

論 文 要 旨

矯正治療における外部性歯根吸収と
セメント質の特性との関連性について

令和 4 年度
北海道医療大学大学院歯学研究科

江上 佳那

【緒論】

歯科矯正治療における外部性歯根吸収（以下 OIRR）は、予測が困難な一般的なリスクであり、重度の歯根吸収では歯根尖に不可逆的な形態変化をもたらす。この OIRR の要因には、遺伝、全身性疾患および歯根形態の異常などの患者関連因子や、装置の種類、過大な矯正力などの治療関連因子があり、セメント質の機械的特性や化学組成が OIRR に対する抵抗性や感受性に影響を与える可能性があるとされている。さらに、OIRR の診断は、パノラマ X 線写真などの二次元画像で行われることが多いが、歪みが生じるため二次元の情報だけでは真の歯根吸収を正確に把握することは困難である。一方、歯科用コーンビーム CT（CBCT）は、歪みのなく再現性の高い画像を得ることができるため、近年矯正学分野で幅広く使用されている。

本研究では、CBCT を使用し矯正歯科治療における三次元的な歯の移動に対する OIRR との関連性を調べることに加えて、セメント質の機械的特性や化学組成の OIRR との関連性を調べることから、OIRR に対する新たなリスクファクターを見出すことを目的とする。

【材料および方法】

1. セメント質試料の準備

北海道医療大学歯科クリニック矯正科を受診し、歯科矯正治療を行うにあたり抜歯を必要とする患者（女性、27 名、平均年齢：20±2.4 歳）から抜去した上顎第一小白歯（N=27）を試料とした。無作為に選択した片側の抜去歯を頬側と舌側に分割し、さらに歯頸側 1/3、中央 1/3、根尖側 1/3 に分割した。頬側歯頸部（頬頸部）、頬側中央部（頬中部）、頬側根尖部（頬尖部）、口蓋側歯頸部（口蓋頸部）、口蓋側中央部（口蓋中部）、口蓋側根尖部（口蓋尖部）に分類された（n=162）。それをエポキシ樹脂（Epofix, ストルアス）に包埋後、小型平面研磨機（マルトーラップ ML-110N, マルトー）を使用して試料の表面を研磨した。

2. セメント質試料の機械的特性の評価

各セメント質試料に対して、ナノインデンテーション試験（ENT-1100A, エリオニクス）により機械的特性（硬さ、弾性係数）を内側、中央、外側の 3 点で計測した。押し込み荷重は 10mN とし、すべての値の平均値を実測値とした。

3. 走査型電子顕微鏡（SEM）による試料の観察と組成分析

ナノインデンテーション試験後の試料をエタノール（70%、80%、90%、100%）に浸漬し試料内部の水分をエタノールに置換し、45°C の環境下で 48 時間乾燥させ試料を作製した。SEM にて表面構造を観察し（JMS-7800F, JEOL）、エネルギー分光分散分析法（EDX）による組成分析（Ca, P, Mg）を行い Ca/P 比、Mg/Ca 比を求めた。セメント質の硬さと

Ca/P 比, Mg/Ca 比の関係は Pearson の相関係数を算出して検討した.

4. 統計解析

統計分析は統計解析ソフト (SPSS Statics 26, IBM) を用いて実施し, 3 群間の比較には一元配置分散分析を行い, その後の多重比較には Tukey 検定を用いて実施した ($P < 0.05$).

5. 矯正歯科治療後の歯の移動量の測定

試料を採取した患者のうち, 動的治療開始前 (T1) と動的治療終了時 (T2) の CBCT データを取得した 8 名を対象に行った. CBCT データは STL データに変換し (Mimics, マテリアライズ), 上顎の重ね合わせは頭蓋底と上顎骨および計測する歯牙のデータ, 下顎の重ね合わせは下顎骨と計測する歯牙のデータを複合させたモデルを製作し, T1 と T2 で重ね合わせを行った (3-matic, マテリアライズ). 前歯部では, 近遠心的方向 (X 軸), 唇舌 (口蓋) 的方向 (Y 軸), 垂直的方向 (Z 軸), 臼歯部では, 頬舌 (口蓋) 的方向 (X 軸), 近遠心的方向 (Y 軸), 垂直的方向 (Z 軸) の移動量をそれぞれ測定した. Z 軸の移動量は, 圧下方向は「+」の値, 挺出方向は「-」の値で測定した.

6. 矯正歯科治療後の歯根吸収量の三次元的評価

STL データを使用し, T1 と T2 の歯根吸収量を線吸収率 (%) と体積吸収率 (%) で測定した. 移動量と歯根吸収量は左右で計測し, その平均値を用いた. 歯根吸収量と移動量, セメント質硬度の関係は Pearson の相関係数を算出して検討した.

【結果】

1. セメント質の機械的特性の評価

セメント質の硬さと弾性係数の値は, どちらも頬頸部が最も大きく, 口蓋尖部が最も小さくなり, 有意差が認められた. 計測点では, 中央, 内側, 外側の順で小さくなるが, いずれも統計的な有意差は認められなかった. セメント質の硬さの平均値から 1SD 以下を Soft 群, 1SD 以内を Moderate 群, 1SD 以上を Hard 群と分類した.

2. セメント質の表面構造の観察と組成分析

歯頸部, 中央部, 根尖部にいくにつれセメント質幅が広がっており, Hard 群と Soft 群では表面構造に大きな違いは認められなかった. 化学組成に関しては, Ca/P 比は Hard 群, Moderate 群, Soft 群の順に有意に小さくなり, セメント質硬度と Ca/P 比は強い正の相関関係が認められた. Mg/Ca 比は Soft 群, Moderate 群, Hard 群の順に小さくなり, セメント質硬度と Mg/Ca 比は負の相関関係が認められた.

3. 歯根吸収量と移動量の結果

歯根吸収量は、上顎中切歯が最も大きく、ついで上顎側切歯、下顎犬歯、下顎側切歯、上顎犬歯、下顎中切歯となった。上下顎ともに、前歯が臼歯部に比較して有意に大きい値となった。移動量は、X軸は下顎第二小臼歯が最も大きく、ついで下顎第一大臼歯、Y軸は上顎中切歯が最も大きく、ついで上顎犬歯、Z軸は下顎中切歯が最も大きく、ついで上顎中切歯となった。

4. 歯根吸収量と移動量の関係

歯根吸収量はX、Y軸では、相関関係は認められなかったが、Z軸では正の相関関係が認められた。

5. 歯根吸収量とセメント質の機械的特性の関係

歯根吸収量と歯根セメント質の機械的特性は強い負の相関関係が認められた。

【考察】

セメント質の歯頸部 2/3 は細胞を含まない硬い無細胞セメント質であり、根尖側 1/3 は細胞自身も含まれて石灰化した有細胞セメント質であるため、歯頸部が根尖部と比較して有意に大きい値になったと考えられる。計測点では、外側は歯根膜に侵入するシャーピー繊維が存在し、内側はセメント象牙境があり、他の構造と接着する部位は硬組織成分以外の接着成分があるため内外側が低い値を示したと考えられる。

セメント質の硬度が小さいほど歯根吸収量が大きくなる傾向が認められたのは、Hard 群より Soft 群で Ca/P 比が低いためであると考えられる。また、Mg は、常に骨と歯の石灰化に関与しており、セメント質の代謝を調節し、リン酸カルシウムの分解速度を低下させることが報告されている。つまり、Mg の存在が Ca/P 比および Mg/Ca 比に影響し、低い Ca/P 比は Mg の増加に関係している可能性がある。そのため、Hard 群と比較して Soft 群で Ca/P 比は低く、Mg/Ca 比は高くなっていると考えられる。OIRR には、セメント質硬度が関係しており、Ca/P 比と Mg/Ca 比はセメント質の硬度に関係している可能性があることが示唆された。

【結論】

セメント質の機械的特性や化学組成が歯根吸収に対する抵抗性や感受性に影響を与える可能性があることが示唆された。