

学 位 論 文 題 名

イヌエナメル小柱の三次元的走行および

その配列の相互関係について

学位論文内容の要旨

エナメル小柱はエナメル質内を三次元的に弯曲しながら走行し、このような小柱の層構造によってエナメル質が構成されていると考えられている。また、このように複雑なエナメル小柱の走行をエナメル芽細胞の外側移動と関連して考えている報告もある。しかしながら、これらの研究ではエナメル小柱の三次元的走行並びに配列について合理的に説明されていない。なぜならば、これらの研究は研磨標本並びに切断標本の一断面のみの観察に基づいているからである。そこで本研究は、連続切片から小柱の立体復構を試み、それらの三次元的走行とその配列について検索を行った。

まず、イヌ歯胚の縦断並びに横断の切断試料を走査型電子顕微鏡で観察し、小柱の走行について調べた。横断標本では、同じ走行を示す小柱群の中に異なった走行を示す小柱群が入り込んでおり、また縦断標本では、エナメル質は小柱の走行の異なった層がほぼ 50 μ m の間隔で交互に配列していた。次に、生後約一ヶ月齢のイヌ下顎犬歯歯胚を 2% パラホルムアルデヒド - 1.25% グルタルアルデヒド (0.05M カリウム酸緩衝 pH7.4) にて固定後、2.5% EDTA 溶液にて脱灰、樹脂包埋し、この試料の縦断切片を作製した。

縦断切片のエナメル質には明瞭なシュレーゲル条が観察され、これを構成する小柱の横断帯と縦断帯は、ほぼ 50 μ m の間隔で交互に

配列していた。次に、同一試料において、エナメル象牙境に対して平行な方向で、 $1\mu\text{m}$ 間隔の連続切片を作製したが、同時に立体復構に必要な基準孔を切削面に付与した。連続切片作製後、エナメル象牙境上で子午線並びに緯線に沿って一列に配列する小柱を選択し、エナメル象牙境から $170\mu\text{m}$ の位置までの小柱をコンピューターにより立体復構した。

エナメル象牙境上で子午線に沿って一列に配列していた小柱列は、エナメル象牙境付近ではほぼ垂直に走行していたが、次第に歯冠を取り巻く方向、即ち緯線方向に傾くようになった。この傾きは各小柱で異なっており、8本単位で反対方向に傾いていた。従って、エナメル象牙境から $75\mu\text{m}$ の位置までの小柱は、各小柱の傾きによって決まるある一定の波状曲線上に配列していた。この位置からさらに表層に向かうと、子午線に沿って配列していた小柱にはその規則性に乱れが生じてきた。即ち、ある方向に傾く小柱は咬頭頂に向かう移動成分を有するため、次第に咬頭頂に傾くようになるが、一方、これと反対の方向に傾く小柱では、より水平方向の側方移動成分が大きくなっていた。また、これらの小柱の中には、水平方向の傾きが次第に小さくなりエナメル象牙境に対し垂直に走行する小柱も見られた。このようなことから、エナメル象牙境から $75\mu\text{m}$ の位置において波状曲線の振幅の頂点に位置していた小柱は、表層に向かうにつれて、波状曲線の頂点の位置とずれた位置を走行するようになった。また、エナメル象牙境上で緯線に沿って一列に配列していた小柱列は、エナメル象牙境付近では互いにほぼ平行に走行していた。しかしながら、表層に向かうにつれて、一部の小柱はその側方移動成分が変化するため、配列の平行性に乱れが見られ小柱の交差が見

られるようになった。

以上の結果から、エナメル象牙境上で子午線ならびに緯線に沿って配列する小柱列は、エナメル象牙境付近では規則的な配列を示していたが、表層に向かうにつれてその配列に乱れを生ずることが理解された。

また、連続切片の中には小柱群の境界が明瞭で、緯線方向に平行に走行する多くの帯状領域に分かれているものが観察された。一つの帯状領域内の小柱は、横断された小柱の孤門形の開いた向きからその傾きの方向が等しいことがわかった。また、二つの帯状領域の境界部では、隣接する領域のどちらの方向にも属さない小柱群が存在していた。本研究では、次にこのような境界を立体復構し、エナメル小柱の三次元的走行と帯状領域の境界との三次元的関係について調べてみた。

エナメル小柱と帯状領域の立体復構から、小柱の走行とその配列、並びに帯状領域の境界との三次元的位置関係が明瞭に示された。即ち、一つの帯状領域は同じ水平移動成分を有する小柱群により構成されており、この水平移動成分は帯状領域の中心部分ほど大きく、境界に近づくに従って小さくなる傾向が見られた。また、隣接する帯状領域内の小柱群は、それぞれ反対方向の水平移動成分を有していた。エナメル象牙境付近では帯状領域の幅はほぼ等しいため、この領域に見られる小柱はほぼ直線的な走行を示し、またその配列に規則性が見られると考えられる。さらに表層に向かうにつれて帯状領域内の小柱は、部分的に垂直方向の移動成分を有するようになるため、これらの小柱は垂直方向に傾くようになる。同時に、水平方

向の移動成分も変化するため、水平方向にも傾くようになると思われる。このような理由で、小柱はエナメル象牙境から表層に向かうにつれて、その走行に彎曲が見られたり、小柱群の配列に乱れが生ずるものと考えられる。

本研究では、さらにエナメル小柱の走行とその配列、並びにエナメル芽細胞との三次元的位置関係について調べてみた。まず、連続切片の中で、ほぼ子午線方向に平行に配列するトームスの突起を選択した。次に、選択した25個のトームスの突起とこれに連続するエナメル小柱について、エナメル象牙境より $191\mu\text{m}$ の位置から $146\mu\text{m}$ の位置まで立体復構を行った。子午線に沿って並んでいたトームスの突起は、分泌面の向きが相異なる二つの向きのものに分かれていた。さらに、トームスの突起とこれに連続するエナメル小柱の立体復構像に帯状領域の境界を加えて立体復構してみた。一つの帯状領域内の小柱は同じ向きに傾いており、帯状領域の中心部分ほどその傾きは大きくなっていた。また、一つの帯状領域内の小柱と連続しているトームスの突起の分泌面の向きはほぼ同じであった。このことから、帯状領域を構成するエナメル芽細胞は同じ側方移動成分を有しており、トームスの突起の分泌面の向きと反対方向に側方移動していると考えられた。また、エナメル芽細胞の側方移動成分の大きさは、帯状領域の中心部分ほど大きくなっていると思われた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 下河辺 宏 功

副 査 教 授 脇 田 稔

副 査 教 授 吉 田 重 光

学 位 論 文 題 名

イヌエナメル小柱の三次元的走行およびその配列の
相互関係について

エナメル質は、エナメル小柱がエナメル質内を三次元的に彎曲しながら走行し、このような小柱の層構造によって構成されていると考えられている。エナメル小柱の走行に関する研究は、これまで多くの研究者によってなされており、小柱の走行はエナメル芽細胞の外側移動と関連していると考えられているが、エナメル小柱の三次元的走行並びに配列については未だ明かにされていない。これは、従来のエナメル小柱の走行に関する研究は、研磨標本並びに割断標本の一断面のみの観察によってなされているからである。そこで本研究ではエナメル小柱の三次元的走行とその配列並びにトームスの突起との関係を明らかにするために、イヌの歯胚のエナメル質の連続切片から小柱の三次元復構を試み、その検索を行った。

1. イヌエナメル小柱の三次元復構

生後約一ヶ月齢のイヌ下顎犬歯歯胚を 2% パラホルムアルデヒド-1.25% グルタルアルデヒド (0.05M カリウム酸緩衝 pH7.4) にて固定後、2.5% EDTA 溶液にて脱灰、樹脂包埋し、エナメル象牙境に対して平行に、1 μ m 間隔の連続切片を作製した。エナメル象牙境上で子午線並びに緯線に沿って一列に配列する小柱を選択し、エナメル象牙境から 170 μ m の位置までの小柱をコンピューターにより立体復構した。

エナメル象牙境上で子午線に沿って一列に配列していた小柱列は、表層に向かうに従い緯線方向に傾くようになった。この傾きは各小柱で異なっており、8本単位で反対方向に傾いていた。従って、エナメル象牙境から75 μ mの位置までの小柱は、ある一定の波状曲線上に配列していた。表層に向かうにつれて、小柱の配列に乱れが生じ、小柱の描く波状曲線に規則性は見られなくなった。またエナメル象牙境上で緯線に沿って一列に配列していた小柱列は、エナメル象牙境付近では互いにほぼ平行に走行していたが、表層に向かうにつれて、一部の小柱はその側方移動成分が変化するため、その配列に乱れを生じ小柱の交差が見られるようになった。

エナメル小柱と切片上に見られた帯状領域の境界の三次元復構像から、一つの帯状領域は同じ水平移動成分を有する小柱群により構成されており、この水平移動成分は帯状領域の中心部分ほど大きく、境界に近づくに従って小さくなる傾向が見られた。また、隣接する帯状領域内の小柱群は、それぞれ反対方向の水平移動成分を有していた。イヌエナメル小柱の走行並びにその配列は、帯状領域の三次元的分布と関連が見られた。

2. トームスの突起とエナメル小柱の三次元復構

エナメル小柱の走行とその配列、並びにエナメル芽細胞との三次元的位置関係について調べるため、エナメル小柱の三次元復構に用いた切片を使って小柱とこれに連続するトームスの突起の三次元復構を行った。子午線に沿って並んでいたトームスの突起は、分泌面の向きが相異なる二つの向きのものに分かれていた。さらに、トームスの突起と小柱の立体復構像に帯状領域の境界を加えて立体復構したところ、一つの帯状領域内の小柱は同じ向きに傾いており、帯

状領域の中心部分ほどその傾きは大きくなっていた。また、一つの带状領域内の小柱と連続しているトームスの突起の分泌面の向きはほぼ同じであった。このことから、带状領域を構成するエナメル芽細胞は同じ側方移動成分を有しており、トームスの突起の分泌面の向きと反対方向に側方移動していると考えられた。また、エナメル芽細胞の側方移動成分の大きさは、带状領域の中心部分ほど大きくなっていると思われた。

以上の結果から、イヌエナメル小柱の三次元的走行とその配列は、これらの小柱の属する带状領域の三次元的な分布に従っていることが明らかになった。またエナメル小柱の側方移動方向は、トームス突起の分泌面の向きと関係しているという従来の報告をうらずけたものであり、新たに带状領域内の小柱とこれに連続するトームスの突起との関係が明らかになった。

以上の説明があった後、主査、副査全員によって、論文、関連事項あるいは本研究の将来展望について質問がなされた。これに対し、提出者から明快かつ適切な回答が得られた。その結果、本論文はエナメル質の従来不明であった三次元的走行とその配列についてコンピューターによる三次元復構によって明らかにし、さらにエナメル小柱の走行とエナメル芽細胞の外側運動との関係についての示唆を与えたものとして、全審査員により高く評価された。また提出者は、本研究の今後の発展性についても具体的に示し、歯学に広い知識を有しており、研究者として必要な能力を備えていた。このため論文提出者は、博士(歯学)を授与するのに十分価することが認められた。