

氏名	益子 正範		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	歯学		
学位授与番号	博甲第6250号		
学位授与の日付	令和2年9月25日		
学位授与の要件	医歯薬学総合研究科病態制御科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	リンガルアーチによる上顎切歯の移動様式 ー有限要素法によるシミュレーションー		
論文審査委員	飯田 征二 教授	原 哲也 准教授	川邊 紀章 准教授

学位論文内容の要旨

リンガルアーチは、混合歯列期に歯牙スペースを維持するために使用されることが多く、その臨床的効果も確認されている。また、リンガルアーチは、歯列保持以外にも限局的な歯牙移動を試みたい部位に対して使用され、部分矯正装置としての役割がある。この場合、主線に鑑着した弾線が元の形状に戻ろうとする力、すなわちばねの作用によって歯を移動する。この矯正装置の特徴は、転位した歯だけに力を加え、その歯だけを移動することで歯列を排列することである。リンガルアーチによって歯を所定の位置に移動するためには、歯の移動メカニクスを知る必要がある。最近、リンガルアーチによって左右の側切歯を対称に移動させた場合について、有限要素法によって歯の移動が調べられた。それによれば、歯はすべて傾斜移動した。また、主線を固定している大臼歯が近遠心方向に傾斜することがわかった。

本研究では、これまでの有限要素法による研究をさらに臨床に近い場合に拡張させた。すなわち、歯の移動が左右側で非対称な場合について、歯の移動をシミュレーションした。また、歯の傾斜移動だけでなく、切歯を歯軸回りに回転させる場合についても検討した。これまでの結果と比較して、リンガルアーチにおける歯の移動メカニクスを明らかにした。

今回は、次の①～④の4つのケースの有限要素法モデルにおいて解析を行った。①舌側転位した側切歯を単式弾線によって歯頸部付近に力を加え唇側方向へ移動させる場合、②近心傾斜した側切歯を指様弾線によって歯頸部近心に力を加え遠心移動させる場合、③翼状捻転した左右側中切歯について切縁部近心に力を加えて捻転の修正を試みる場合④捻転した左右側側切歯について切縁部の近心側に力を加えて捻転を修正する場合である。

シミュレーション結果に基づいて歯の移動メカニクスを検討した結果、①、②の側切歯の歯頸部付近に力を加えた場合、歯は力を加えた方向に傾斜移動した。根尖と切縁は反対方向に移動した。これらの傾斜移動は、歯がワイヤーで拘束されない状態において、歯冠に力が加わったことによって生じた。このような簡単な力系による歯の移動は、有限要素法を用いなくても予想できる。③④の場合では、切歯の捻転が修正されることを期待して切縁近心端に力を加えた。③の中切歯の場合、切縁の近心端は遠心端の約2倍唇側へ移動した。この移動によって中切歯の捻転は少し修正された。一方、④の側切歯の場合、切縁の近心端の移動量は、遠心端の1.3倍であった。

側切歯の捻転の修正はわずかであった。捻転の修正は、歯軸回りのモーメントによって生じ、力の作用

点が歯軸から離れていることによって生じた。中切歯では、側切歯に比べて切縁の幅が大きく、それに応じて大きなモーメントが作用した。そのため、側切歯の場合より捻転の修正量が大きくなった。なお、③の場合、リングルアーチ装着時には、左側に比べて右側中切歯に大きな力が作用したが、歯が移動すると両側中切歯に作用する力はほとんど同じになった。そのため、両側中切歯で、移動量がほとんど同じになった。

①～④のいずれの場合でも、弾線は、装着時の力によって、歯冠の傾斜に沿って切縁に向かって移動した。歯の移動に伴って弾線が歯冠から離脱することを防ぐためには、装着時において、弾線ができるだけ歯頸部に近くなるようにした方がよい。①、③、④の場合、切歯には歯冠部舌側面に対して直角に力が作用した。歯冠部舌側面の傾斜によって、力は舌側方向だけでなく上向きにも作用した。力の上向き方向成分によって、大臼歯には時計回りのモーメントが加わった。そのため、大臼歯は遠心傾斜した。一方②の場合では、側切歯の近心面に力が作用した。近心面の傾斜によって、側切歯には下向きの力が加わった。そのため、大臼歯には反時計回りのモーメントが作用して近心傾斜した。なお、①②の場合では、左の側切歯だけを移動させたので、移動させた歯と同じ側の臼歯において、移動量と傾斜角度がやや大きくなったが、移動させる歯の反力を左右側臼歯ではほぼ均等に分担したといえる。③の場合には、大臼歯の傾斜角度は、左右側で同じになった。これは、左右側中切歯に対する力の作用位置が正中上にあるためである。

今回の研究において、リングルアーチによる歯の移動状態は傾斜移動であり、切歯の切端に力を加えた場合、歯軸回りのモーメントによって歯の捻転を少し修正できることが分かった。また、切歯に加わる力の上下方向成分によって大臼歯にモーメントが作用することで、大臼歯が近遠心方向に傾斜し、さらに、片側の歯を移動させた場合、同じ側の臼歯において傾斜角度がやや大きくなることが明らかになった。

論文審査結果の要旨

リンガルアーチ (LA) は、混合歯列期に歯牙スペースを維持するために使用されることが多く、その臨床的効果も確認されている。一方、歯科矯正治療においては歯の移動メカニクスを知る必要があり、その一手法として有限要素法を用いた力学的解析の報告があるが、リンガルアーチを用いた場合の歯の移動メカニクスはこれまで報告されていない。本研究では、上顎側切歯の位置異常への LA による矯正治療の効果について有限要素法を用いてシミュレーションを行い、LA による各歯の移動メカニクスを明らかにした。

本研究では、次の①～④の異なる治療についてシミュレーションを行った。①舌側転位した側切歯に対して単式弾線により歯頸部に力を加え唇側方向へ移動させる治療。②近心傾斜した側切歯に対して指様弾線によって歯頸部近心に力を加え遠心移動させる治療。③翼状捻転した両側中切歯に対して切縁部近心に力を加えて捻転を修正する治療。④捻転した両側側切歯に対して切縁部近心に力を加えて捻転を修正する治療。

シミュレーション結果に基づいて歯の移動メカニクスを検討した結果、以下の結論が得られた。

①、②の側切歯の歯頸部付近に力を加えた場合、歯は力を加えた方向に傾斜移動し、根尖と切縁は反対方向に移動した。③の場合、切縁の近心端が遠心端の約 2 倍唇側へ移動した。④の場合、切縁の近心端の移動量が遠心端の 1.3 倍であり、側切歯の捻転の修正はわずかであった。①～④のいずれの場合でも、弾線は、装着時の力により歯冠の傾斜に沿って切縁に位置し、シミュレーションを重ねるごとに経時的に復位した。①、③、④の場合、切歯には歯冠部舌側面に対して直角に力が作用し、歯冠部舌側面の傾斜によって、力は舌側方向と上向きにも作用した。また、この上向き方向成分の作用によって大白歯には時計回りのモーメントが加わった。

リンガルアーチによる歯の移動様式は傾斜移動であり、切端に力を加えた場合、歯軸回りのモーメントによって歯の捻転を少し修正できることが分かった。また、切歯に加わる力の上下方向成分によって大白歯にモーメントが作用することで、大白歯が近遠心方向に傾斜し、さらに、片側の歯を移動させた場合、同じ側の大白歯において傾斜角度がやや大きくなることが明らかになった。

本論文は、リンガルアーチ使用時の切歯の移動において、有限要素法を用いたシミュレーションの臨床的妥当性を示した点において新規性を認める。また、将来的にはコンピューターの処理能力の向上によって、より複雑なシミュレーションが可能になることが予想され、予知性の高い歯科矯正治療の確立に寄与できるものと考えられる。よって、審査委員会は本論文に博士 (歯学) の学位論文としての価値を認める。