

持続的矯正力における硬組織吸収様相の三次元的観察

学位論文内容の要旨

緒言

ニッケルチタニウム (Ni-Ti) 合金は弱い持続力を発揮する超弾性材料として知られており、アーチワイヤーやコイル・スプリングなどに応用されている。弱い持続的な矯正力は速やかな歯の移動を促し、また歯周組織の生理的状态も保たれるとされており、近年矯正臨床において広く用いられるようになってきた。しかし、弱い持続力を加えた際の三次元的な歯および歯周組織の変化についてはまだ不明な点が多く、いまだに最適な矯正力の強さや加える力の様式については共通の理解が得られていない。

そこで本研究では、持続力によって生じる歯周組織の変化を三次元的にとらえることで、どの程度の強さで、どの様な様式の矯正力が最適矯正力と考えられるのかを検討することを目的として、ネコの上顎犬歯に持続的な力、および漸減する力を負荷する実験を行い、両者の差異を検討した。

材料ならびに方法

1. 実験方法

実験動物として、全身状態が良好で歯周組織の健康な成ネコ5匹を用い、上顎第三前臼歯を固定源に矯正用クローズドコイルスプリングを用いて上顎犬歯を遠心方向に牽引した。なお、矯正用クローズドコイルスプリングは持続的な力(C群)として Ni-Ti 製 Closed Coil Spring を、また従来の漸減する力(D群)として Co-Cr 製 Closed Coil Spring を使用した。実験条件として、初期荷重は C 群、D 群共に 50g と 100g に設定した。作用期間は C 群では 7 日間、14 日間および 28 日間とし、D 群では 28 日間のみとした。

2. 組織切片作製法

実験終了後、10%ホルマリンにて灌流固定を行い、犬歯を歯周組織とともに切り出し、脱灰後、試料を通法に従いセロイジンに包埋した。これらの試料を厚さ 30 μ m で連続薄切片し、ヘマトキシリン-エオジン染色を施した後、光学顕微鏡で観察を行った。

3. 三次元再構築法

連続切片を 5 枚おきに 1 枚抽出し、顕微鏡撮影を行いプリントした。このプリント上で歯根、歯槽壁、変性歯根膜領域、破骨細胞および破歯細胞の分布領域をトレースし、これらのデータを三次元画像解析ソフト(コスモゾーン 2SA)を用いて三次元再構築を行った。

結果

1) C群における7日間例と14日間例の比較

遠心側歯頸部では7日間例で50g例、100g例ともに広範囲に変性歯根膜領域が認められたが、その範囲は100g例の方が大きかった。その外側で穿下性骨吸収および直接性骨吸収が認められた。14日間例では変性歯根膜領域、およびその外側での穿下性骨吸収の範囲は縮小していた。近心側根尖部では7日間例で変性歯根膜領域を認めたが、100g例と比較して50g例ではわずかであり、14日間例では100g例では縮小して認められたが、50g例では認められなかった。直接性骨吸収の範囲は7日間例から14日間例にかけて拡大し、歯根中央付近にまで分布していた。

2) C群とD群における28日間例の比較

遠心側歯頸部での変性歯根膜領域はC群ではさらに縮小し、D群においても同様の範囲であった。またどちらもその周囲に穿下性骨吸収がわずかに認められた。近心側では、C群では変性歯根膜領域はほとんど認められず、根尖部から歯槽頂付近に至る広範囲に直接性骨吸収を認めたが、根尖部から歯根中央部にかけて歯根吸収も認めた。歯根吸収は50g例より100g例の方がより広範囲であった。一方D群では変性歯根膜領域はほとんど認められなかったが、直接性骨吸収の分布範囲はC群と比較して狭く、50g例ではほとんど認められなかった。また、歯根吸収は100g例でわずかに認めたが、50g例では認められなかった。

考察

今回の実験では初期荷重を50gと100gに設定したが、C群の7日間例および14日間例では従来報告されているD群7日間例および14日間例の結果とほぼ同様の所見であった。これは、C群もD群も14日までは歯の移動はほとんど起こっていないため、初期荷重とほぼ同様の力が加わり続けていたためと考えられる。しかし、C群50g14日間例で近心側根尖部の変性歯根膜領域が修復されていたことから、C群においては50g例の方が組織修復の進行が速いことが示唆される。28日間例の近心側ではD群は活発な歯周組織のリモデリングは認められず、50g例に至っては、骨吸収がほとんど認められなかったのに対し、C群では50g例、100g例ともに広範囲な直接性骨吸収を認めたのは、D群では14日から28日に至る間に、歯の移動とともにスプリングによる荷重が減少してしまうが、C群では歯の移動が起こっても、スプリングによる荷重の減少が起こらないためと考えられる。この結果より、持続的な矯正力は効率的な歯の移動という点では非常に有効であり、その場合の初期荷重は50gも100gもほぼ同等の効果であると考えられる。しかしC群28日間例では50g例、100g例ともにD群と比較して、明らかに広範囲に歯根吸収を認めた。この歯根吸収が生じていた部位は、7日間例で変性歯根膜領域がみられた部位であることから、歯根吸収の出現には加重初期に生じる変性歯根膜領域が関連していると考えられる。一方、C群における歯根吸収の範囲は100g例より50g例の方が小さいことから、歯根吸

収を生じさせないためには、さらに弱い力を用いる必要があると思われる。以上より、持続的な矯正力は歯の移動という点では有効であるが、歯根吸収が生じやすいため、加重初期に変性歯根膜領域を生じさせないようなより弱い力を用いるべきであることが示唆された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 飯 田 順一郎
副 査 教 授 脇 田 稔
副 査 教 授 吉 田 重 光

学 位 論 文 題 名

持続的矯正力における硬組織吸収様相の三次元的観察

審査は各審査担当者が個々に申請者に対する口頭試問の形式で行った。まず論文の概要の説明を求めるとともに適宜解説を求め、次いでその内容および関連分野について試問した。

申請者から、まず以下のような説明がなされた。

Ni-Ti 合金線は持続的な力を発揮する超弾性材料として、矯正臨床に広く用いられている。本研究ではこの有効性を検討することを目的として、ネコの上顎犬歯に持続的な力、および漸減する力を負荷し、圧迫側歯周組織の組織変化を比較検討した。

成ネコ 5 匹の上顎犬歯に、持続的な力として Sentalloy® Closed Coil Spring (C 群)、および漸減する力として Elgiloy® closed coil spring (D 群) をそれぞれ初期荷重が 50g と 100g になるように装着し、遠心方向に牽引した。C 群は 7 日間、14 日間、28 日間を、D 群は 28 日間を実験期間とした。これらの組織像、ならびに連続切片からコンピューター上で三次元再構築した像を観察し検討した。

C 群の 50g および 100g において、7 日間例で遠心側歯槽頂部と近心側根尖部に認められた変性歯根膜領域、および穿下性骨吸収の範囲は、14 日間例、28 日間例と経時的に縮小し、28 日間例の近心側ではほとんど認められなかった。これに対し、近心側における直接性骨吸収を行っている破骨細胞の分布領域は、7 日間例、14 日間例と根尖部から歯槽頂方向にのび、28 日間例では 50g、100g ともに歯槽頂付近に至る広範囲にわたって観察された。しかし、28 日間例では近心側根尖部から歯根中央部にかけて歯根吸収を認め、さらに、100g の方が 50g より広範囲であった。一方、D 群 28 日間例では歯根吸収は 50g では認められず、100g においてもわずかだったが、その周囲での破骨細胞の分布は C 群と比較して狭い範囲に限局していた。

C 群 28 日間例で広範囲な直接性骨吸収が認められたことから、持続的な力は歯の移動においては効率的な力であり、さらに加重初期の変性歯根膜領域の大きさから、初期荷重は 100g より 50g の方が好ましいと考えられる。しかし、C 群 28 日間例では広範囲な歯根吸収も認められた。ただし 50g より 100g の方がより広範囲であったことから、歯根吸収は加重初期の変性歯根膜領域の出現に関係すると考えられる。以上より、持続

的な力でより小さい加重が矯正力として好ましいと考えられ、Ni-Ti 合金線の有効性が示唆された。

次いで審査担当者から、以下のような試問が成された。

1. 関連研究の歴史と本研究の位置づけ
2. 矯正装置に用いる材料の具備すべき条件
3. 実験条件として、矯正力の強さ、期間を選択した根拠
4. 歯根吸収の定量的評価法の正当性
5. 組織標本観察に比べ三次元復構による検索で新たに明らかになった点
6. 持続的負荷により歯根吸収が高頻度に出現する理由
7. 歯根吸収回避の可能性
8. 本研究で不足している点、および今後の研究の展開について

申請者は、最近歯科矯正治療で多く用いられている持続的な比較的弱い矯正力を発生する Ni-Ti 合金製の超弾性コイルスプリングに着目した。そこで既に確立された実験系を用いて、猫の犬歯を移動した際の歯槽骨吸収ならびに歯根吸収の様態を、組織標本と三次元復構像によって検索し、従来の漸減する力を発生するコイルスプリングによる結果と比較し、超弾性コイルスプリングの有効性と同時に、至適矯正力に関して考察を加えた。その結果、歯の移動 4 週目に特徴的な組織反応の差を観察した。特に顕著なのは超弾性コイルスプリングを用いた歯において、広範囲に歯槽壁の直接性骨吸収が生じたこと、また全例に歯根吸収像が観察されたことである。また歯根吸収の出現部位は、三次元復構像から初期における変性歯根膜の出現部位と推定されることから、歯根吸収は出現した変性歯根膜の修復の過程で、持続的に加わる矯正力と関連がある可能性を示唆した。以上から、持続的矯正力は効率的な歯槽骨吸収には効果が認められるが、比較的弱い力においても変性歯根膜組織を出現させれば歯根吸収を伴い易い可能性があり、至適矯正力としては変性組織を生じさせないような更に弱い力を検討する必要があることを明快に説明した。

本研究結果は実際の臨床において加えるべき矯正力を考える上で重要な情報を提供するものであると同時に、矯正治療による歯の移動に関連して生ずる歯根吸収の原因解明に向けた基礎的研究の 1 つの方向性を示したものと考えられ、高く評価される。また、上記試問の各項目について、申請者は明確に回答し、研究の立案と実行、結果の収集とその評価について十分な能力があることが理解された。

よって各審査担当者は、口頭試問の結果に合格の評価を与え、申請者は、博士（歯学）の学位を授与される資格を十分に有するものと認めた。