ネコの下顎骨骨膜における器官化した 神経終末の形態と分布

山 本 哲 塚 本 良 久
大 野 博 重 坂 田 三 弥

東京歯科大学 生理学教室*

〔受付：昭和55年4月20日〕

抄録：ネコの下顎骨骨膜にメチレン・ブルー生体染色を施し、当部位に存在する2種類の器官化した神経終末、すなわち樹枝状終末 (bush-like nerve ending) および有被膜性小体 (small encapsulated corpuscle) の形態と分布状態について検索し、つぎの結果を得た。

樹枝状終末は唇頰側・舌側骨膜の全域にわたってみいだされ、下顎骨の片側あたりの出現数は、唇頰側のものが130~416個であり、舌側のものが5~17個であった。一方、有被膜性小体は唇頰側のオトガイ部骨膜に局在し、下顎骨の片側あたりの出現数は31~79個であった。

これらのことから、体外刺激をより受けやすいと考えられるオトガイ部骨膜には、線維径の大きい、器官化のより進んだ神経終末が存在し、これに対して、体外刺激が少ないと考えられる舌側骨膜には、線維径の小さい、単純な形態の終末しか存在せず、終末の出現数も少ないことが明らかになった。

緒 言

哺乳類の骨膜に分布する感覚神経終末の形態的研究は、主として四肢の関節周辺の骨膜を対象として行われ¹⁻⁸⁾、各種の器官化した神経終末が報告されている。

しかし、顔面骨骨膜に分布する神経終末を対象とした形態的研究^{1,9-18)}は少なく、当部位における神経終末の形態および分布について、十分な検索が行われたとはいえない。特に、顔面骨骨膜中の器官化した神経終末は、ネコ¹²⁻¹⁴⁾、イヌ¹⁵⁾、カイウサギ¹⁶⁾、テンジクネズミ¹⁷⁾およびダイコクネズミ¹⁸⁾で報告されているにすぎない。

これらのうち、ネコの顔面骨骨膜に存在する器官化した神経終末は、Sakada & Maeda¹²⁾によって初めて形態的に明らかにされた。すなわち、Sakada らはネコの下顎骨骨膜にメチレン・ブル

ー生体染色および鍍銀染色を施して神経終末を観察し、当部には、自由神経終末のほかに樹枝状終末 (bush-like nerve ending) および有被膜性小体 (small encapsulated corpuscle) が存在することを報告した。なお、これら2種類の器官化した神経終末は、いずれも唇頰側のオトガイ部骨膜にのみ局在し、臼歯部骨膜や舌側骨膜にはみいだされないことが指摘されている。

その後、Sakada & Aida¹³⁾は上記した2種類の器官化した神経終末が、下顎骨骨膜のほかに、前頭骨正中部骨膜および上顎骨犬歯根部骨膜にも存在することを確認している。なお、下顎骨骨膜における器官化した終末の分布は、オトガイ部骨膜に局限し、後オトガイ孔を越えて後方骨膜に分布するものがまれであるという所見に関しては、Sakada & Maeda の報告と同様である。

しかし、最近著者ら¹⁴⁾は、ネコの下顎骨骨膜に

Morphology and distribution of organized sensory nerve endings in the mandibular periosteum of the cat.

Tetsu YAMAMOTO, Yoshihisa TSUKAMOTO, Hiroshige OHNO and Sanya SAKADA (Department of Physiology, Tokyo Dental College, Tokyo)

* 東京都千代田区三崎町 2-9-18 (〒 101)

Jap. J. oral Biol., 22 : 422-431, 1980.

分布する神経終末の出現数および分布状態について検索した結果、樹枝状終末がオトガイ部骨膜だけではなく、臼歯部骨膜および舌側骨膜にもみいだされることを明らかにした。

したがって、本論文ではネコの下顎骨骨膜に存在する樹枝状終末および有被膜性小体について、それぞれの形態、出現数、分布状態などを再検討し、報告するものである。

材料と方法

1. 試料の作成

検索には、体重0.7~1.5kgのネコ5個体を使用し、つぎの方法で試料を作成した。まず、塩酸ケタミン麻酔下に頸部の皮膚を切開し、両側の総頸動脈を結紮した。続いて、下顎骨を覆う皮膚、粘膜、筋肉などを除去し、角突起近傍で骨を切断して下顎体を摘出した。左右の下顎体は正中結合部で分離し、それぞれを実体顕微鏡下に置き、骨に付着する粘膜、結合組織などを除去して、下顎体全域の骨膜を露出させた。

上記の操作中は、Locke氏液を用いて試料の乾燥を防ぎ、また、新鮮な試料を染色に供するため、試料の作成は可能な限り短時間に終了させた。

2. 染色

染色には methylene blue, trihydrate ($C_{16}H_{18}N_3SCl \cdot 3H_2O$, 第一化成工業株式会社製)を用い、これを Meyling¹⁹⁾の処方に従って0.01%溶液(pH 5.6~6.2)とし、36°~38°Cに加温して使用した。染色は、上記の方法で作成した試料全体を溶液に入れて行い、染色時間は10~20分とした。染色中、試料を1, 2回実体顕微鏡下に取り出し、染色状態を観察するとともに、神経線維を含まない結合組織を除去した。

染色後、4°Cの8%モリブデン酸アンモニウム溶液で12時間固定し、30分間流水洗した。

3. 神経終末の観察

プレパラートの作成に先立ち、染色を施した試料を唇側および舌側からそれぞれ写真撮影し、骨膜と周囲組織との位置関係および神経幹の走行状態を記録するための概観写真とした。

つぎに、下顎骨から骨膜を損傷させることなく剝離し、スライド・ガラス上で伸展して50%グリ

セリン溶液で封入し、光学顕微鏡を用いて神経終末の形態および分布状態を観察した。

神経終末の大きさおよび神経線維の直径の計測には、接眼用マイクロ・メータを使用した。終末の分布については、プレパラートの低倍率顕微鏡写真をあらかじめ作成し、この写真上に、高倍率の検鏡によって観察した各終末の位置を記入した。この方法で得られたプレパラート上における終末の分布位置を、上記の骨膜の概観写真上に転写し、これをトレースして終末の分布図とした。

結 果

1. 神経終末の形態

観察に用いたすべての個体の下顎骨骨膜に、図1-A~Cに示した3種類の神経終末、すなわち自由神経終末(A)、樹枝状終末(B)および有被膜性小体(C)をみいだすことができた。

器官化した神経終末のそれぞれの形状、大きさなどは、Sakada & Maeda¹²⁾および Sakada & Aida¹³⁾がネコの顔面骨骨膜で報告した結果と、著しい相違はみられなかった。

樹枝状終末は、無髄となった神経線維が複雑に分枝し、各線維の末端が膨大して終止する分岐性終末であり、線維の分岐状態および分枝の長さなどから、さまざまな形態を呈していた。また、当終末には被膜に覆われるものはみられなかった。図1-Bに示した樹枝状終末は、唇側骨膜にみられたものの1例であり、無髄の accessory fiberを伴う比較的複雑な形状の終末である。

樹枝状終末の大きさは、終末が楕円体状ないし紡錘状を呈するもの38個について計測した結果、長径が56~180 μ (平均84.4 μ)であり、短径が16~40 μ (平均26.1 μ)であった。

有被膜性小体は、無髄の軸索のまわりを内棍および結合組織性の薄い被膜が覆う被覆性終末であり、多くは楕円体状を呈していた。当小体には、内棍内線維が分岐しないものと数枝に分岐するものとがみられ、被膜が分岐するものも、まれではあるが観察された。図1-Cの有被膜性小体は、これらのうち内棍内線維および被膜がいずれも分岐しない、単純な形態の有被膜性小体である。

Fig. 1 Three kinds of nerve endings observed in the mandibular periosteum.

- A : Free nerve endings
 B : Bush-like nerve ending
 C : Small encapsulated corpuscle
 bar : 50μ

有被膜性小体の大きさは、被膜が明瞭に観察できたもののうち、小体が分岐または屈曲しないものの44個について計測した結果、長径が $46\sim 114\mu$ (平均 68.4μ)であり、短径が $18\sim 44\mu$ (平均 29.3μ)であった。

つぎに、下顎骨骨膜にみられた自由神経終末および2種類の器官化した神経終末について、それ

ぞれの神経線維の直径を計測した。計測にあたっては、Freeman & Wyke⁸⁾およびNovotný²⁰⁾の方法に従って、計測部位を各終末に続く最初の髄鞘部と定め、また、髄鞘が確認できたものについてだけ、その直径を計測した。

その結果、それぞれの終末の線維径は、図2のヒストグラムに示すとおりであった。自由神経終末は直径 $0.5\sim 4.5\mu$ (平均 1.9μ)の線維をもち、 2μ 以下のものが全体の72.4%を占めていた。これに対して、器官化した終末は直径の大きい神経線維をもち、それぞれの値は樹枝状終末が $2.5\sim 6.0\mu$ (平均 4.1μ)であり、有被膜性小体が $2.5\sim 7.5\mu$ (平均 4.6μ)であった。樹枝状終末および有被膜性小体の線維径は、いずれも $3\sim 5\mu$ のものが多く点で類似していたが、線維径の平均値は有被膜性小体の方が大きく、また、樹枝状終末が直径 6.5μ 以上の線維をもたないのに対して、有被膜性小体には直径 $6.5\sim 7.5\mu$ の線維をもつものがみられ、これらの点で両者は相違していた。

一方、感覚単位についてみると、樹枝状終末および有被膜性小体は、ともに1本のparent fiberに4~6個の終末が支配されることが観察された。しかし、自由神経終末およびこれら2種類の器官化した終末は、いずれも感覚単位を異にしており、2種類以上の終末が、それぞれ相互にparent fiberを共有することは観察されなかった。

これらのことから、樹枝状終末および有被膜性小体は、線維径が同一の値をとる場合があるものの、両終末が線維を共有することはないということが明らかになった。

2. 神経終末の出現数および分布

検索に用いた5個体のうち2個体について、器官化した神経終末の出現数および分布状態を調べた。

まず出現数についてみると、下顎骨の片側を1標本とした場合、それぞれの標本において観察された終末の総数は、樹枝状終末が $137\sim 423$ 個であり、有被膜性小体が $31\sim 79$ 個であった。また、各標本について両終末の出現数の比をみると、有被膜性小体を1とした場合、樹枝状終末は $4.3\sim 6.5$ であった。

つぎに、神経終末の分布についてであるが、各

Fig. 2 Histogram of the fiber diameter in the first internodal segment adjacent to the nerve ending.

標本の唇頰側・舌側骨膜における2種類の器官化した神経終末は、図3に代表される分布状態を示すものであった。

樹枝状終末(●)は、大部分が唇頰側骨膜(A)に広く散在しているのが観察されたが、舌側骨膜(B)にも少数ながらみいだされた。

唇頰側骨膜を、後オトガイ孔より前方のオトガイ部骨膜と、後方の臼歯部骨膜とに分割し、それぞれについて樹枝状終末の分布密度を求めると、オトガイ部骨膜では0.6~2.5個/mm²(平均1.62個/mm²)であり、臼歯部骨膜では0.6~1.7個/mm²(平均1.19個/mm²)であった。このことから、樹枝状終末の分布密度は、臼歯部骨膜に比べてオトガイ部骨膜がやや密であるが、両部位には著しい相違はみられないといえる。

樹枝状終末の分布状態を局所的にみると、神経幹から遠く離れて孤立するものは少なく、大部分は神経幹の走行に沿って分布していた。図4は臼歯部骨膜における樹枝状終末の分布状態を示したものである。オトガイ孔から後方に伸びる神経幹の近傍に、数個の樹枝状終末が散在している様子が観察される。図中の樹枝状終末は、いずれも神経幹から250μの範囲内にあり、これらの中には、図1-Bに示したものと同様に、無髄の accessory fiber を伴うものもみられた。

舌側骨膜における樹枝状終末(図5)は、唇頰側骨膜のものに比べて単純な形態のものが多く、出現数も1標本あたり5~17個と少なかった。また、それらの分布は図3-Bに示すように、骨膜の前上方にやや多くみられた。

一方、有被膜性小体(○)は大部分が唇頰側骨膜のオトガイ部に局在し、当部においては、図のように下顎骨の正中部から下顎下縁にかけて帯状に分布していた。また、後オトガイ孔をわずかに越えて、後方の臼歯部骨膜に分布するものも、少数ではあるが存在した。しかし、舌側骨膜中に有被膜性小体をみいだすことはできなかった。

以上のことから、樹枝状終末と有被膜性小体の出現数および分布状態は、著しく相違していることが明らかになった。

考 察

1. 神経終末の形態

哺乳類の骨膜、筋膜、靱帯などの深部組織には、自由神経終末のほかに、さまざまな形態の器官化

Fig. 3 Distribution of the organized sensory nerve endings in the labial-buccal (A) and the lingual (B) periosteum.
● : Bush-like nerve endings ○ : Small encapsulated corpuscles ■ : Muscular attachments

Fig. 4 Appearance of the bush-like nerve endings (arrows) along the nerve trunk in the buccal periosteum. bar: 100 μ

Fig. 5 Simple type bush-like nerve endings observed in the lingual periosteum. bar: 50 μ

した神経終末が存在する^{1-9,20-27)}。これらの器官化した終末は、基本的には樹枝状終末、有被膜性小体および腱紡錘の3種類に大別することができるが、これらのうち、骨膜においてみいだすことのできる樹枝状終末および有被膜性小体について、考察する。

樹枝状終末は Ruffini²⁸⁾によって最初に記載されたことから、Ruffini ending^{22,23)}、Ruffini-like ending⁴⁾、Ruffini-type ending²¹⁾、Ruffini corpuscle²⁷⁾などとよばれ、また、終末の形状から bush-like nerve ending^{2,24)}、spray-like nerve ending^{6,7,20,25,26)}、complex unencapsulated ending⁵⁾、branched termination¹⁻³⁾などとよばれる場合もある。

樹枝状終末は、自由神経終末とともに、身体各部の結合組織中に固有の感覚神経終末であるとされており^{6,7)}、当終末には、分枝の形状や被膜の有無などから大きな形態的変異がみられる^{6,7,20)}。しかし、上記の名称でよばれる神経終末は、すべて同一種の終末であると考えられている^{6-8,20)}。

四肢の関節周辺の骨膜には、被膜をもつ器官化の進んだ樹枝状終末が存在し^{5-7,27)}、下顎骨骨膜中にも、イヌ¹⁵⁾およびカイウサギ¹⁶⁾では、被膜に覆われる複雑なものがみられる。

これに対して、本研究で観察された樹枝状終末は、テンジクネズミ¹⁷⁾およびダイコクネズミ¹⁸⁾の下顎骨骨膜のものと同様に、被膜をもたない単純な形態の終末であり、spray-like nerve ending の単純型 (simple spray)^{6,7,20)}や complex unen-

capsulated ending⁵⁾などと類似した形態のものであった。

なお、樹枝状終末に随伴する accessory fiber の存在が確認される場合もあるが、当線維はすでに Gardner²¹⁾、Skoglund²²⁾ および Freeman & Wyke⁸⁾ などによって報告されている。Accessory fiber が感覚神経線維であるか、または Pacinian corpuscle の場合²⁹⁾のように自律神経線維であるかは、明らかにされていない。

つぎに、有被膜性小体についてであるが、深部組織に存在する有被膜性小体には Pacinian corpuscle、Golgi-Mazzoni corpuscle および small encapsulated corpuscle の3種類が知られている^{4-7,23)}。これらのうち、大型で lamella 構造の発達した Pacinian corpuscle^{6,7,27)}は、その形態的特徴から、他の2種類の有被膜性小体と容易に区別される。しかし、Golgi-Mazzoni corpuscle と small encapsulated corpuscle とは形態的に類似しており^{4,5,23)}、このため両小体の異同が問題とされてきた。

Golgi-Mazzoni corpuscle および small encapsulated corpuscle の形態について記載した論文の中には、両小体を同一種の小体とみなしたものもみられる^{8,24)}。しかし、Poláček^{6,7)}は四肢関節包においてこれらの小体の光顕的検索を行い、両小体は形態的に異なる神経終末であることを明らかにした。

また、最近 Chouchkov^{30,31)}は皮膚無毛部における Golgi-Mazzoni corpuscle および small encapsulated corpuscle の微細構造を電顕的に調べ、両小体の形態的な相違点を報告している。

それによると、Golgi-Mazzoni corpuscle は短径100~150 μ 、長径250 μ 程度の卵形の小体であり、5~10層の perineural cell からなる被膜をもち、通常2本の有髄神経線維が無髄となって小体に侵入し、内根内線維は複雑な分岐状を呈する。これに対して、small encapsulated corpuscle は短径30~50 μ 、長径100~300 μ の円筒状小体であり、1~10層の被膜に覆われ、1本の有髄神経線維からなる単純な形態の nerve terminal をもつ。さらに、両小体は cytoplasmic lamellae を構成する Schwann cell の微細構造や lamella 構造の厚さ

などの点でも異なるとされている。

深部組織における Golgi-Mazzoni corpuscle については、四肢の関節包^{4,6,7)}・筋膜⁹⁾・骨周辺および骨膜^{1,3-5)}・靱帯⁵⁾・腱²³⁾・顎関節包³²⁾などで観察されており、その形態および分布状態が明らかにされている。

一方、small encapsulated corpuscle は small Pacinian corpuscle^{4,5,23)}、modified Vater-Pacini corpuscle²²⁾などの名称でもよばれ、主として四肢の関節周辺のものについて詳細な形態的検索が行われている。深部組織にみられるこれらの small encapsulated corpuscle は、皮膚にみられる digital corpuscle³³⁾や粘膜の mammalian end-organ³⁴⁾と同様に、Krause's club (zyllindrische Endkolben)^{35,36)}と同種の有被膜性小体であると考えることができる。

ネコの下顎骨骨膜にみられる上記の有被膜性小体については、従来、Golgi-Mazzoni corpuscle であると考えられてきたが¹³⁾、小体の大きさ、被膜の厚さ、内棍内線維の性状などから、当小体は四肢の関節包などで報告されている small encapsulated corpuscle と同形態の小体であると考えられる。

以上のように、ネコの下顎骨骨膜に3種類の神経終末、すなわち自由神経終末、樹枝状終末および有被膜性小体が存在するという事は、終末の種類構成上、基本的には上・下肢の長骨の骨膜の場合¹⁻⁸⁾と同様であるといえる。

つぎに、神経終末に続く神経線維の直径についてであるが、各種の終末が固有の線維径をもつかどうかは議論されてきた。

Balmyshev³⁷⁾は、終末の種類と線維径は関係がなく、さまざまな種類の終末が同一の直径の線維をもつと報告した。これに対して多くの研究者は、終末の基本型は固有の線維径をもつことを明らかにし、終末が系統発生的に発達し、器官化するにしたがって、その線維径は大きくなることをみだしている。すなわち、終末の parent fiber の直径は、原始的な自由神経終末に比べて器官化した神経終末の方が大であり^{5,9,21,23)}、器官化した終末については、樹枝状終末より有被膜性小体の方が大であるとされている²²⁾。

しかしながら、これらの報告には線維径の計測部位が明記されておらず、線維径が線維の分岐によって減少する²⁰⁾ことから考えると、上記の報告中の値を相互に比較することはできない。

Freeman & Wyke⁸⁾はこの点に注目し、線維径の計測部位を終末に続く最初の髓鞘部 (first internodal segment) と定め、各終末の線維径を計測し、比較した。それによると、自由神経終末は $0.5 \sim 1.5 \mu$ 、樹枝状終末は $2 \sim 5 \mu$ 、有被膜性小体は $4 \sim 5 \mu$ であり、線維径は終末の器官化に伴って大きくなる傾向を示している。また、Novotný²⁰⁾も同様な方法で計測し、自由神経終末が $1.25 \sim 2.75 \mu$ 、樹枝状終末が $2.75 \sim 4.5 \mu$ 、有被膜性小体が $4.0 \sim 5.75 \mu$ との結果を得ている。

著者らのネコの下顎骨骨膜中の各終末について上記の検索結果も、Freeman らおよび Novotný の結果とほぼ同様であり、線維径は終末の器官化に伴って大となり、系統発生的により若い終末がより太い神経線維をもつことを明らかにすることができた。

2. 神経終末の出現数および分布

神経終末の出現数、種類の構成比、分布状態などは、深部感覚および顎運動における神経終末の役割を知る上で、重要な意味をもつものと考えられる。

ネコの下顎骨骨膜における樹枝状終末および有被膜性小体の出現数は、Sakada & Maeda¹²⁾によると片側あたり $1 \sim 5$ 個および $6 \sim 10$ 個であるとされている。その後、有被膜性小体についてさらに詳細な検索をした Sakada & Aida¹³⁾は、当小体が片側あたり40個程度存在することを報告した。著者らが得た結果はこの値と同等なものであった。しかし、今回著者らが検索した樹枝状終末の出現数は、片側あたり $137 \sim 423$ 個であり、上記の報告とは著しく異なるものであった。

つぎに、深部組織における神経終末の種類構成比は、近來、系統発生上の問題として注目されている^{6,7,25,26,38)}。それによると、有被膜性小体は樹枝状終末に比べて、より器官化した神経終末であり、両終末の出現数の比は、動物の系統発生上の位置によって異なるとされている。

すなわち、ヒト、サルなどの霊長類においては、

樹枝状終末に比べて有被膜性小体はるかに多く、樹枝状終末は全体の5~28%を占めるにすぎない²⁶⁾。また、鳥類でも同様な傾向がみられている³⁸⁾。これに対して、イヌ、カイウサギ、ヤギなどの下等哺乳類の四肢関節では、樹枝状終末の出現数が有被膜性小体に比べて数倍多く²⁵⁾、ネコでは両者の比は3:1であると報告されている。

同様な検索は顔面骨骨膜についても行われ、イヌ¹⁵⁾およびダイコクネズミ¹⁸⁾の下顎骨骨膜では、いずれも有被膜性小体より樹枝状終末が多い結果が得られている。ネコの下顎骨骨膜中の両終末の出現数の優劣は、これらのものと同様な傾向を示し、上述した下等哺乳類の深部組織についての結果とも共通するものであった。

つぎに、これらの神経終末が骨膜においてどのように分布しているかが問題となる。ネコの下顎骨骨膜の樹枝状終末および有被膜性小体は、既述したように、いずれもオトガイ部骨膜にのみ局在することが報告されている^{12,13)}。しかし、著者ら¹⁴⁾はすでに樹枝状終末がオトガイ部骨膜だけではなく、臼歯部骨膜および舌側骨膜にも分布することを報告した。

さらに、器官化した終末の分布について再検討した結果、有被膜性小体の分布状態は従来の報告^{12,13)}と一致するものであったが、樹枝状終末の分布状態はこれとは著しく異なり、唇頬側骨膜に広く散在するものであった。また、舌側骨膜に樹枝状終末が存在することは、従来全く報告されていないことである。

このように、ネコの下顎骨骨膜における器官化した神経終末の分布は、骨膜の全域にわたることが明らかになったが、これらの器官化した神経終末は、その大部分が唇頬側骨膜に分布し、中でも系統発生的により新しい有被膜性小体⁷⁾が、オトガイ部骨膜に集中していることから考えると、皮膚および粘膜を介しての体外刺激や筋の収縮など

の体内刺激がより多く働らく部位において、神経終末はより発達し、より器官化が進むものであると考えることができる。

なお、ネコの下顎骨骨膜にみいだされる樹枝状終末および有被膜性小体は、それぞれ遅順応性および速順応性の動き受容器であることが証明されている^{39,40)}。

結 語

ネコの下顎骨骨膜にメチレン・ブルー生体染色を施し、当部にみられる感覚神経終末の形態と分布について検索し、つぎの結果を得た。

1) 下顎骨骨膜には、自由神経終末のほかに、樹枝状終末 (bush-like nerve ending) および有被膜性小体 (small encapsulated corpuscle) の2種類の器官化した神経終末が観察できた。

2) 樹枝状終末は長径が56~180 μ 、短径が16~40 μ であり、被膜に覆われるものはみられなかった。

3) 有被膜性小体は長径が46~114 μ 、短径が18~44 μ であり、内棍内線維は単純な形態を呈していた。

4) 終末に続く神経線維の直径は、自由神経終末が0.5~4.5 μ 、樹枝状終末が2.5~6.0 μ 、有被膜性小体が2.5~7.5 μ であった。また、これらの神経終末は相互に parent fiber を共有することはなかった。

5) 器官化した神経終末の下顎骨の片側あたりの出現数は、樹枝状終末が137~423個であり、有被膜性小体が31~79個であった。

6) 樹枝状終末は主として唇頬側骨膜に散在し、舌側骨膜にも少数ながらみだされた。これに対して、有被膜性小体は、外部刺激をより受けやすいと考えられるオトガイ部骨膜にのみ局在していた。

Summary: The mandibular periosteum of the labial-buccal and the lingual side of the cat were stained by the methylene blue immersion method and mounted wholly. The morphology and distribution of the nerve endings were studied with a light microscope.

In the mandibular periosteum, there were free nerve endings and two kinds of organized sensory nerve endings, bush-like nerve endings and small encapsulated corpuscles. The bush-like

nerve endings were various in shape and size and not covered with capsule. The nerve fibers of these endings were $2.5\sim 6.0\mu$ in diameter. The small encapsulated corpuscles were almost oval in shape, $46\sim 114\mu$ in length and had a simple or branched axon. The fiber diameter of these endings were $2.5\sim 7.5\mu$.

Whereas the distribution area of the free nerve endings and the bush-like nerve endings extended throughout the periosteum, the small encapsulated corpuscles were localized in the anterior part of the labial side. The number of the bush-like nerve endings per half mandible was 137~423, and that of the small encapsulated corpuscles 31~79.

Results of this experiment showed that, along with the organizing of the nerve ending, its fiber increases in diameter, its number per individual decreases and its distribution localizes so as to receive external stimulation easily.

文 献

- 1) NOZAKI, K.: On the innervation, especially the sensory innervation of the periosteum and the area surrounding it in the earlier stage of human embryo. *Arch. Histol. Jap.*, **9** : 269-282, 1955.
- 2) IGARI, T.: Histological study on the innervation of human bone. *Arch. Jap. Chir.*, **27** : 1-20, 1958.
- 3) SETO, H.: Sensory innervation of the motor organs of the foot. *Arch. Histol. Jap.*, **27** : 63-76, 1966.
- 4) MILLER, M. R., RALSTON, H. J., III, and KASAHARA, M.: The pattern of cutaneous innervation of the human hand, foot and breast. In: *Advances in Biology of Skin* (ed. by Montagna, W.), Vol. 1, pp. 1-47, Pergamon Press, New York, 1960.
- 5) RALSTON, H. J., III, MILLER, M. R. and KASAHARA, M.: Nerve endings in human fasciae, tendons, ligaments, periosteum, and joint synovial membrane. *Anat. Rec.*, **136** : 137-147, 1960.
- 6) POLÁČEK, P.: Differences in the structure and variability of spray-like nerve endings in the joints of some mammals. *Acta Anat.*, **62** : 568-583, 1965.
- 7) POLÁČEK, P.: Receptors of the joints; their structure, variability and classification. *Acta Fac. Med. Univ. Brun.*, **23** : 1-107, 1966.
- 8) FREEMAN, M. A. R. and WYKE, B.: The innervation of the knee joint: An anatomical and histological study in the cat. *J. Anat.*, **101** : 505-532, 1967.
- 9) WEDDELL, G. and HARPMAN, J. A.: The neurohistological basis for the sensation of pain provoked from deep fascia, tendon, and periosteum. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, **3** : 319-328, 1940.
- 10) TOKUMITSU, Y.: On the innervation, especially, the sensory innervation of the periodontal membrane, the dental pulp and the periosteum of the lower alveolus in dog. *Arch. Histol. Jap.*, **10** : 123-140, 1956.
- 11) MOGI, M.: On the sensory nerve supply of dental pulp, periodontal membrane, periosteum, gum and SERRE'S pearl in the lower jaw of five-day-old kitten. *Arch. Histol. Jap.*, **18** : 169-189, 1959.
- 12) SAKADA, S. and MAEDA, K.: Characteristics of innervation and nerve ending in cat's mandibular periosteum. *Bull. Tokyo Dent. Coll.*, **8** : 77-94, 1967.
- 13) SAKADA, S. and AIDA, H.: Localization and shape of Golgi-Mazzoni corpuscles in the facial bone's periosteum of the cat. *Bull. Tokyo Dent. Coll.*, **12** : 235-253, 1971.
- 14) 山本 哲, 塚本良久, 大野博重, 坂田三弥: ネコの下顎骨骨膜における器官化した神経終末の分布. *医学と生物*, **99** : 185-188, 1979.
- 15) 山本 哲, 坂田三弥: イヌの下顎骨骨膜における神経支配と受容器. *医学と生物*, **96** : 233-237, 1978.
- 16) 山本 哲, 坂田三弥: カイウサギの下顎骨骨膜および下顎切歯部粘膜における Ruffini タイプ終末の分布. *医学と生物*, **97** : 13-17, 1978.
- 17) 山本 哲, 坂田三弥: テンジクネズミの下顎骨骨膜における神経支配と受容器. *医学と生物*, **98** : 105-109, 1979.
- 18) 山本 哲, 坂田三弥: ダイコクネズミの下顎骨骨膜における器官化した終末. *医学と生物*, **98** : 309-313, 1979.
- 19) MEYLING, H. A.: Structure and significance of the peripheral extension of the autonomic nervous system. *J. Comp. Neurol.*, **99** : 495-543, 1953.
- 20) NOVOTNÝ, V.: Relation between receptor kind and afferent fibre diameter in the knee-

- joint capsule of the cat. *Acta Anat.*, 86 : 436-450, 1973.
- 21) GARDNER, E. : The nerve supply of diarthrodial joints. *Stanf. Med. Bull.*, 6 : 367-373, 1948.
- 22) SKOGLUND, S. : Anatomical and physiological studies of knee joint innervation in the cat. *Acta Physiol. Scand.*, 36 (Suppl. 124) : 1-101, 1956.
- 23) STILWELL, D. L., Jr. : The innervation of deep structures of the hand. *Amer. J. Anat.*, 101 : 75-99, 1957.
- 24) HROMADA, J. and POLÁČEK, P. : A contribution to the morphology of encapsulated nerve endings in the joint capsule and in the periarticular tissue. *Acta Anat.*, 33 : 187-202, 1958.
- 25) SKLENSKÁ, A. : Joint receptors in certain even-toed ungulates (Artiodactyla) and their comparison with those in rodents (Rodentia) and lagomorphs (Lagomorpha). *Folia Morph.*, 16 : 74-82, 1968.
- 26) FRANKOVÁ, H. : Comparison of the occurrence and variability of joint receptors in rhesus monkey and man. *Folia Morph.*, 16 : 83-92, 1968.
- 27) HALATA, Z. : The ultrastructure of the sensory nerve endings in the articular capsule of the knee joint of the domestic cat (Ruffini corpuscles and Pacinian corpuscles). *J. Anat.*, 124 : 717-729, 1977.
- 28) RUFFINI, A. : Sur un nouvel Organe nerveux terminal et sur la présence des corpuscles Golgi-Mazzoni dans le conjonctif sous-cutané de la pulpe des doigts de l'homme. *Arch. Ital. Biol.*, 21 : 249-265, 1893.
- 29) SANTINI, M., IBATA, Y. and PAPPAS, G. D. : The fine structure of the sympathetic axons within the Pacinian corpuscles. *Brain Res.*, 33 : 279-287, 1971.
- 30) CHOUCHKOV, Ch. N. : The fine structure of small encapsulated receptors in human digital glabrous skin. *J. Anat.*, 114 : 25-33, 1973.
- 31) CHOUCHKOV, Ch. N. : Cutaneous receptors. In : *Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology*, Vol. 54, pp. 1-62, Springer, New York, 1978.
- 32) 真島利雄 : 顎関節部位覚神経支配の形態学的並びに神経生理学的研究. 歯基礎誌, 6 : 31-40, 1964.
- 33) IDÉ, C. : The fine structure of the digital corpuscle of the mouse toe pad, with special reference to nerve fibers. *Amer. J. Anat.*, 147 : 329-356, 1976.
- 34) WINKELMANN, R. K. : The mammalian end-organ in oral tissue of the cat. *J. Dent. Res.*, 41 : 207-212, 1962.
- 35) KRAUSE, W. : Die Nervenendigung innerhalb der terminalen Körperchen. *Arch. Mikr. Anat.*, 19 : 53-136, 1881.
- 36) ORMEA, F. and GOGLIA, G. : Ultrastructural researches on the Krause's nerve endings (zyklindrische Endkolben and kugelige Endkolben). *Ital. Gen. Rev. Derm.*, 9 : 9-22, 1969.
- 37) BALMYSHEV, N. P. : On dependence of receptor variety and encapsulated corpuscle size upon diameter of axial cylinder of the afferent nerve fibres in the udder nipple of some ruminants. *Arch. Anat. Histol. Embryol.*, 55 : 65-68, 1968.
- 38) MALINOVSKÝ, L. and ZEMÁNEK, R. : Sensory nerve endings in the joint capsule of the large limb joints in the domestic hen (*Gallus domesticus*) and the rook (*Corvus frugilegus*). *Folia Morph.*, 18 : 206-212, 1970.
- 39) SAKADA, S. and MAEDA, K. : Correlation between histological structure and response to pressure of mechanoreceptors in the cat mandibular periosteum. *Bull. Tokyo Dent. Coll.* 8 : 181-196, 1967.
- 40) SAKADA, and AIDA, H. : Electrophysiological studies of Golgi-Mazzoni corpuscles in the periosteum of the cat facial bones. *Bull. Tokyo Dent. Coll.*, 12 : 255-272, 1971.