熊本大学医学部, 第1解剖学教室 (主任: 佐々木教授)

と九州歯科大学, 第1解剖学教室 (主任: 中山教授).

Ist Dept. of Anat., Med. School of Kumamoto Univ. (Director: Prof. S. SASAKI)

a. Ist Dept. of Anat., Kyushu Dental College (Director: Prof. T. NAKAYAMA).

エナメル葉の組織學的態本, 並びにその 生成機序に関する考察.

On the Histological Nature of the Enamel Lamellae and Considerations of their Appearance.

粟 沢 靖 之 Yasuyuki AWAZAWA.

[昭和28年6月28日原稿受付.]

先に私 (1952 a と 1952 b) は真正エナメル葉と人工的披裂との鑑別染色法とエナメル葉の生因に関する研究とに於いて, 人の歯のエナメル葉はエナメル小柱を有しない可成透明な有機質に富む所謂葉状の無構造物であって, その生因に関してはエナメル質の形成完了後に於ける象牙質の發育に伴う歯冠部象牙質の外表面積増大に起因するエナメル質の随伴的な披裂, 即ちエナメル質の生理的機転によって生じた披裂に, 何等かの有機性物質が侵入して由来したものであると述べた. 所でその後尚各種哺乳動物の歯牙についてエナメル葉の組織學的本態について追求しつつあった所, 牛の歯のエナメル葉の所見よりして新しい見解に立つに到った. 此処にその觀察所見を報告して先に述べた見解との關聯を明かにすると共に, エナメル葉の生成機序に対して聊か考察を巡らして見度いと思う.

I. 研 究 方 法.

屠殺後の新鮮な成牛の歯牙を顎骨に植立したまゝ私 (1952 a) の真正エナメル葉と人工的披裂との鑑別染色法で塊染し, 塊染後顎骨より歯牙を拔去し, 歯冠中央の横断研磨片を作製して此等標本の一連の組織所見を基としてエナメル葉の組織學的本態を検討し, 併せてその生成機序に関して考察を試みた.

II. 所 見.

作製した一連の歯冠の横断研磨標本の檢鏡所見に於いて, エナメル葉の發生乃至成長の種々なる過程と考えられる所見を見出し得る. 先に私 (1952 b) はエナメル葉はすべてエナメル質の表層からその深層に向つて發生し且つ成長すると考え得ることを報告したが, 牛のエナメル葉も亦全く

同様であって、エナメル質の表層からその深層に向って発生し且つ成長しつつあると考えられる所見を認める。此の際エナメル葉はエナメル小柱と小柱間質の走行に多くは一致しており、エナメル質の言わば浸蝕的变化に依って生じつゝあるように観察される。従って牛のエナメル質の小柱と小柱間質の走行が複雑に彎曲している部分では、夫等の走行に略々一致して牛のエナメル葉の発生と成長を観察できる。人のエナメル葉が恰も微細な裂隙状乃至披裂線の観を呈しているのに反し、牛のエナメル葉は裂隙状乃至披裂線状を呈せず、幅の大なる帯状を示し、従ってその所見は観察上極めて好都合であって、牛のエナメル葉は正常なエナメル質、即ちエナメル

図 1. エナメル葉の発生乃至成長初期を示す。牛。L エナメル葉、D 象牙質。50×。

Fig. 1. Enamel lamellae in the earlier stage of appearance or growth. Cow. L enamel lamellae, D dentine. 50×.

小柱と小柱間質とが何等かの生理機転によって変化したものであらうと考えしめるものであり、前述の如く一種の浸蝕的な浸潤を示しつつ進行して居る様に思われる。要するに牛のエナメル葉は主として2次的に石灰塩が減少して変化したものであらうと考えられるエナメル質、即ちエナメル小柱と小柱間質とから構成されているのであって、以下に示す所見には如上の所見をいずれにも明瞭に観察し得るのである。

図 1 (と図 1') はエナメル葉の発生乃至成長の初期の状態と考えられる所

図 1'. 左の図 1 のエナメル葉の拡大。エナメル葉はエナメル質の表層からその深層に向って、小柱と小柱間質が変化して出現しつつある。L エナメル葉(点影部)、S エナメル小柱。

Fig. 1'. The enamel lamellae of Fig. 1 (left) enlarged. This shows that the enamel lamellae appear always from the outer part of the enamel, where both the enamel prisms and interprismatic substance are changing. L enamel lamellae (dotted part). S enamel prism.

見であって、エナメル葉がエナメル質の表層から次第にその深層と両側方及び斜深層に向って浸蝕的に成長しつゝあると考えられる。図1の拡大された図1'に於いてはエナメル葉化 Lamellation の部分と見做される部は

正常なエナメル小柱と小柱間質より染色状態から考えて極めて石灰化の程度が低いことが明瞭である。図2(と図2')

図2. エナメル葉の成長は正常なエナメル質を浸蝕的に進行しつゝある。L エナメル葉, S エナメル質, D 象牙質。40×。

Fig. 2. The growth of the enamel lamellae is going on encroaching the normal enamel. Cow. L enamel lamellae. S enamel, D dentine. 40×.

はエナメル葉の成長が一段階進行した時期と考えられるもので、正常なエナメル質に大きく浸蝕的にエナメル葉化が進行しつゝある。此の所見は

図2'. 上の図2のエナメル葉の拡大。エナメル葉が変化したエナメル小柱と小柱間質とから構成されているのを示す。L エナメル葉(点影部), S エナメル小柱。

Fig. 2'. The enamel lamellae of Fig. 2 above enlarged. It is clearly observed that the enamel lamellae consist of both the enamel prisms and interprismatic substance which has changed. L enamel lamellae (dotted part), S enamel prism.

他の所見に於いても同様であるが、殊にその成長方向と見做される部分がエナメル小柱と小柱間質の走行に略々沿いながら複雑な進行をしつゝあり、エナメル葉の深層部は次第に表層部より幅を増し、恰も注連縄の状を呈しているのを観察できる。図3(と図3')は前者より更に成長が進行した時期と考えられ、図2(と図2')の時期からエナメル葉の深層部は急に幅を減じて、深層部の中央からエナメル質の深層に向ってエナメル質がエナメル葉化 Lamellation しつゝあると考えられるものである。勿論図3(と図3')は成

長過程に於ける一つの形態所見に過ぎないもので、之と同じ時期のものでも他のいくつかの形態を見る。図4(と図4_h)は前者より一段成長の進行した時期と考ええて、

図3. 図2の時期より更に成長が進行した時期のエナメル葉. 牛. L エナメル葉, S エナメル質, D 象牙質. 50×, Fig. 3. Enamel lamellae which have grown further than in the stage of Fig. 2. Cow. L enamel lamellae, S enamel, D dentine. 50×.

従ってエナメル葉の幅は全般的に増大しており、且つエナメル葉はエナメル象牙境に近接しつつある。図5(と図5')はエナメル葉が既にエナメル象牙境に到達した状態のもので、此の所見ではエナメル葉が成長途中で大なる部分と小なる

図4. 図3より更に成長した時期のエナメル葉. 牛. L エナメル葉, S エナメル質, D 象牙質. 50×.

Fig. 4. Enamel lamellae which have grown further than in the stage of Fig. 3. Cow. L enamel lamellae, S enamel, D dentine. 50×.

図3'. 図3の拡大. エナメル葉が変化したエナメル小柱と小柱間の両者で構成されており、次第に深層に変化が進行しつつあるを示す. L エナメル葉 (点影部), S エナメル小柱.

Fig. 3'. The enamel lamellae of Fig. enlarged. It is clear that the enamel lamellae consist of physiologically changed enamel prisms and interprismatic substance and gradually the physiological change is going on into the deeper part of the enamel. L enamel lamellae (dotted part), S enamel prism.

部分に分岐し、一気にエナメル葉の大と小の両部に挟まれて残存した正常なアナメル質の部分は恐らく将来次第に浸蝕的にエナメル葉に変化すると考えられ

図 4'。図 4 の拡大。複雑に彎曲せる変化したエナメル小柱と小柱間質がエナメル葉を構成しているのを示す。L エナメル葉 (点影部), S エナメル小柱。

Fig. 4'. The enamel lamellae of Fig. 4 enlarged. The enamel lamellae consist of the physiologically changed enamel prisms and interprismatic substance that run complicitly. L enamel lamellae (dotted part), S enamel prism.

図 5。エナメル象牙境まで成長したエナメル葉。その成長過程に二つの部分に分岐している。牛。L エナメル葉, S エナメル質。50×。

Fig. 5. The enamel lamellae which have grown up to the dento-enamel junction is divided into 2 parts in the process of growth. L enamel lamellae, S enamel. 50×.

る。図 6 (と図 6') は前者より相当成長した時期のエナメル葉と考えるもので、多数の標本所見から言

図 5'。図 5 の拡大。直線的走行を示す変化したエナメル小柱と小柱間質とがエナメル葉を構成している。L エナメル葉 (点影部), S エナメル小柱。

Fig. 5'. The enamel lamellae of Fig. 5 enlarged. The enamel lamellae consist of the physiologically changed enamel prisms and interprismatic substance running directly parallel with one another. L enamel lamellae (dotted part), S enamel prism.

図6. 成長し切った時期のエナメル葉で、既にその幅も最大限に達している。所謂エナメル葉の象牙質部が可成大きく見られる。牛。L エナメル葉, S エナメル質。60x.

Fig. 6. Enamel lamellae grown to its highest degree. Already the so-called "Dentinanteil" by which the author means a biological reaction of the dentinal structure situated directly beneath the enamel lamellae is clearly observed. The width of the enamel lamellae has already reached its largest extent. Cow. L enamel lamellae, S enamel. 60x.

えば、エナメル葉が完全に成長し切った時期に見られる状態のもので、既にエナメル葉の幅も最大限に達し、且つ所謂エナメル葉の象牙質部と考えられるものが象牙質を大きく浸潤しつつあると観察される。此の時期ではエナメル葉を構成するエナメル小柱と小柱間質の大部分が強く変化して居る。即ちエナメル葉化が高度に進行していて、可成不明確にしか観察できないが、猶部分的に淡黄褐色に染まる部分があつて、該部にはエナメル質の変化した残遺エナメル小柱の構造を充分見出し得るのである。

図6'. 図6の拡大生理的变化が高度に進行しており、エナメル小柱と小柱間質は大部分不明瞭となっているが、猶所々にエナメル質の変化した形象を充分観察できる。L エナメル葉(点影部), S エナメル小柱。Fig. 6'. The enamel lamellae of Fig. 6 enlarged. The strong physiological change is so clearly observed that most of the enamel prisms and interprismatic substance are not clearly observed. The changed enamel structures, however, are adequately observed in some parts of the enamel lamellae. L enamel lamellae (dotted part), S enamel prism.

III. 考 察.

牛のエナメル葉の一連の検鏡所見によって、エナメル葉は正常なエナメル質、即ちエナメル小柱と小柱間質とがある程度変化したものであると考

える。従ってその生成にはエナメル質の生理的除灰が存在するであろうと考える。此の際除灰された石灰塩の消失によりエナメル葉化した部の所々に微細な空胞の生ずることが、エナメル質の化学的組成上考えられるのであるが、実際には全くその様な所見は見出されず、有機性物質に富んでいることがその染色性と Fleischmann の方法による酸に対する態度とから考えられるのである。斯のことから消失した石灰塩に代って何等かの有機性物質が補填されているものと推測するのである。然し如何なる機序により正常なエナメル質の小柱と小柱間質がある程度除灰され、除灰された石灰塩が消失し、且つ消失した石灰塩に代って有機性物質が補填されるのか全く推測の域を脱しない。私の鑑別染色によると牛を除く他の哺乳動物のエナメル葉は程度に差異はあっても概して黒色に強く染色され、他方牛のエナメル葉は通常淡黄色と淡黄褐色に染まる部分がその大部分を占めてをり、褐黒色と黒色に染まる部分は僅かである。斯様な事実から牛のエナメル葉は他の哺乳動物のエナメル葉よりも石灰塩に富んでいることが明かであり、斯の様なエナメル葉の組織性状は動物の種類に固有のものであることが考えられるのである。然るに牛のエナメル葉の成長が進むに従ってエナメル葉化 Lamellation したエナメル質は部分的には生理的变化が次第に高度に進行し、図 6 (と図 6') の時期に至れば相当褐黒色に染まる部がエナメル葉の可成広い範囲にわたって出現し、エナメル小柱と小柱間質は大部分不明瞭となっているが、猶淡黄褐色に染まる部分があって、該部にはエナメル小柱と小柱間質とを明瞭に観取し得るのである。

猶正常なエナメル質が 2 次的にエナメル葉化 Lamellation して行くと考えられる所見の一つとして、エナメル質表層の正常なエナメル質とエナメル葉の隣接境界を観察すると、個々のエナメル小柱はその深層に向う途中一部はエナメル葉化してエナメル葉を形成し、再び正常なエナメル小柱となっている。斯様な所見を考察しても正常なエナメル質が生理機転により 2 次的にエナメル葉化したものと考えるのである。勿論小柱間質も同様であって、エナメル葉がエナメル質形成過程に於けるエナメル芽細胞の機能不全に因るものでないことが分ると思う。即ちエナメル芽細胞の小柱形成機能が初めは正常で途中不全に陥り、再び正常になるとは寧ろ考え難いからである。

先に私 (1925 a) は人の歯のエナメル葉の組織所見を追求して、エナメル葉は有機質に富む無構造透明な所謂葉状の膜様物であると発表するに到ったのであるが、惟うに人のエナメル葉と牛のエナメル葉とは夫々本質的には異なるものではなくで、唯人のエナメル葉は各種動物間の固有差として

前述の生理的除灰が高度に行われ、一方夫に伴う除灰された石灰塩の消失の程度に一致して有機性物質の補填されるのも自然大であるため、該部には小柱と小柱間質とを区別できない迄に変化したものと考えるのである。それは人のエナメル葉の染色状態が褐黒色乃至黒色に濃く染色される点からも考えられる事柄である。

それでは具体的に如何なる機転によって以上述べて来たエナメル葉化現象が見られるのであろうか。此の問題に関しては全く推測に止まるものである。然し若し推論を恣に許されるならば、恐らく歯髄と歯細管内容の生理作用に因って何等かの物質が何等かの通路を経て、エナメル質表層のある局部に達し、其処で初めて除灰作用を持つに至り、次第にエナメル質の深層に向って除灰が行われ、一方除灰された石灰塩は何等かの通路を経て歯細管に達し、歯細管を通じて最終的には歯髄に摂取されるのであろう。尚又消失した石灰塩に代って該部に空隙を生ずることなく、常に置換的に歯髄或は歯細管から何等かの有機性物質が何等かの通路を経て補填されていると考えるが、その有機性物質とは歯細管内容と歯髄組織とを考えると恐らく淋巴液様のものと考えられ、該液が補填されて後凝固したものであろう。

以上の変化が一応エナメル質の表層から深層まで達し、エナメル葉化がある限界に達すると、歯冠部象牙質の外表面積の漸進的増大に随伴して、エナメル葉化した部は空隙を生ずることなく前述の有機性物質は常に添加されつゝ、エナメル葉化の部に2次的な組織離開があって、斯くしてエナメル質は象牙質との成長に伴ってその時期のエナメル葉は図6(と図6')に見る如く他の若い時期のものよりその幅が一般的に大となり且つ有機性物質に富んでいるため濃染したものとする。

以上述べて来たエナメル葉化の現象に伴って、象牙質とその隣接組織、エナメル質との位置的調和が当然営まれるものとする。

IV. 結 語.

1. 牛のエナメル葉の組織学的本態は主として石灰化の低いエナメル小柱と小柱間質とで構成されている。
2. 牛のエナメル葉の発生と成長は常にエナメル質表層のある局部に始まり、該部にエナメル質の生理的除灰現象が現われ、一方除灰された石灰塩は消失し、置換的に歯髄乃至歯細管より由来したと考えられる有機性物質が補填されて成立するものとする。
3. 斯のエナメル質の2次的変化は次第にエナメル質の深層とその両側

方に浸蝕的に発展して、一応の成長に達すると、該エナメル葉化 Lamellation の部には有機性物質が添加されつゝ、空隙を生ずることなく2次的に組織離開があり、エナメル葉はある一定の幅の限界に達すると考える。

4. 歯冠完成後エナメル葉化現象が出現する生理的理由は歯冠部象牙質の成長による象牙質外表面積の漸進的増大に伴って、エナメル質が象牙質とその位置的調和を保つためと考える。

稿を終るに臨み、終始懇切な御指導と御鞭撻とを賜わり、且つ御校閲の労を賜った佐々木宗一教授と中山種秋教授に衷心より感謝の意を表します。

Author's Abstract.

The author reported (1952) that the enamel lamellae in human teeth are nothing but the leaf-like and transparent non-structural membrane that has no enamel prism. Concerning the cause of the appearance of the enamel lamellae the author (1952) came to the conclusion that the enamel lamellae originates from the splitting of the enamel occurred physiologically in accordance with the gradual increase of the dentinal exterior area after the formation of the toothcrown. Thenceforth the author, as the results of the study on the histological nature of the enamel lamellae, obtained the new histological findings of the enamel lamellae only in the teeth of cows out of various mammalian teeth examined.

That is to say, the enamel lamellae of a cow consist of both the enamel prisms and interprismatic substance that are lowcalcified. The appearance or growth of the enamel lamellae of a cow is usually observed to start in the outer part of the enamel. There a physiological decalcifying phenomenon appears, then the decalcified calcium disappears, and replacing the decalcified calcium, a organic matter originated supposedly from the dental pulp or dentinal canaliculi is filled in. Such a physiological change occurring secondarily in the enamel makes progress gradually into the deeper and lateral part of the enamel neighboring the lamellated enamel and at last reaches a limit of growth.

In the lamellated enamel, however, the organic matter is always being added to, producing no vacuole and at the same time under such a phenomenon the structural crevices appear in the enamel lamellae diffusely. Finally under such a phenomenon the width of the enamel lamellae reaches a definite limit. In the physiological reason for the appearance of the lamellating phenomenon the author considers, is to keep in accordance with the gradual increase of the dentinal exterior area after the completion of the toothcrown.

Now the author will makes clear below what his present views are and how they are connected with what he mentioned before. It is supposed that the enamel lamellae in the teeth of various animals are not different at

all substantially from one another, but there exist various lamellating degrees peculiar to the various kinds of animals.

Concerning the enamel lamellae in the teeth of men and other mammals except cows, their lamellating change progresses so much that the histological structures, that is to say, the enamel prisms and interprismatic substance, are not observed at all. Only in the enamel lamellae of cows are the lamellating change so slightly observed that both the enamel prisms and interprismatic substance are observed very clearly. On the other hand concerning the order of the appearance of the enamel lamellae, the author considers that the enamel lamellae in the teeth of various animals appear in the same way as the above-mentioned one of cows.

文 献.

- 栗沢：真正エナメル葉と人工的披裂との鑑別染色法について。解剖誌。27(1952a)
— エナメル葉の生因に関する研究。解剖誌。27 (1952 b).
-