある。このため, 矯正治療で歯をレベリングする際は, F/O 比が 1.0 より小さくなる条件を選択すべきである。しかし, F/O 比が 1.0 をわずかに超える場合でも, 口腔内で結紮後, エラスティックモジュールが熱や湿度により劣化し, 急速に結紮力を失うため, F/O 比が数時間後に 1.0 以下となり, 犬歯の挺出が可能になることが推測される。このため, 本研究の結果を考慮すると, Synergy ブラケットを使用する場合, 垂直転位 1.0 mm ではすべてのワイヤー, 垂直転位 2.0 mm では 0.014 インチと 0.016 インチのすべてのワイヤー, 垂直転位 3.0 mm では 0.014 インチのすべてのワイヤーが, 上顎右側側切歯と第二小臼歯のブラケット間距離にかかわらず, 利用可能となることが推測できる。しかし, 垂直転位が 3.0 mm と大きい場合は, F/O 比が 1.0 をはるかに超えているため, たとえエラスティックモジュールが経時的に劣化し摩擦力が減少したとしても, F/O 比が 1.0 以下としない可能性が高い。このような犬歯の垂直転位量が大きい症例では, 歯列を拡大することなく犬歯を挺出させるため, F/O 比を考慮しアーチワイヤーを適切に選択することが重要である。

本研究において, Synergy ブラケットを使用した場合, 0.014 インチの medium, heavy タイプはすべての実験モデルにて F/O 比が 1.0 以下となったのに対し, Standard ブラケットの F/O 比は, 2.14~7.11 となり, Synergy ブラケットの F/O 比より約 6 倍大きかった。これは Synergy ブラケットでは 0.014 インチの medium, heavy を用いた場合, すべての犬歯の垂直転位量においてアーチワイヤーとの摩擦力に対し抵抗なく滑走するが, Standard ブラケットでは摩擦力によって歯列の拡大が生じる可能性が高いことを示す。矯正治療において, Standard ブラケットは現在も広く使用されていることを考慮すると, 矯正医は Standard ブラケットを使用し, 低位犬歯の治療を行う場合は, 細い径で矯正力が強いタイプのニッケルチタン合金ワイヤーを選択すべきであるが, それでも F/O 比は大きく, 歯列の拡大を招く可能性があることを認識しておく必要があると考えられた。