

学 位 論 文 題 名

歯に矯正力を加えた際の圧迫側歯周組織の三次元的様相

－初期変化に続く経時的な修復機転について－

学位論文内容の要旨

矯正歯の移動を行った際の歯周組織の変化は、歯根と歯槽骨の間に生じる圧力に対応する、あるいは適応しようとする組織の変化であり、加える荷重や歯周組織の解剖学的な形態等により、三次元的に多様な様相を示す。最近、金子は歯に矯正力を加えた際の圧迫側歯周組織の初期変化をコンピュータグラフィクスをもちいて三次元的にとらえた研究を発表した。今回この手法を用いて、作用期間を2週間、4週間と延長し、長期間にわたる圧迫側歯周組織の変化を、特に組織の修復機転の観点から三次元的かつ経時的にとらえることを目的として実験を行った。

〈材料と方法〉

雄の成ネコの上顎犬歯を実験歯とし、第3前臼歯を固定源として矯正用スプリングで遠心に傾斜移動させた。実験条件は、1匹には右側を対照歯、左側を100 g 14日間、1匹には左側を100 g 7日間、右側を100 g 14日間、2匹には左側を100 g 14日間、右側をそれぞれ50 g または200 g 14日間、2匹には左側を100 g 28日間、右側を50 g または200 g 28日間とした。なお荷重は初期荷重とし、実験中荷重の調整は行わなかった。また実験前後に模型を採得し実験歯の移動量の計測を行った。

所定の期間終了後、ブアン液にて灌流固定し、Plank-Rychlo液にて脱灰し、セロイジンに包埋した。セロイジンブロックに薄切面と垂直に穴を開け三次元再構築の基準点とし、30  $\mu$  mの連続横断切片を作製し、H. A. 染色を行った。切片を5枚または2枚おきに顕微鏡写真撮影し、歯根、歯槽骨、歯根膜変性領域、破骨細胞の分布および基準点をトレースし、これらをコンピュータに入力して三次元再構築像を作成した。

〈結 果〉

1) 対照歯と14日間例について

金子は圧迫側歯根膜には、内変性帯とそれをはさむ無細胞帯が変性領域として分布すると報告している。本実験でも14日間例では同様の所見が得られた。また、この変性領域に面する歯槽骨に活発な吸収を行う部位を認めた。

## 2) 7日間と14日間での経時的な比較(初期荷重100 g例)

組織切片による顕微鏡像では14日間例で変性領域の一部はすでに修復され縮小する傾向にあった。変性領域に面する歯槽骨においては7日間例よりも広範に歯槽骨が吸収されている部位があった。三次元再構築像では14日間例で変性領域の分布が狭くなっていた。直接性骨吸収と背部骨吸収を行う破骨細胞の分布が減少していた。変性領域に面する歯槽骨の吸収はいずれも歯槽頂付近ではわずかであったが、これより根尖側よりでは7日間例に比して14日間例では広範に吸収されていた。

## 3) 初期荷重の違いによる14日間例での比較

(初期荷重50 g, 100 g例および100 g, 200 g例)

顕微鏡像で14日間例にはすべて変性領域に面する歯槽骨の吸収を認めた。三次元再構築像では同一個体内で初期荷重の大きいものほど変性領域は頬舌的に広い分布を示した。また破骨細胞は初期荷重の大きいものほどより深部にまで分布していた。

## 4) 初期荷重の違いによる28日間例の比較

(初期荷重50 g, 100 g例および100 g, 200 g例)

顕微鏡像では28日間例すべてで歯槽骨の吸収が進み、歯根膜は広範囲に修復されていた。残存する変性領域からはなれた歯槽壁には破骨細胞がすでにみられなかった。三次元再構築像ではすべての例で遠心側歯頸部歯槽骨頂付近で変性領域が残存していた。また同一個体内では初期荷重が大きいもので、それより根尖側よりの舌側面でも島状に残存しており、さらに近心側根尖部にも残存していた。破骨細胞は、遠心側歯頸部では残存している変性領域付近の歯槽骨に認められた。また近心側根尖部では初期荷重の大きい例で変性領域付近にわずかに分布し、初期荷重の小さい例では、近心側歯頸部から近心側根尖部まで幅広く分布していた。

## <考 察>

### 1) 歯周組織の修復機転と歯の移動について

破骨細胞に矯正力を加えた場合、圧縮された歯根膜に変性領域が出現し、その周囲に破骨細胞が分布することは一般的に認められており、また経時的に歯槽骨の吸収と変性領域の修復がおこり、その後破骨細胞は消失するとの報告も多い。今回の実験において7日から14日に至る過程で、

すでに変性領域が三次元的に縮小していることがわかった。また破骨細胞の分布も減少していた。このことから変性領域の一部は修復され、必要な歯槽骨の吸収を終えた部位で破骨細胞はすでに消失していると考えられる。一方、変性領域に面した歯槽骨には広範な吸収がみられたことより、今後、この部位からも修復は進むものと考えられる。次に14日間例で検討すると初期荷重の大きい例では遠心側歯頸部の変性領域は比較的広く、また破骨細胞の分布は初期荷重の最も大きい200g例では歯槽骨内深くにもみられた。変性領域に面する歯槽骨にも吸収がみられた。さらに28日間例で検討すると変性領域は大部分で修復され縮小していた。しかしどの例でも遠心側歯頸部歯槽骨頂付近では変性領域は残存しており、さらに初期荷重の大きい例ではそれよりやや根尖側よりの舌側面でも島状に点在し、近心側根尖部にも残存していた。破骨細胞はこれらの領域付近にみられ、その他の部位ではわずかであった。また初期荷重の小さい例では、近心側に幅広い破骨細胞の分布を認めた。以上より、14日から28日に至る過程で変性領域は大部分が修復されたが、これは変性領域に面する歯槽骨の比較的浅い部位での吸収が関与しているものと考えられる。これらのことを模型計測と比較すると14日間例ではほとんど歯が傾斜移動しなかったのに対して初期荷重の小さい28日間例では歯頸部より尖頭での移動量が大きく、根尖部の近心移動による傾斜移動が生じたものと考えられる。

## 2) 破骨細胞の出現と吸収形態について

金子は破骨細胞の出現形態を、無細胞帯の外側に接して出現し穿下性骨吸収を行う破骨細胞、穿下性骨吸収よりさらに外側に出現し直接性骨吸収を行う破骨細胞、変性領域に面する歯槽骨内の骨髓腔に出現し背部骨吸収を行う破骨細胞の3種に分類した。

今回14日間例すべてで変性領域に面する歯槽骨に、広範な吸収が認められた。この部位は骨髓腔から歯根膜腔への開口部であり Reitan のいう Open cleft に相当する。この吸収形態は穿下性骨吸収やいわゆる背部骨吸収とは独立しており、また破骨細胞の出現は穿下性骨吸収を行う破骨細胞と同様に歯根膜の圧縮に関連したものと考えられる。しかし、変性領域に面した歯槽骨骨髓腔内で生じるため、この吸収形態を背部骨吸収の一つとし、変性領域に面する歯槽骨の骨髓腔開口付近に出現し浅部での背部骨吸収を行う破骨細胞、および変性領域に面する歯槽骨内深くの骨髓腔に出現し深部での背部骨吸収を行う破骨細胞に再分類した。

## 3) 応力分布と深部での背部骨吸収を行う破骨細胞の関連

深部での背部骨吸収を行う破骨細胞の出現については、組織学的な所見からはその機序が不明であった。そこでこの破骨細胞の分布を詳細に検討すると、初期荷重が大きい例でより深部に分布していた。一方歯に加えた矯正力の歯槽骨内への伝達について、三次元有限要素解析を行って

検討した結果, 歯に加えた荷重が大きい程, より深部にまで応力が分布していることがわかった。  
以上より深部での背部骨吸収を行う破骨細胞の出現は, 歯槽骨に分布する応力に深く依存しているものと考えられる。

## 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 村 進 治  
副 査 教 授 脇 田 稔  
副 査 教 授 吉 田 重 光

審査は脇田, 吉田および中村審査員全員の出席のもとで口頭試問により提出論文の内容とそれに関連する学科目の知識について行った。

矯正力による歯の移動に伴う歯周組織変化は矯正歯科臨床においてもっとも関心の深い問題である。昨年度本学部大学院生が学位論文において矯正力を加えた際の歯周組織の初期変化をコンピュータグラフィックスを用いて三次元再構築し圧迫側歯根膜の変性組織および破骨細胞の分布状態を三次元的に明らかにした。

本論文はこの手法を用いて長期間にわたる圧迫側歯周組織の変化を, 特に修復機転の観点から三次元的にとらえて検討を行っている。

### 〈材料と方法〉

6匹の雄成ネコ上顎犬歯に矯正力を加え遠心に傾斜移動させた。ネコAでは右側を対照歯, 左側を100g 14日間, ネコBでは左側を100g 7日間, 右側を100g 14日間, ネコC, Dでは左側を100g 14日間, 右側をそれぞれ50gまたは200g 14日間, ネコE, Fでは左側を100g 28日間, 右側を50gまたは200g 28日間とした。実験中荷重の調整は行わなかった。実験後, 固定, 脱灰を行いセロイジンに包埋し, 30 $\mu$ mの連続横断切片を作製した後H. A. 染色を行い, 切片を顕微鏡写真撮影し, 歯根, 歯槽骨, 歯根膜変性領域, 破骨細胞それぞれの分布, および基準点をコンピュータに入力して三次元再構築像を得た。

### 〈結 果〉

### 1) 7日間と14日間例

歯頸部の圧迫側歯根膜に生じた変性領域は、すでに14日間例では、一部で縮小していた。また、変性領域に面する歯槽骨には活発な骨吸収を行う部位がみられ、7日間例よりも広範な歯槽骨の吸収が行われていた。この様な部位は骨髓腔開口部に相当していた。根尖部でも変性領域の分布は減少していた。直接性と背部骨吸収を行う破骨細胞の分布は7日間例よりも減少していた。

### 2) 初期荷重の違いによる14日間例

すべての例で歯頸部の変性領域に面する歯槽骨の吸収を認めた。また同一個体で初期荷重の大きいもののほど変性領域は頰下的に広い分布を示し、破骨細胞はより深部にまで分布していた。

### 3) 初期荷重の違いによる28日間例

すべての例で歯槽骨の吸収が進み、歯根膜は広範に修復されていたが遠心側歯頸部歯槽骨頂付近では変性組織が依然残存していた。また同一個体で初期荷重の大きい例で、これより根尖部よりの舌側面と近心側根尖部にも変性組織が残存していた。破骨細胞は遠心側歯頸部の残存する変性組織付近にのみみられた。

## 〈考 察〉

### 1) 歯周組織の修復機転について

7日から14日に至る過程で、変性領域が三次元的に縮小し、破骨細胞の分布も減少したことから、すでに変性領域の修復機転が始まり、歯周組織の圧の解放により破骨細胞は減少したと考えられる。また変性領域に面した歯槽骨の広範な吸収からも今後修復は進むものと考えられる。14日から28日に至る過程で変性領域は大部分消失したが、遠心側歯頸部歯槽骨頂付近では変性組織が依然残存し、初期荷重の大きい例では、これに加えてやや根尖部よりの舌側面と近心側根尖部にも変性組織が残存していた。これより、14日から28日に至る過程で変性組織は大部分が修復され、この修復には変性領域に面する歯槽骨内の浅い部位からの背部骨吸収が大きな役割をしたものとする。また、遠心側歯頸部での破骨細胞の分布が変性領域付近のみになったことから歯周組織の圧の解放が考えられ、この時期が矯正力の再荷重の時期の目安になると考えられる。

### 2) 破骨細胞の出現部位と歯槽骨吸収形態について

14日間例で変性領域に面する歯槽骨に、広範な吸収が認められた。この部位は骨髓腔から歯根膜腔への開口部であり、穿下性骨吸収や歯槽骨の深部での背部骨吸収とは異なった働きをしていた。またこの吸収を行う破骨細胞は、穿下性骨吸収や直接性骨吸収を行う破骨細胞と同様、歯根膜の圧に関連して出現したものと考えられる。これより背部骨吸収を行う破骨細胞の出現部位を、

変性領域に面する歯槽骨の骨髓腔開口部付近に出現し浅部での背部骨吸収を行う部位と、変性領域に面する歯槽骨内深くの骨髓腔に出現し深部での背部骨吸収を行う部位との2種に再分類した。

### 3) 応力分布と深部での背部骨吸収を行う破骨細胞の関連

歯槽骨深くの骨髓腔での破骨細胞の分布を検討すると、初期荷重が大きい例でより深部に分布していた。一方歯に加えた矯正力の歯槽骨内への伝達を三次元有限要素解析を行って検討すると、歯に加えた荷重が大きい程、より深部にまで応力が分布していた。以上より深部での背部骨吸収を行う破骨細胞の出現は、歯槽骨に分布する応力に依存しているものと考えられる。

本研究は前記学位論文に加えて矯正力による歯の移動に伴う歯周組織変化につき、初期変化に続く修復機転を立体的に解明し、矯正装置の再活性化の時期や至適矯正力に対する考え方に多くの示唆を与えた点矯正歯科臨床に非常に役立つものとする。

よって申請者は博士（歯学）の学位を授与される資格をもつものと認められる。