

令和元年6月7日現在

機関番号：32667

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K20659

研究課題名(和文)ゲル状磁気式触覚センサを応用した新たな歯根膜矯正力測定システムの開発

研究課題名(英文)Development of newly orthodontic force simulation system applied magnetic type tactile sensor

研究代表者

栃木 啓佑 (Tochigi, Keisuke)

日本歯科大学・生命歯学部・助教

研究者番号：60769909

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：矯正治療後に歯根吸収が認められることがあり、上顎中切歯は歯根吸収が最も多く認められる歯種である。歯根吸収に影響を与える要因には、歯の移動様式や矯正力の大きさなどいくつかの要因がある。

そこで、まず上顎中切歯の根尖部に加わる矯正力の計測が可能である根尖部矯正力計測システムを開発した。次に上顎中切歯の圧下、舌側をシミュレートし、根尖部に加わる力を計測した。その後、歯の移動方向の違いにおける根尖部に加わる矯正力について検討した。

その結果、圧下では舌側移動と比較して1.2倍～2.3倍、根尖部に有意に大きな力が加わっていた。そのため圧下を行う際、根尖部に過度な力が加わらないように留意するべきである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

矯正治療において、適切な大きさの矯正力が及んだ場合、歯の移動速度は最大となるが、不適切な矯正力が及んだ場合、疼痛や、根尖部の歯根吸収が起こることがある。根尖部に重度の歯根吸収が見られた場合、一時的に治療を中断せざるをえないこともある。そのため、根尖部に加わる力を計測することは重要である。

本研究では、歯を圧下させた時に根尖部に加わる力が大きくなることが明らかになった。そのため、圧下の際には、根尖部に大きな矯正力が加わらないようにアーチワイヤーの選択に留意する必要がある。本研究の成果により、歯根吸収や疼痛の軽減につながる可能性があるため、非常に意義のある研究であったと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The incidence and severity of root resorption are higher in patients undergoing orthodontic treatment. Root resorption is most commonly observed at the root apex of the maxillary central incisors. Several factors are known to affect root resorption, such as the tooth movement pattern, the magnitude of the orthodontic force.

Therefore, a new orthodontic force simulation system was developed to measure the force at the apex of the maxillary central incisor with a six-axis sensor. Next, lingual and intrusion movement were simulated, and the force applied at the apex was measured. Forces at the root apex of the maxillary central incisor were compared between different directions of orthodontic tooth movement. As a result, forces for intrusion movement were 1.2-2.3 times significantly greater than forces for lingual movement. Therefore, when planning to intrude the maxillary central incisor, clinicians should be careful to avoid applying excessive force.

研究分野：歯科矯正学

キーワード：矯正力 歯根膜 システムの開発 触覚センサ

## 1. 研究開始当初の背景

マルチブラケット装置において、アーチワイヤーによる矯正力が歯周組織に作用することによって歯の移動が起こる。歯に適切な大きさの矯正力(至適矯正力)が及んだ場合、歯の移動速度は最大となるが、歯に不適切な矯正力が及んだ場合、疼痛や、根尖部の歯根吸収を引き起こす可能性がある。

矯正治療中におこる疼痛は、矯正治療中における最も不快な出来事の1つであり、それが理由で治療開始早々に、治療を断念する患者さえいる。しかし、通常、適切な矯正力が負荷された場合、患者は痛みとして感じることはないとされている。

歯根吸収の発現には多因子が関与しているとされている。歯根吸収の危険因子には年齢、性別、歯種、歯根形態など患者自身に関わるものの他に、治療期間や矯正力の種類(力の大きさと作用様式)などの矯正治療に関わる危険因子が挙げられる。また、稀に矯正治療中に歯根尖が広範に吸収されることがあり、歯根吸収が見られた場合、進行を抑制させるために、一時的に矯正治療を中断せざるをえないこともある。

そのため、根尖部の矯正力を計測することは重要である。

過去には矯正力を歯列弓をシミュレートし計測した研究はいくつか存在する。Drescher らは上顎歯列模型を使用し、1個の6軸力覚センサを用い、転位した上顎中切歯のブラケットに及ぶ矯正力を測定した。Badawi らは上顎歯列弓をシミュレートし、12 個の6軸力覚センサを各歯に取り付けた Orthodontic Simulator (OSIM)を考案し、低位犬歯症例における、結紮方法の違いによる矯正力の分布の差異について評価を行った。しかし、これらの研究では、ブラケットや歯に加わる矯正力を計測したものであり、根尖部に加わる矯正力は不明である。

当講座では正常咬合者の下顎歯列弓形態を再現し、4個の超小型6軸力覚センサを下顎左側側切歯から右側側切歯までの下顎4前歯に取り付け、下顎4前歯に接着されたブラケットに加わる矯正力が計測可能な The multi-sensor measuring system を開発した。そして下顎右側側切歯の舌側転位を再現し、温度管理下で、ニッケルチタンアーチワイヤーがブラケットに及ぼす矯正力を計測し、さらにセルフライゲーションとエラストックモジュールによる結紮の2種類の結紮方法におけるブラケットに加わる矯正力の大きさ比較を行った。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、歯根膜や歯の形態をシミュレートして根尖部に加わる矯正力を計測し、歯の移動方向の違いにおける根尖部に加わる矯正力を比較することである。

## 3. 研究の方法

研究開始当初、本システムではゲル状磁気式触覚センサを用いる予定であったが、販売が中止となり、入手が不可能となったため、システム的设计を再考する必要があるが、直径 7.0 ミリの超小型 3 軸力覚センサを応用しシステムを構築することとした。

根尖部に加わる矯正力を計測するために、上顎中切歯を模した金属ブロック (図1、図2A)、上顎右側中切歯用ブラケット(図2A)、歯根膜をシミュレートするための義歯用リライン材(図2A)、六軸

力覚センサからなる根尖部矯正力計測システムを製作した(図2B)。まず金属ブロックの根尖部に六軸力覚センサを設置し、歯根側面を厚さが0.5mmとなるように義歯用リライン材で被覆した。その後、歯冠の中央部にブラケットを接着した。

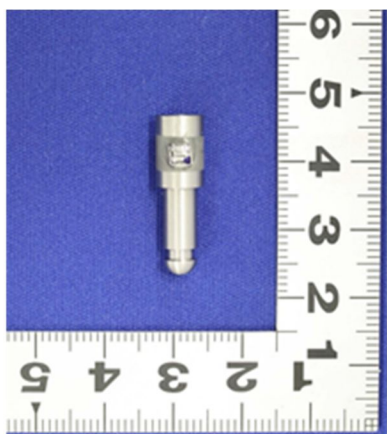


図1 上顎中切歯を模した金属ブロックの全体像

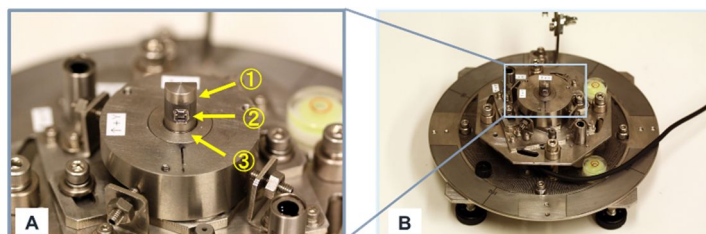


図2 根尖部矯正力計測システム(A: 拡大図, B: 全体像)

- ①上顎中切歯を模した金属ブロック
- ②上顎右側中切歯用ブラケット(Damon, Ormco, Orange, CA, USA)
- ③歯根膜をシミュレートするための義歯用リライン材

分銅(50、100、200gf)を用いて歯冠に力を加え、根尖部に加わる矯正力を計測した。本研究では舌側移動(図3A)と圧下(図3B)の2つを再現した。舌側移動では、ブラケットに分銅を掛け、舌側方向に力を加え、根尖部に加わる舌側方向の力( $F_x$ )を計測した。圧下では、切縁にジグを介して圧下方向に分銅を掛け、根尖部に加わる圧下方向の力( $F_z$ )を計測した。5回ずつ計測を行い、平均値と標準偏差を算出した。

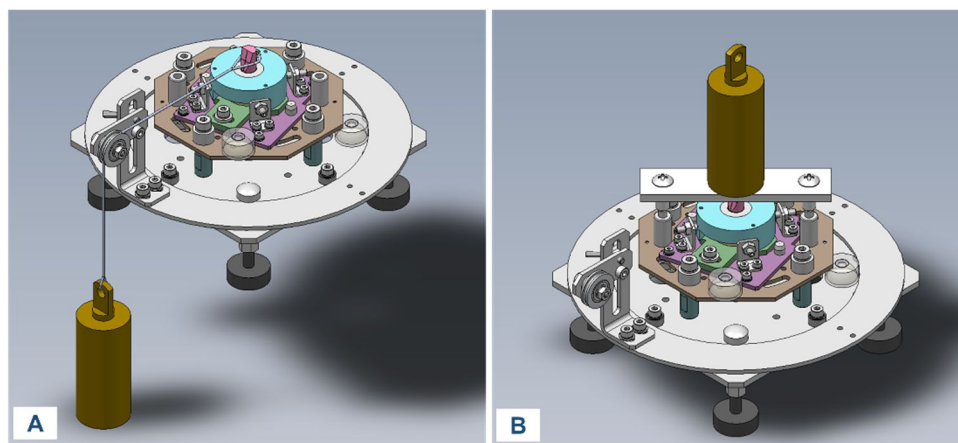


図3 分銅を用いて矯正力を加えた3次元イメージ図 (A: 舌側移動, B: 圧下移動)

その後、移動方向(圧下、舌側移動)、分銅の重さ(50、100、200gf)の2要因で2元配置分散分析とBonferroniの多重比較検定を用い、比較した。有意水準は5%とした。

#### 4. 研究成果

二元配置分散分析の結果、移動方向と分銅の重さは水準間で有意差を認めた(表1、 $P<0.01$ )。多重比較の結果、根尖に加わる力は圧下では舌側方向よりも有意に大きかった(図4、 $P<0.01$ )。

表1 二元配置分散分析の結果 (\*\*:  $P<0.01$ )

	タイプIII平方和	自由度	平均平方	F値	P value
移動方向	20624.7	1	20624.7	13789.6	0.000**
分銅の重さ	47717.4	2	23858.7	15951.9	0.000**
移動方向 × 分銅の重さ	13411.7	2	6705.8	4483.5	0.000**

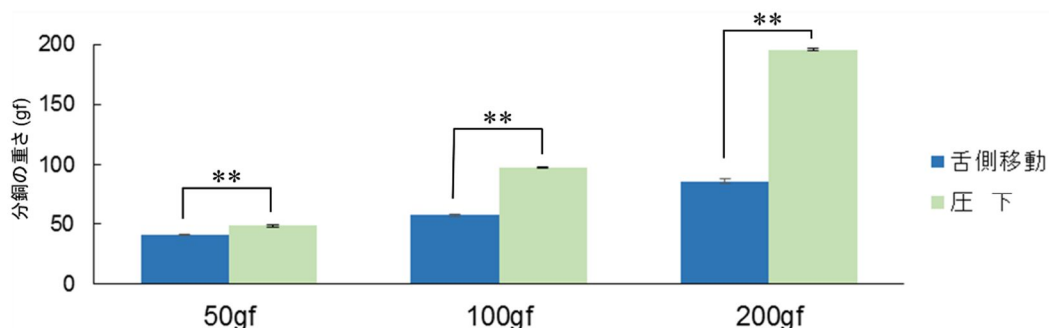


図4 舌側移動と圧下時の根尖に加わる力の比較 (\*\*:  $P<0.01$ )

本研究は、著者らの知るところ根尖に加わる矯正力を計測した初めての研究である。

過去の臨床研究では、圧下で歯根吸収が多くみられるという報告 (Roscoe 2015) があり、根尖部矯正力計測システムを用いた本研究においても、圧下での根尖に加わる力は舌側移動と比較し、有意に大きく、これが圧下で歯根吸収が多くみられる原因のひとつかもしれない。50gf の矯正力をかけた時には、圧下では舌側移動と比較し 1.2 倍大きな力が根尖に加わっていたのに対し、200gf の矯正力をかけた時には、圧下では舌側移動と比較し 2.3 倍大きな力が根尖に加わっていた。そのためマルチブラケット装置を用い、圧下の際に、特にステンレススチールのような剛性の高いアーチワイヤーを用いる場合、根尖部に過度な力が加わらないように留意するべきである。

本研究では歯根膜をシミュレートするための材料として、義歯用ライン材を用いた。しかし、実際には歯根膜は荷重に対し、双線型を示すことが明らかになっている。そのため、歯根膜のシミュレートには材料も含めて更なる研究が必要であると考えられる。

#### < 引用文献 >

Weltman B, Vig KW, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Root resorption associated with orthodontic

tooth movement: a systematic review. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2010;137(4):462-76.

Ketcham AH. A progress report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography. 1929;15(4):310-28.1929

Roscoe MG, Meira JB, Cattaneo PM. Association of orthodontic force system and root resorption: A systematic review. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2015;147(5):610-26.

## 5 . 主な発表論文等

[学会発表](計2件)

(1) Tochigi K, Arai K, Saze N, Koda T, Tachi A: Comparison of Orthodontic Force at Apex between Different Tooth Movement, The 96th General Session of the IADR/Pan European Regional Congress, London, England, Program Book, 222, 2018.

(2) 栃木啓佑, 新井一仁, 佐是奈織美, 幸田隆史, 舘晶彦: 歯の移動方向の違いにおける根尖部に加わる矯正力の比較, 第77回日本矯正歯科学会大会プログラム・抄録集, 77:228, 2018.