

歯に矯正力を負荷した際の歯根膜代謝活性の変化について

—近赤外光を用いた歯根膜の血液量計測—

学位論文内容の要旨

【緒言】

矯正力による歯の移動に関しては、歯根膜での変性組織の出現と修復、あるいは歯槽骨の吸収添加に、歯根膜血管網の動態が深く関与していることがよく知られている。また、歯の移動の際には歯根膜の代謝活性が上昇し、さらに代謝活性が上昇している部位は高い酸素分圧を示すことが様々な研究から報告されている。上野は、近赤外光を用いた歯根膜血液量計測システムを開発し、歯に荷重を加えた際の歯根膜血液量の変化を全ヘモグロビン量の変化からとらえる方法について報告した。またこの計測システムにより、矯正力として強すぎる力を判定する指標を得ることができたが、さらに個々の歯に対する至適矯正力を判定するためには、歯根膜の代謝活性をとらえることが有効であると示唆している。そこで今回、ネコの上顎犬歯を用いて歯の移動実験を行い、本計測システムに改良を加えて圧迫側歯頸部歯根膜領域の全ヘモグロビン量および酸素分圧を反映する酸素化ヘモグロビン量を計測し、これに基づいて歯根膜の代謝活性をとらえることを目的に実験を行った。さらに歯の移動の分析および組織切片の観察から得られた結果をもとに、本計測システムの至適矯正力の判定に対する有効性について考察を加えた。

【実験材料および実験方法】

1. 実験材料

実験動物として臨床的に歯肉炎などが認められず、上顎犬歯の破折やう蝕がない健康な雄の成ネコ3匹を用いた。

2. 実験方法

(1) 歯の移動実験

ネコ上顎犬歯の遠心移動は、第三前臼歯を固定源としてクローズドコイルスプリングを用いて行った。矯正力の大きさは25g、50g、100gおよび250gに設定し、作用期間はいずれも28日間とした。移動実験の終了後、墨汁注入法を用いて組織切片を作成し、圧迫側歯頸部の組織変化を観察した。また歯の移動様相を検討するため、移動開始前、開始後14日目および28日目において歯列石膏模型の採得とオクルーザルフィルムを用いたX線写真の撮影を行った。

(2) 歯根膜血流動態の計測方法

上野の開発した歯根膜血液量計測システムを用いて、移動開始前、開始後14日目および28日目における圧迫側歯頸部歯根膜領域の血流動態を計測した。計測にあたっては、送光プローブを歯頸部最遠心点より4.0 mm口蓋側に、受光プローブを頬側歯肉上で3.0 mm根尖側よりに位置させ、クローズドコイルスプリングを一時除去して新たに300gの荷重を負荷した際の全ヘモグロビン量および酸素化ヘモグロビン量の変化を計測した。なお本計測システムに用いた4波長生体分光計測装置の計測波長は700nm、730nm、750nmおよび805nmに設定されており、全ヘモグロビン量については等吸収点の805nmの吸光度変化から、酸素化ヘモグロビン量については他の3波長の吸光度変化から田村らの考案した演算式を用いて算出した。

【実験結果】

(1) 歯の移動量の計測および移動様相の観察

各実験歯において、移動開始前から14日目までは移動量に明らかな差異は認められなかったが、14日目以降では大きな差異がみられた。その結果、全実験期間を通じての移動量は、50g例で最も大きく、次いで100g例、250g例、25g例の順であった。また、歯の移動前後のトレースの重ね合わせにおいても、移動開始前から14日目までは傾斜の様相に明らかな差異は認められなかったが、14日目以降では50g例で最も傾斜が大きく、それに次いで100g例、250g例が同程度の傾斜を示し、25g例の傾斜が最も小さかった。さらに、250g例では他と異なり歯頸部よりも根尖部での移動が顕著であった。

(2) 歯根膜血流動態の計測

①移動開始前：定常状態から新たな荷重を負荷すると全ヘモグロビン量は大きく減少し、また荷重の解放により一過性の増加がみられ、その後定常状態に回復した。これに対して、酸素化ヘモグロビン量は全く変化がみられなかった。

②移動開始後14日目および28日目：25g例では、全ヘモグロビン量の変化量は14日目、28日目のいずれにおいても移動開始前と同程度であった。酸素化ヘモグロビン量の変化は14日目において新たな荷重に対してわずかな減少を示したが、28日目では変化が認められなかった。50g例では、全ヘモグロビン量の変化量は、14日目において移動開始前の2分の1程度であったが、28日目では移動開始前と同程度であった。酸素化ヘモグロビン量の変化は14日目において減少がみられ、28日目ではその変化量がさらに大きくなった。100g例では、全ヘモグロビン量の変化量は14日目では移動開始前の4分の1程度であったが、28日目ではその変化量が大きくなった。酸素化ヘモグロビン量の変化については14日目においてわずかな減少を示したが、28日目では変化量がさらに大きくなった。250g例では、全ヘモグロビン量、酸素化ヘモグロビン量ともに、14日目および28日目のいずれにおいても全く変化がみられなかった。

(3) 組織切片の観察

25g例においては変性組織は認められず、一部で直接性骨吸収がみられた。またその付近の狭い範囲に新生血管が認められた。50g例および100g例においてはいずれも変性組織の残存が認められたが、その分布領域は50g例の方が狭かった。またその両側には穿下性骨吸収と、新生肉芽組織の増殖がみられ、肉芽組織の内部には新生血管およびその拡張像が認められた。250g例においては変性組織が広汎に残存し、血管の消失も広い範囲でみられた。変性組織の両側には穿下性骨吸収が、また歯槽骨壁面には浅部での背部骨吸収が認められた。

【考察】

今回の実験結果より、まず25g例では歯の移動量は最も小さく、また組織切片の観察では変性組織はみられず、歯槽骨吸収の様相も活発ではなかった。これは矯正力が小さいために、一度狭い領域で生じた変性組織が速やかに消失し、さらに変性組織の修復や骨吸収にともなう代謝活性の上昇もそれほど生じなかったものと考えられる。そのため全ヘモグロビン量および酸素化ヘモグロビン量ともに、全期間を通じて移動開始前と同様の変化を示したものと考えられる。次に50g例および100g例では、歯の移動量は50g例で4例中最も大きく、100g例はそれに次いで大きかった。組織切片の観察では、両例ともに変性組織の残存がみられるが、その両側には血管の増生や拡張像を認める新生肉芽組織と活発な穿下性骨吸収がみられた。これは、矯正力にともなう組織反応が他の例に比べて速やかに進行したことを示すものと考えられ、さらに歯根膜の血管網の変化により血流量が増加して、局所の酸素分圧が上昇した状態であったものと考えられる。そのため全ヘモグロビン量の変化量は14日目に一度小さくなるものの28日目に大きくなり、酸素化ヘモグロビン量も明らかな変化を示したと考えられる。また、これらの変化量がより大きかった50g例では、代謝活性の上昇もより大きかったと思われる。250g例では、歯の移動量は100g例と同程度であったが、歯頸部の移動は根尖部に比べて小さかった。組織切片の観察では広汎な変性組織の残存が認められ、矯正力として過大な力であると考えられる。この例では、広い範囲の血管の消失により血液量自体が減少しているため、全ヘモグロビン量、酸素化ヘモグロビン量ともに変化が全く認められなかったと考えられる。以上から、歯の移動中に圧迫側歯頸部歯根膜領域の代謝活性が上昇して組織反応が速やかに進行している場合には、全ヘモグロビン量および酸素化ヘモグロビン量ともに、新たな荷重に対して大きな変化を示すことが考えられ、本計測システムの至適矯正力の判定に対する有効性が示唆された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 村 進 治
副 査 教 授 亀 田 和 夫
副 査 教 授 加 藤 潤

学位論文題名

歯に矯正力を負荷した際の歯根膜代謝活性の変化について

—近赤外光を用いた歯根膜の血流計測—

審査は担当者がそれぞれ個別に申請者に対して、口頭試問により提出論文の内容とそれに関連した学問分野につき行った。

矯正力による歯の移動に歯根膜血管網の動態が深く関与していることは、これまでの組織学的研究でよく知られている。また歯の移動に際して、歯根膜の代謝活性が上昇し、さらに代謝活性が上昇している部位では高い酸素分圧を示すことも様々な研究から報告されている。上野は、近赤外光を用いて歯に荷重を加えた際の歯根膜計測部位の全ヘモグロビン量の変化をとらえる方法を研究し、歯根膜血液量計測システムを開発して、当研究科より博士（歯学）の学位を授与されている。そこで申請者は上記計測システムに改良を加え、圧迫側歯頸部歯根膜領域の全ヘモグロビン量および酸素化ヘモグロビン量を測定し、これに基づき歯根膜の代謝活性をとらえることを目的に研究を行っている。さらに歯の移動量の分析および組織切片の観察から得られた結果をもとに、本計測システムの矯正力の強さの判定に対する有効性についても検討を行っている。本論文の内容は以下のようなものである。

【実験材料および実験方法】

実験動物として健康な雄の成ネコ3匹を用い、以下の実験を行った。

(1) 歯の移動実験

ネコ上顎犬歯の遠心移動はクローズドコイルスプリングを用いて行った。矯正力の大きさは25g、50g、100gおよび250gに設定し、作用期間はいずれも28日間とした。移動実験の終了後、墨汁注入法を用いて組織切片を作成し、圧迫側歯頸部の組織変化を観察した。また歯の移動様相を検討するため、移動開始前、開始後14日目および28日目に歯列石膏模型の採得とX線写真の撮影を行った。

(2) 歯根膜血流動態の計測方法

改良型歯根膜血液量計測システムを用いて、移動開始前、開始後14日目および28日目に圧迫側歯頸部歯根膜領域の血流動態を計測した。計測にあたっては、クローズドコイルスプリングを一時除去して新たに300gの荷重を負荷した際の全ヘモグロビン量および酸素化ヘモグロビン量の変化を計測した。

【実験結果】

(1) 歯の移動量の計測および移動様相の観察

各実験歯において、移動開始前から14日目までは移動量に明らかな差異は認められなかったが、14日目以降では大きな差異がみられた。その結果、全実験期間を通じての移動量は、50g例で最も大きく、次いで100g例、250g例、25g例の順であった。また、歯の移動前後のトレースの重ね合わせにおいても、移動開始前から14日目までは明らかな差異は認められなかったが、14日目以降では50g例で最も傾斜が大きく、それに次いで100g例、250g例が同程度の傾斜を示し、25g例の傾斜が最も小さかった。

さらに、250g例では他と異なり歯頸部よりも根尖部での移動が顕著であった。

(2) 歯根膜血流動態の計測

①移動開始前：定常状態から新たな荷重を負荷すると全ヘモグロビン量は大きく減少し、また荷重の解放により一過性の増加がみられ、その後定常状態に回復した。これに対して、酸素化ヘモグロビン量は全く変化がみられなかった。

②移動開始後14日目および28日目：25g例では、全ヘモグロビン量の変化量は14、28日目のいずれにおいても移動開始前と同程度であった。酸素化ヘモグロビン量の変化は14日目で新たな荷重に対してわずかな減少を示したが、28日目では変化が認められなかった。50g例では、全ヘモグロビン量の変化量は、14日目では移動開始前の2分の1程度であったが、28日目では移動開始前と同程度であった。酸素化ヘモグロビン量の変化は14日目において減少がみられ、28日目ではその変化量がさらに大きくなった。100g例では、全ヘモグロビン量の変化量は14日目では移動開始前の4分の1程度であったが、28日目ではその変化量が大きくなった。酸素化ヘモグロビン量の変化については14日目ではわずかな減少を示したが、28日目では変化量がさらに大きくなった。250g例では、全ヘモグロビン量、酸素化ヘモグロビン量ともに、14日目および28日目のいずれにおいても全く変化がみられなかった。

(3) 組織切片の観察

25g例では変性組織は認められず、一部で直接性骨吸収がみられた。またその付近の狭い範囲に新生血管が認められた。50g例および100g例ではいずれも変性組織の残存が認められたが、その分布領域は50g例の方が狭かった。またその両側には穿下性骨吸収と、新生肉芽組織の増殖がみられ、肉芽組織には新生血管およびその拡張像が認められた。250g例では変性組織が広汎に残存し、血管消失も広範囲でみられた。変性組織の両側には穿下性骨吸収が、また歯槽骨壁面には背部骨吸収が認められた。

【考察】

今回の実験結果より、25g例では歯の移動量は最も小さく、また組織切片の観察から、一度狭い領域で生じた変性組織が速やかに消失し、さらに変性組織の修復や骨吸収にともなう代謝活性の上昇もそれほど生じなかったものと考えられる。そのため血流動態の計測では、全期間を通じて移動開始前と同様の変化を示したものと考えられる。次に50g例および100g例では、歯の移動量は50g例で4例中最も大きく100g例はそれに次いで大きかった。組織切片の観察より組織反応が速やかに進行したことが認められ、歯根膜血管網の変化により血流量が増加して酸素分圧が上昇し、そのため新たな荷重に対して血流動態が大きく変化したと考えられる。また、これらの変化量から50g例では、代謝活性の上昇もより大きかったと思われる。250g例では、歯の移動量は100g例と同程度であったが、歯頸部の移動は小さかった。組織切片の観察から、矯正力としては過大な力であると考えられ、また広範囲の血管消失により血液量自体が減少しているため、血流動態は変化が全く認められなかったと考えられる。以上から、歯の移動中に歯根膜の代謝活性が上昇して組織反応が速やかに進行している場合には、全ヘモグロビン量および酸素化ヘモグロビン量ともに、新たな荷重に対して大きな変化を示すことが考えられ、本計測システムの至適矯正力の判定に対する有効性が示唆された。

以上のように、本論文は歯の移動の際の歯根膜の代謝活性を測定することにより矯正力の強さを判定する計測システムを開発した点、今後の矯正臨床に資するところ大である。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た。