

学 位 論 文 題 名

歯に荷重を加えた際の歯根膜血液量の変化について

学位論文内容の要旨

【緒 言】

実験的な歯の移動における歯周組織の変化に関しては、古くから多くの研究者によって報告され、歯槽骨の吸収添加には歯根膜血管網の動態が強く関与していると考えられている。しかしながら、組織学的研究の多くは、その性格上組織反応の一時点での観察に基づくものであり、一個体の歯の移動にともなう組織変化を経時的に観察することはできない。したがって、歯に矯正力を加えた際の歯根膜領域の血管網の動態を *in vivo* で経時的に観察し、至適矯正力について再考することは有意義なことであると思われる。そこで今回、荷重を加えた際の圧迫側および牽引側歯根膜領域の血液量の初期変化、および矯正力による歯の移動前後で新たな荷重を加えた際の血液量の変化について、近赤外光生体分光測定装置とパーソナルコンピュータを用いた計測システムで計測を行い、さらに、圧迫側および牽引歯根膜の血液量変化をもとに、組織学的な変化についても検討を加えた。

【実験方法】

〔実験1〕上顎犬歯について、大きさ、作用時間を変えて荷重を加えた際の圧迫側および牽引側歯根膜血液量の初期変化の計測を行った。

〔実験2〕荷重による圧迫側および牽引側歯根膜血液量変化について、歯の移動前後での差異の計測を行った。矯正力にはクローズドコイルスプリングを用い、左側犬歯に250 g、右側犬歯に50 gの初期荷重がかかるように調節し、それぞれ移動開始前、14日、28日目において、50 gおよび250 gの新たな荷重による圧迫側、牽引側歯根膜血液量の変化の計測を行った。さらに、実験期間中の歯の移動の様相について、歯列模型とX線規格写真による検討を加えた。

【結 果】

〔実験1〕近心圧迫側歯頸部歯根膜の血液量変化については、定常状態から荷重を加えると、局

所の血液量の減少が認められ、荷重の増大とともに変化が大きくなる傾向が認められた。また、荷重の開放とともに一過性のリバウンドがみられ、作用時間の延長にともないリバウンドも大きくなり、定常状態への回復時間が長くなる傾向が認められた。また、近心牽引側歯頸部歯根膜領域の血液量変化については、定常状態から荷重を加えると、血液量の増加が認められ、荷重の増大とともに変化が大きくなる傾向が認められた。

〔実験2〕上顎犬歯の遠心移動について、歯列模型計測の結果では、牽引開始から14日目の歯の移動量については、50 g 牽引例、250 g 牽引例の間に明かな差異は認められなかった。しかし、28日目では50 g 牽引例で250 g 牽引例と比較して、特に切縁側で大きく移動していた。

歯の移動前後におけるX線規格写真のトレースの重ね合わせでは、すべてにおいて歯の傾斜が認められた。しかし、50 g 牽引例と250 g 牽引例の比較では、14日目では大きな差異は認められなかったのに対し、28日目では50 g 牽引例の方が速やかに傾斜移動に移行していた。

歯の移動前後において新たな荷重を加えた際の歯根膜血液量変化について、50 g 牽引例の圧迫側では、14日目で初期変化と同様に、50 g および250 g の荷重に対して血液量減少の変化をパターンを示しているが、変化量自体は少なくなっていた。しかし、28日目では移動前と同程度の血液量減少のパターンを示していた。牽引例での荷重に対する血液量の増加についても同様の傾向が認められた。250 g 牽引例の圧迫側および牽引側歯根膜血液量変化については、圧迫側、牽引側ともに、歯の移動開始後14日目、28日目の新たな50 g、250 g の荷重に対して、初期変化のような歯根膜血液量変化は認められなかった。

## 【考 察】

今回の実験系での圧迫側歯根膜血液量の変化については、荷重によって歯の偏位が起こり、圧迫側歯根膜の血管が圧縮され局所の血液量の減少が起こったことが推測される。また荷重の違いによる血液量の変化の差異は、荷重の増大にともなって歯根膜の圧迫の程度が増し、それに伴い歯根膜の血管が強く圧縮され血液量の変化が大きくなったものと思われる。荷重を開放したときのリバウンドは圧迫され虚血状態になった領域での血管の生理的な反応として血液の流入が増加したものと思われ、荷重が大きいほど、また作用時間が長いほどリバウンドが著明に認められた。また、荷重の増大にともなう定常状態への回復時間の延長は、歯根膜の粘弾性体としての性質を示すものと思われる。大きな荷重では歯の偏位によって歯槽骨をも変形させ、荷重の開放によってまず歯槽骨の変形が回復し復位は急激に起こる。これは今回の実験で荷重を開放した際の定常状態へのグラフの立ち上がりだが、荷重が大きいほど急なことからも示された。しかし、途中から

は歯根膜のクリープ回復によるゆっくりとした復位を示し、偏位が大きくなると歯根膜のクリープ回復が短時間では回復せず、これが定常状態への回復時間の延長として認められたものと思われる。これに対し、牽引側歯頸部歯根膜領域での血液量の増加は、圧迫側と牽引側という相対応する場において、血管が圧縮されたことによる圧迫側歯根膜の貧血に対して、牽引側歯根膜領域では周囲組織からの血液の流入が増加し、血液量の増加として観察されたものと推測される。

また50 g 牽引例と250 g 牽引例での歯の移動の様相および歯頸部歯根膜血液量の変化の差異は、歯頸部歯根膜領域の硝子様変性組織の分布の違いによるものと思われた。すなわち、実験期間中を通して50 g 牽引例で血液量変化が認められたのは、組織の代謝が盛んに行われ歯根膜の生理的状态が維持されていたためと思われる。しかしながら、14日目で移動前に比べ変化量が減少しているのは、歯根膜が硝子様変性を起こしているが、範囲は狭くこの影響は少なく、むしろこれに隣接した血管の圧縮による血液量変化として認められたものと思われる。また、28日目では硝子様変性組織が吸収され速やかに傾斜移動に移行し、その部位での血液量変化が移動前と同程度であったことから修復機転が進んだことが推測された。一方250 g 牽引例においては14日目、28日目ともに硝子様変性が広く存在し吸収が進まないため歯の移動が妨げられ、この部位での血液量変化が認められなかったことから血管が消失し代謝がほとんど起きていないことが推測された。さらに、このような歯根膜血液量変化を示していたネコの計測部位について組織学的観察を行った結果、本計測システムから得られた歯根膜血液量の経時的变化は、歯の移動に伴う変性組織の分布やその修復機転等の組織反応と強く関連していることが確認された。

以上より、本システムで得られたデータは、荷重を加えた際の歯根膜の血管網の動態や、歯の移動による歯周組織の歯周組織の組織学的変化をよく反映しているものと思われ、至適矯正力を臨床的に判断する有効な手段となりうる可能性が示唆された。

## 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

－第一報 近赤外光を用いた計測装置の開発について－

審査は、脇田、吉田および中村審査委員全員出席のもとに申請者に対し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につき行われた。

矯正治療において最も効率良く歯槽骨の吸収、添加を行う至適矯正力の解明は非常に重要な課題である。そのため古くから矯正力による歯の移動に伴う歯周組織の変化の面から種々検討され、歯槽骨の吸収、添加には歯根膜血管の動態が強く関与していることが報告されている。したがって、歯に矯正力を加えた際の歯根膜血管の動態を *in vivo* で経時的に観察し、至適矯正力について再考することは非常に有意義なことである。

そこで、本論文は、近赤外光生体分光測定装置とパーソナルコンピュータを用いて歯根膜血液量変化計測システムを開発し、矯正力による歯の移動前後で荷重を加えた際の歯根膜血液量変化と歯周組織変化との関連性につき検討を加えている。

まず基礎実験として、ラットの吸気酸素濃度を変化させて、近赤外光を用いて脳内血液量の変化を調べた。その結果、吸気酸素濃度の変化に対応して脳内血液量の変化が観察された。そこで歯根膜血液量計測システムを開発し、その有効性につき以下の実験により検討を加えた。

実験 1：ネコの犬歯歯根膜血液量計測部位を中心に近遠心にそれぞれ 1 mm および 2 mm ファイバーを移動させ、荷重による血液量変化を測定した。また、荷重による歯肉の血液量変化の影響を調べるためレーザードップラー血流計を用いて計測した。その結果、荷重による血液量変化は、歯根膜を中心に透過してくる部位で最も変化量が大きく認められ、また荷重による歯肉の血液量変化の影響は認められなかった。

実験 2：3 匹のネコを用いて、荷重の大きさ、作用時間を変えた際の圧迫側および牽引側歯根膜血液量の変化の計測を行った。その結果、定常状態から荷重を加えると圧迫側では局所の血液量の減少、牽引では増加が認められ、荷重の増大とともに変化が大きくなる傾向が認められた。また、圧迫側では作用時間の延長にともない荷重の解放後のリバウンドが大きくなり、また定常状態への回復時間が長くなる傾向が認められた。

以上より、本計測システムの荷重による歯根膜血液量変化の計測とその信頼性が確認された。そこで、さらに矯正力による歯の移動前後の歯根膜血液量変化と組織学的変化との関連についての実験を行った。

ネコ 7 匹を用いて、クローズドコイルスプリングにより上顎犬歯の遠心移動を行った。負荷する矯正力は左側で 250 g、右側で 50 g、作用期間は 5 匹で 14 日間、2 匹で 28 日間とした。それぞ

れのネコについて移動開始前，14日目，28日目に矯正装置を除去し，50 g および250 g の新たな荷重による圧迫側，牽引側歯根膜血液量変化の計測を行った。圧迫側については，組織切片を作製し観察を行った。その結果矯正力50 g 牽引例の圧迫側については，14日目では移動前と同様に，50 g および250 g の新たな荷重に対して血液量減少のパターンを示しているが，変化量自体は少なくなっていた。しかし，28日目では移動前と同程度の血液量減少のパターンを示していた。牽引側については，移動前と同様に新たな荷重に対する血液量増加の傾向が認められた。矯正力250 g 牽引例では，圧迫側牽引側ともに，歯の移動開始後14日目，28日目の50 g，250 g の新たな荷重に対して，移動前のような歯根膜血液量変化は認められなかった。また組織学的観察においては，50 g 牽引例14日目では硝子様変性組織が認められたが，すでに修復機転が始まっており，さらに28日目では，再生した歯根膜が広範囲に認められ修復機転がかなり進んでいるのが観察された。これに対し250 g 牽引例では硝子様変性組織が広範囲に存在し，14日目と28日目に大きな差異は認められず修復機転が進んでいないことが観察された。これにより本計測システムから得られた圧迫側歯頸部歯根膜血液量の経時的変化は，歯の移動に伴う硝子様変性組織の分布などの初期変化やその修復機転での組織と強く関連していることが推測された。

以上のことから，本計測システムで得られたデータは，荷重を加えた際の歯根膜血管の動態や矯正力による歯の移動に伴う歯周組織変化を良く反映しており，至適矯正力を臨床的に解明するための有効な手段を開発した点今後の矯正歯科治療に大いに役立つものと考えられる。よって申請者は博士（歯学）の学位を授与される資格を持つものと認める。