

# 富永 淳也 論文内容の要旨

主 論 文

## Optimal Loading Conditions for Controlled Movement of Anterior Teeth in Sliding Mechanics

スライディングメカニクスを用いて前歯の移動をコントロールする際の  
最適荷重条件について

Jun-ya Tominaga; Motohiro Tanaka; Yoshiyuki Koga;  
Carmen Gonzales; Masaru Kobayashi; Noriaki Yoshida

富永 淳也、田中 基大、古賀 義之、  
ゴンザレス カルメン、小林 優、吉田 教明

(The Angle Orthodontist 掲載予定 印刷中)

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科医療科学専攻  
(主任指導教員：吉田教明教授)

### 緒 言

近年、より効率的に歯の移動を行い治療期間の短縮を行うことができる矯正治療法が強く求められている。このような背景からスライディングメカニクスと矯正用インプラントを併用する方法がますます用いられるようになった。しかしながら、この方法において、抜歯空隙の閉鎖を行う際の最適な荷重条件はいまだ明らかにされていない。また、矯正医にとって前歯の動きをコントロールすることは、治療計画を立案し、治療を進めていく上で極めて重要であるが、パワーアームを用いることにより容易に前歯の動きをコントロールすることができると考えられる。

スライディングメカニクスにおいて、歯の移動に影響を及ぼす要因である、アーチワイヤーの剛性や摩擦、荷重位置といった生体力学的要因に関する研究は行われているが、パワーアームを用いて前歯部を舌側移動する際の最適な荷重条件に関する研究は報告されていない。

そこで本研究では、有限要素法を応用して、スライディングメカニクスと矯正用インプラントを併用し、パワーアームを用いて前歯を舌側移動する際の解析を行い、最適なパワーアームの高さやアーチワイヤー上に接合する位置を決定することを目的とした。

## 対象と方法

まず、C Tにて撮影された画像を基に、3次元画像処理・編集ソフトウェア Mimics を用いて上顎中切歯から第2大臼歯までの歯を三次元構築した。次に、有限要素解析プリ・ポストプロセッサソフトウェア Patran にて、歯根膜や歯槽骨、アーチワイヤーなどのモデルの作成や有限要素メッシュの作成を行った。ここで、歯根膜の厚みは 0.2 mm とし、0.018 インチのブラケットスロットにフルサイズのアーチワイヤーを使用した。また、犬歯の近心(側切歯・犬歯間)と遠心(犬歯・第一小臼歯間)に相当する部位のアーチワイヤーに、それぞれ計4本のパワーアームを取り付けた。有限要素メッシュは、ブラケットスロット内でアーチワイヤーが滑るように作成し、摩擦係数は 0.2 とした。その後、150 g の水平力をブラケットスロットから 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 mm の高さでそれぞれパワーアームに加え、汎用有限要素プログラム Marc を用いて変位量解析を行い、中切歯の傾斜角やアーチワイヤーのたわみを調べ比較検討した。

## 結 果

上顎中切歯の傾斜角に関して、パワーアームを犬歯の近心に取り付けた場合、0 mm の高さに水平力を加えると、中切歯は口蓋側に傾斜し、荷重位置が 5.5 mm の高さまで同様の傾向を示した。5.5 mm の高さでは歯体移動し、さらにこれより高い位置に力を加えると唇側傾斜した。これに対し、パワーアームを犬歯の遠心に取り付けた場合は、11.2 mm の高さに水平力を加えた時に歯体移動を起こした。

また、アーチワイヤーのたわみに関して、パワーアームを犬歯の近心に取り付けた場合、0 mm の高さに力を加えた時は前歯部のアーチワイヤーは下方への変形を示した。5.5 mm の高さではアーチワイヤーの変形はごく僅かであるが、10 mm の高さでは前歯部のアーチワイヤーは上方へ持ち上がるような変形を起こした。パワーアームを犬歯の遠心に取り付けた場合では、10 mm の高さでもアーチワイヤーの前方部は下方へ引き下げられるような変形が観察された。

## 考 察

犬歯の近心にパワーアームを取り付けた場合と、遠心に取り付けた場合では、荷重位置が 10 mm の時にアーチワイヤーの変形に大きな違いが認められた。前者では、中切歯の唇側傾斜の程度は大きく、これは側切歯・犬歯間のアーチワイヤーに曲げモーメントが生じ、結果として、切歯に圧下力が加わったためと考えられる。これに対して、後者では、前歯部のアーチワイヤーはほとんど変形しておらず、これは、犬歯に圧下力として伝えられた力に対して、犬歯歯根周囲の歯槽骨が強く抵抗し、アーチワイヤーの変形によって生じた曲げモーメントがこの部位で吸収されてしまうためと思われる。また、これにより前歯の動きをコントロールするためにパワーアームは、犬歯の遠心ではなく近心のアーチワイヤー上にろう着するべきであると考えられる。

生体力学的観点からは、力の作用線と歯の抵抗中心との関係により、唇側傾斜、歯体移動、舌側傾斜といった歯の動きは決定されると考えられていた。しかしながら、今回得られた結果はこの生体力学的原理と合致しない。つまり、今回の解析モデルで得られた中切歯の抵抗中心の高さは 7.5 mm であったが、犬歯の近心にパワーアームを取り付けた場合の歯体移動する加重位置の条件は 5.5 mm であり、遠心に取り付け

た場合は 11.2 mm であった。これは、実際の臨床においては、力の作用線と歯の抵抗中心との関係のみならず、アーチワイヤーの変形をも考慮し、治療計画を立案しなければならないことを示唆している。

## 結 論

スライディングメカニクスを用いて前歯の動きをコントロールする際には、側切歯と犬歯との間にパワーアームをろう着すべきである。さらに、治療目標によってパワーアームの高さを変える必要があり、アーチワイヤーの変形まで考慮して治療計画を立案しなければならない。