

ネコ体性感覚野 S_{II} の単 1 歯髓応答細胞の受容野特性について

鈴木 隆平 孝清 松本 範雄
林 謙一郎 八幡 文和 佐藤 匡

岩手医科大学歯学部口腔生理学講座* (主任; 鈴木隆教授)

[受付: 1980年9月26日]

抄録: ネコの歯牙 8 本 (上顎, 下顎, 左右の犬歯および臼歯) に順次電気刺激を与え, 大脳皮質体性感覚野 S_{II} より細胞外的に単位放電を記録しその細胞の性質を調べた。この部位では口唇, ヒゲなどの触刺激と共に, ある特定歯髓の電気刺激にも応ずる細胞が見出され, これを歯髓応答細胞 (tooth pulp neuron) と命名した。この歯髓応答細胞は, 放電様式によって短かい潜時 (5-15 msec) の initial burst で応答するもの (I 型細胞) と, 長い潜時 (10-50 msec) の initial burst で応答し, かつ after discharge を伴うもの (II 型細胞) に大別された。また, ただ 1 歯だけを選択的に受容野としてもつ細胞 (1 歯型細胞) は全体の 38% をしめて一番多く見出され, 歯髓情報の位置的特徴抽出機構との関係が論じられた。さらに歯髓応答細胞を犬歯支配と臼歯支配に分類すると, 圧倒的に臼歯支配が優勢であった。しかし対側, 同側, 両側の各支配性を調べたところ, それぞれほぼ同じ割合で見出され, S_{II} 領域は歯髓に関しても, 両側からの支配を受けていることが確認された。

はじめに

古くより, 末梢皮膚の体性感覚 (特に触覚) は大脳皮質の体性感覚野 S_I, S_{II} および S_{III} に投射していることが知られている^{1,2,36-39)}。S_I は対側性支配を受けるのに対し, S_{II}, S_{III} は両側性支配を受けている。ポール電極を用いた歯髓刺激により得られる誘発電位の成績²⁵⁾によれば, 歯髓からの感覚投射もまた, ほぼ, 上記の所見と一致することを示している。

一般に, 視床から体性感覚野への投射の仕方は, S_I へは VP (後腹側核 nucl. ventralis posterior) を介して特殊的に, S_{II} へは PO (後核群 posterior nuclear group) を介し

て非特殊的に, S_{III} へは視床とは特別の部位対応を持たないで非特殊的に入力に到達する。従って, S_I で起る感覚は直接的で一次的なものであり, S_{II} で起るそれは付随的で修飾されやすく, S_{III} のそれはより統合的である。従って, 高次中枢にさかのぼるに従って, 感覚内容は基本的な受容から, 順次, 高度の特徴抽出機構に推移することが期待される。

本論文では S_{II} の機能に焦点を当て, S_{II} 領野に微細電極を刺入し, 個々の歯髓に電気刺激を与えて単 1 細胞の放電様式を解析した。その結果, 歯髓の位置認識の神経機序と関連を有すると思われる興味ある所見が得られたので報告する。

Receptive field characteristics of the single pulpal neurones in the somatosensory area (S_{II}) of the cat.
Takashi A. SUZUKI, Kosei TAIRA, Norio MATSUMOTO, Kenichiro HAYASHI, Fumikazu YAHATA, and Tadasu SAITO (Department of Oral Physiology, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka 020)

*岩手県盛岡市中央通 1 丁目 3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 5 : 136-147, 1980

実験方法

刺激用電極の装着法²⁵⁾, 微細電極の刺入方法, 記録細胞の位置同定²⁶⁾および皮質単1細胞の歯髄性応答電位のデータ処理法²⁷⁾はそれぞれ著者らの他の論文に記載されているので, ここでは実験法の概略を述べる。体重2.1-3.4kgのネコ15匹を実験に用いた。最初, atropine 0.17mg/kgを投与後, ether麻酔を行い, 気管切開と股静脈のcannulizationのうち, 脳定位固定器に装着した。ネコの体温はheating padで $38.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に制御され, 手術的侵襲部位や固定器への接触点はxylocaine ointmentで充分麻酔した。上顎, 下顎の左右両側の犬歯と臼歯合計8本に, それぞれ2個の小孔を作り, 直径0.65mmの時計用ネジを埋込み刺激用双極電極とした。この際, 刺激電流の漏洩防止のため歯冠部全体は即時重合resinで被覆絶縁された。電極間抵抗は約80—200K Ω で, 刺激用電流はisolatorを通じ, 2.5msecの間隔でpulse巾0.2msecの方形波2発を与えた。歯髄の閾値は下顎開口反射を指標に決定し, 閾値の2—10倍の強さの電流を用いた。gyrus coronalisとgyrus suprasylvius anteriorの移行部でsulcus ansatusの延長線上が露出されるようcraniotomyを行い, 微細電極holderの装着と, 大脳の拍動を除去するため, Davies型のchamberを固定した。微細電極は動水力学的に1—10 μ のステップで打ち込まれた。ether麻酔から回復後, gallamine triethiodideを5.3 mg/kg/hourの割合で注入し, 人工呼吸器で呼吸管理が行われた。

耳介と頸部皮下にそれぞれ銀—塩化銀の不関電極と中性電極を置き, タングステン微細電極(先端 ϕ 1—2 μ , 長さ3—5 μ)から得られる単位放電は高入力インピーダンス前置増幅器を介してCRO(日本光電VC-7AVH)で観察しながら, 統計処理用電子計算機(東芝MIC 800C USC type EDS-34801M)でpost stimulus time histogram (PSTH)を求め, その

出力を東北大学大型電子計算機centerの時分割system(TSS)の読み取り可能なcode(ASCII)で紙tapeにpunch outし, (川崎エレクトロニカTMA-801)center内のdrafterを駆動して自動的に作図²⁷⁾させた。大脳皮質の電極刺入点および単位放電の記録を行った細胞の部位同定は電気凝固法²⁶⁾により組織学的に毎回実施された。

実験成績

1 単位放電の記録部位

図1は単位放電(unitary discharges)を指標に末梢皮膚の触覚および歯髄からの投射部位を表わすfigurine mapである。同図右上の挿入図はネコの大脳の側面図であるが, その斜線部を拡大し, それぞれの部位に電極を刺入したとき観察された受容野の部位とその配列状態を表わしたものである。体表を表わすネコの絵の上の黒く塗りつぶされた部分は受容野の大きさとその位置を表わし, 黒い正方形は, 歯髄刺激でunit放電を記録できた細胞の位置を表わしている。さらに, 鍵パー[は電極trackの位置を表わし, そのtrack上の種々の深さで遭遇した皮質細胞の受容野を表わしている。この部はg. coronalisとg. suprasylvius anteriorの境界領域であって, いわゆるDarian-Smith²⁷⁾のS_Iに相当するものと思われる。Mountcastle¹⁵⁻¹⁷⁾ら, Surら(1978)²⁴⁾, Rubel(1971)²²⁾, Welker(1976)³³⁾により前頭葉S字回, 冠状回, 後眼窩回(S_IとS_{II})で報告されている所見と同様に, S字回後部には前肢が, 冠状回の1部には体幹, 顔面領域が比較的規則的に投射されている。特に注目すべきことはs. ansatusの延長線上に拡がる顔面野の1部で, 口唇やヒゲ(whisker)などに狭い受容野を持つ細胞が密集している部位には, 歯髄の電気刺激に応ずる細胞が見い出される事実である。この歯髄刺激に応ずる細胞はpolymodalに口唇, ヒゲなどの触刺激に応ずるものもあるが, これを一応, 歯髄応答細胞(tooth pulp neuron)と命名することとした。図1から知

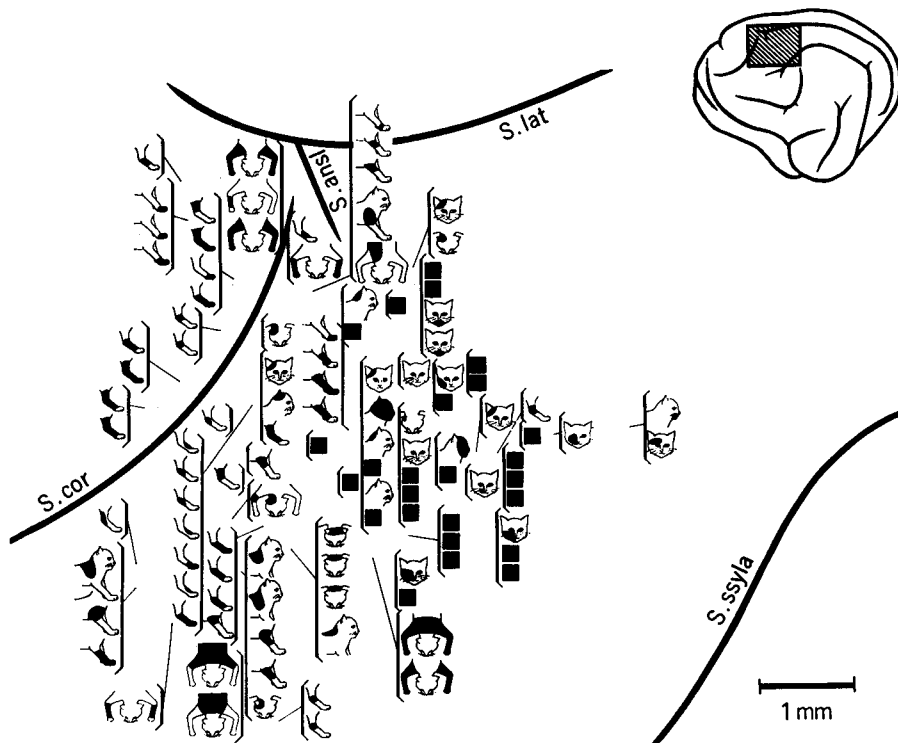


図1. 大脳皮質S_{II}の figurine map. 右上図に示した左大脳半球の斜線部を拡大している。鍵パー〔は電極の track を表わし、それぞれのネコの絵の黒い部位は受容野を、また■は歯髄応答細胞を示す。注意、各パーに引かれた細線の先端が電極の刺入点を示す。細線の無いパーはその上端部が刺入点である。S. ans: Sulcus ansatus lateralis, S. cor: Sulcus coronalis, S. lat: Sulcus lateralis, S. ssyla: Sulcus suprasylvius anterior.

られる如く歯髄応答細胞は、大脳皮質表面に垂直な電極 track 上で1つの歯髄応答細胞が見つかり、続いて数個の歯髄応答細胞が発見されやすく、この細胞もまた、他の体性感覚野の細胞と同じく性質の類似した細胞が円柱様に配列していることを暗示する。この歯髄応答細胞の出現頻度は検索された 826 units 中44 units で約 5.3%の割合であった。

2 歯髄応答細胞の放電型の分類

S_{II}野の皮質細胞はS_Iのそれに比べ、自発放電を伴うものが多い。その放電様式から前記44 units の歯髄応答細胞を分類すれば、I型およびII型の2群に大別出来る。

図2は歯髄応答細胞の放電を5回 superimpose した生の data である。図Aは左側下顎臼歯の歯髄（記録電極に対して同側歯）に電気刺激を与えたとき得られたI型放電をする細胞

を示している。I型細胞は比較的短かい潜時（5-15 msec）をもった単発放電または initial burst よりなっていて、after discharge を伴わないのが特徴である。図2Bは左側上顎犬歯（同側歯）の歯髄刺激で得られたII型放電の代表例で、潜時（10-50 msec）の長い initial burst と、同期性の余り良くない after discharge より成っている。

この放電型の分類を確実にするため、総べての歯髄応答細胞の放電系列は統計処理用電子計算機に入力され、post stimulus time histogram が求められた。図3最上段の histogram は、I型細胞の放電を表わし、中段のそれはII型細胞の放電を、下段のそれは歯髄刺激には応じないが自発放電の著るしい細胞の放電を表わしている。いずれも、50回の試行が採用され、歯髄の電気刺激の直後に掃引が開始されてい

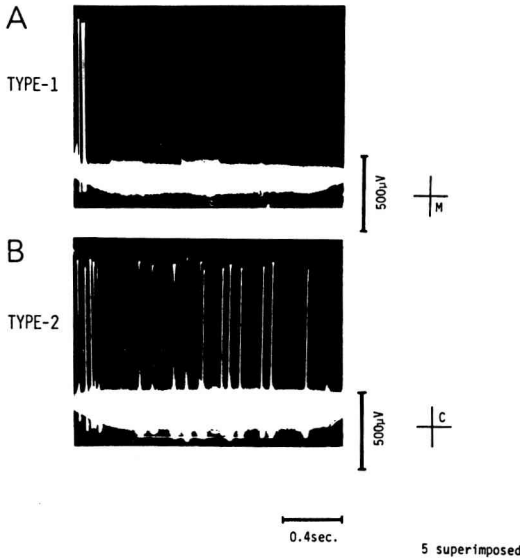


図2 歯髄刺激で誘発されたSII単1細胞の unitary discharge. それぞれ5回 superimpose されている. A : 下顎左側臼歯刺激で得られたI型細胞の放電. B : 上顎左側臼歯刺激で得られたII型細胞の放電. 校正電圧; 500µV, 時標; 0.4 sec.

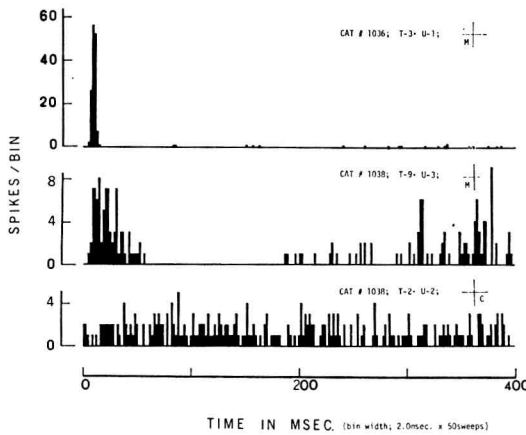


図3 歯髄刺激で誘発されたSII単1細胞の放電の post-stimulus time histogram. 上図: 下顎右側臼歯刺激で得られたI型細胞の histogram. 中図: 下顎右側臼歯刺激で得られたII型細胞の histogram. 下図 自発放電の著るしい細胞, 縦軸: 1 bin 当りの spike数, 横軸: 歯髄電気刺激後の時間経過 (msec), 掃引回数: 50回. 図上の歯式 $\frac{|}{M}$, $\frac{|}{C}$ はそれぞれ下顎右側臼歯, 下顎左側犬歯を表わす.

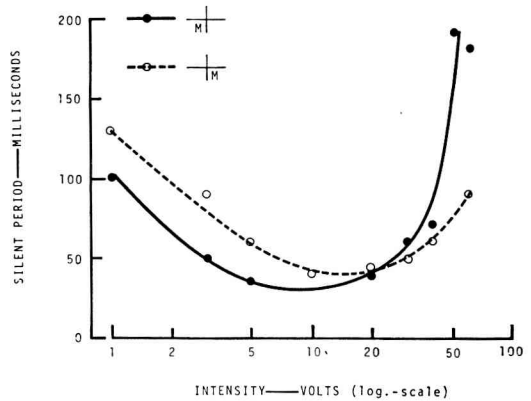
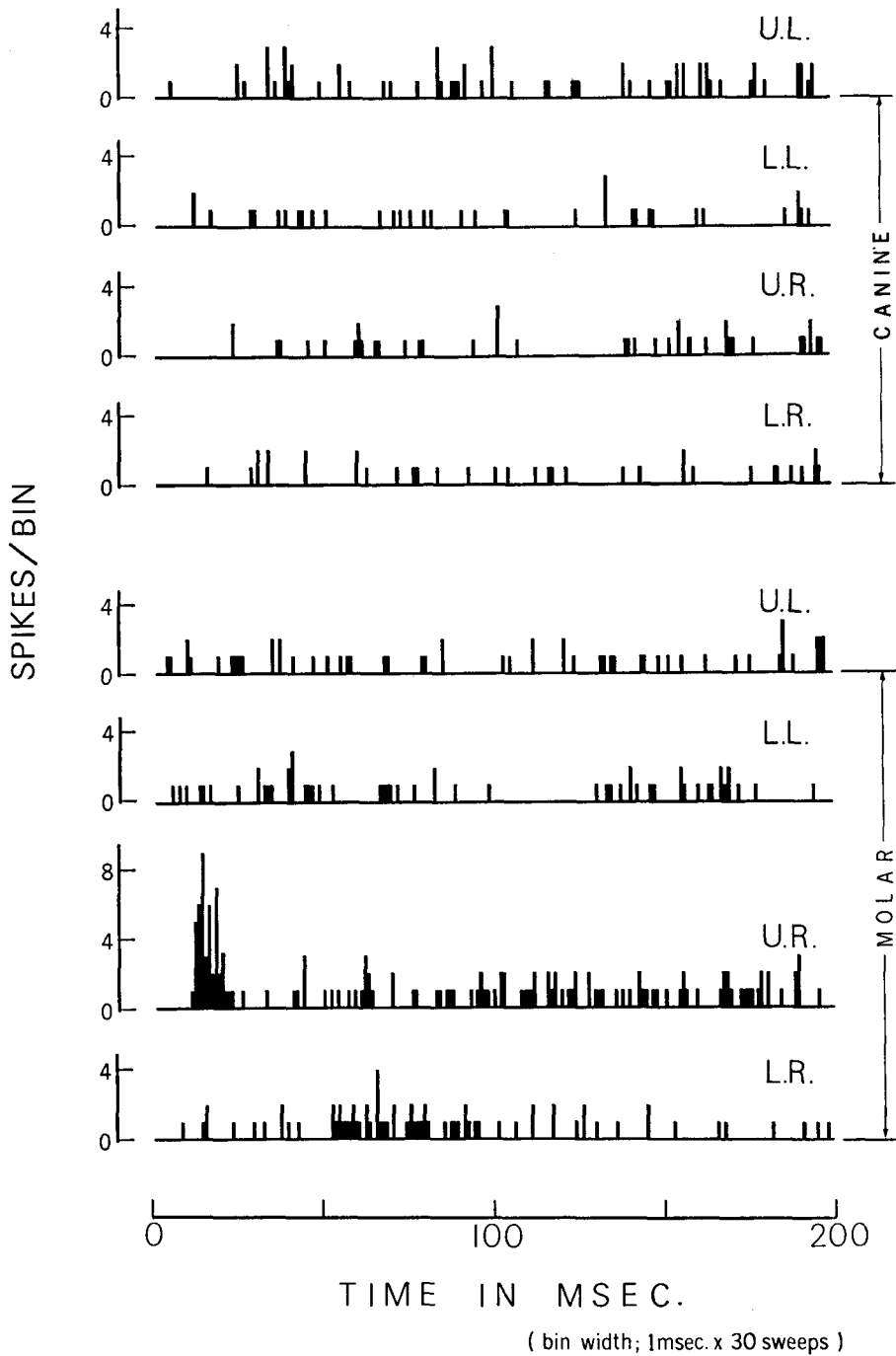


図4 Intensity-silent period curve. 実線, 破線はそれぞれ下顎右側臼歯(対側), 下顎左側臼歯(同側) 刺激で得られた. 縦軸: silent period (msec), 横軸: 刺激強度 (volt).

る。横軸は刺激後の時間経過を, 縦軸は毎回刺激を与えてから一定の決められた観測時間帯 (1 bin : 2 msec) に発生した spike 放電の数を表わしている。従って, 図3のI型細胞は, 50回試行のうち, 潜時が6-8 msec の range で放電したものが25発あり, 8-10 msec range で57発, 10-12 msec range で53発, 12-14 msec range で7発の割合でそれぞれ発火したことを示している。このことから, この細胞は右側下顎臼歯を刺激したとき, 8-12 msec の潜時をもつ spike 放電が毎回起っていたと解釈されよう。それに対し, II型細胞は initial burst がまばらで, 10-80 msec の潜時で応答し, しかも50回試行のうち同じ潜時で放電したものが7-8発程度であった。initial burst と after discharge の間に見られる silent period は刺激強度の対数に依存して変化した。図4は intensity-silent period curve であるが, 20V程度(閾値の10倍)までは100-130 msec から 30-40 msec へ比例的に短縮するが, 50Vでは急速に延長した。この変化は細胞の対側優位性とは無関係に観測された。

3 歯髄応答細胞の受容野と位置選択性

一般に体性感覚野の細胞は polymodal な afferent を受けることが多いといわれている



CAT # 1055; T-7, U-294

図5 ただ、1本の歯牙に受容野を有する細胞の代表例。本図では上顎右側白歯刺激のみに応ずる1歯型細胞を表わす。上4 trace は犬歯、下4 trace は白歯刺激で得られた PSTH. U.L. : 上顎左側, U.R. : 上顎右側, L.L. : 下顎左側, L.R. : 下顎右側, 縦軸・横軸は図3と同じ, 掃引回数: 30回, 刺激強度: 50V. 注意: この場合, 1 bin の時間は1 msec なので, 観測時間は刺激後 200 msec. である.

28⁵⁾。すでに述べた如く、著者らの成績でも歯髄の侵害刺激の外に口唇部の粘膜や体毛、またはヒゲなどの機械的刺激（触覚）や侵害刺激（痛覚）に応ずる細胞が見い出された。従って、皮質細胞の検出の能率を上げるため、口唇、ヒゲなどへの機械的刺激を併用しながら歯牙へ順次電気刺激を与え、歯髄応答細胞を検出した。以下、歯髄の電気刺激で得られた結果についてだけ言及する。

図5は1個の皮質細胞の近傍に記録電極の尖端をとどめたまま上顎、下顎左右側の犬歯、臼歯8本に順次電気刺激を与え、求めた PSTH である。縦、横軸ともに図3と同様で、上4本の PSTH は、それぞれ異なる犬歯の刺激で得られたものであり、下4本のそれは異なる臼歯刺激で得られた PSTH である。各 PSTH 右肩の符号、UL, LL, UR および LR はそれぞれ上顎左側、下顎左側、上顎右側および下顎右側の歯牙を表わしている。図から知られる如く、この細胞は弱い自発放電を有するが、犬歯の電気刺激には全然応ずることなく、ただ、上顎右側臼歯（対側歯）の歯髄刺激に対してのみ選択的に応答している。つまり、この細胞は、上顎右側臼歯の歯髄に受容野を持ち、約10-13 msec の潜時で initial burst だけで応じている。この事実は、この細胞には上顎右側臼歯よりの入力だけが伝達されていることを示唆し、歯髄性痛覚の局在部位を認識する高度の神経機構と何らかの深い関係を有することを暗示する。そこでこのような皮質細胞はただ1歯だけを支配し、1個の受容野を有するので「1歯型の選択性を有する細胞（略称；1歯型細胞）」と呼ぶことにした。

図6は「2歯型の選択性を有する細胞（略称；2歯型細胞）」の histogram で、図の見方、縦軸、横軸、符号などは前図と同じである。この細胞は下顎両側の臼歯刺激にのみ応じ、その放電は initial burst のみより成っている（I型放電）。興味ある所見は、この細胞はたまたま下顎の両側臼歯の受容野を有することであって、痛覚投射部位を大まかに上顎、下顎のいづ

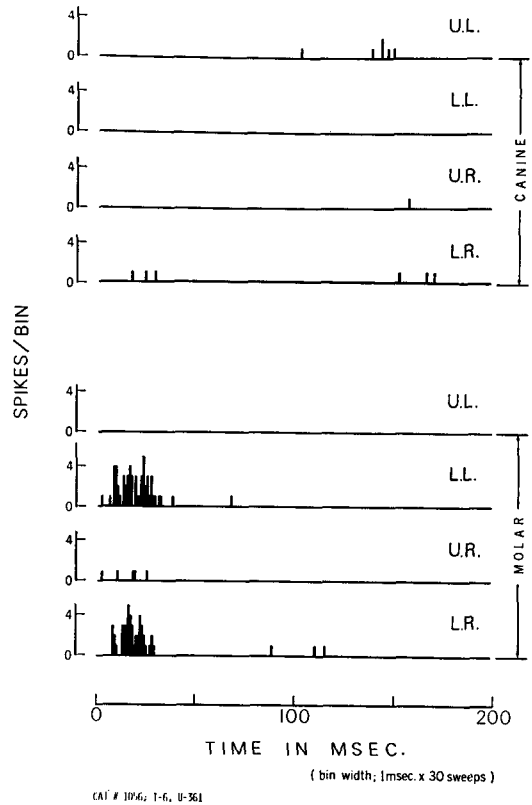
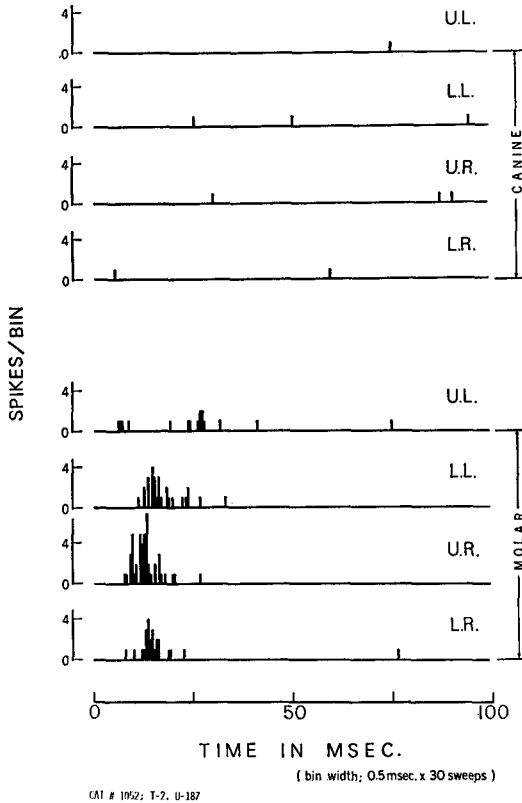


図6 下顎左右側臼歯刺激に応ずる2歯型細胞。縦軸・横軸・符号・実験条件は図5と同じ。

れかに区別するのに役立つのかもしれない。

図7は、いわゆる3歯型細胞の実例で、右側上下顎の臼歯（対側歯）と下顎の左側臼歯（同側歯）の歯髄刺激によく応答している。そして対側臼歯刺激で得られる initial burst の潜時または頂点時は同側歯のそれに比し明らかに短かい（2.5-6.0 msec）。この潜時の差は Lund and Sessle (1974) が g. coronalis anterior や g. sigmoideus の歯髄応答細胞の unitary response で観察した成績と一致する。この様に各歯髄応答細胞につき、その受容野の数や選択性を調べると、1歯型から8歯型細胞まで分類できる。図8Aは受容野数を検定できた34個の細胞につき、各歯型細胞の出現頻度を表わす histogram である。概観して、1歯型細胞が多いのに対し、複数歯型細胞は少ない。ちなみ



CAT # 1952; T-2, U-187

図7 下顎左側白歯および上・下顎右側白歯刺激に応ずる3歯型細胞。縦軸・符号・実験条件は図5と同じであるが横軸の1 binの時間は0.5 msecであって、刺激後の観察時間は図5の半分となっている。

に1歯型細胞は13個(38%)、と一番多く、2歯型、3歯型、4歯型、5歯型、7歯型の細胞はそれぞれ6(18%)、7(20%)、2(6%)、4(12%)、2(6%)個と少ない。また、6歯型、8歯型の細胞は検出できなかった。この事実はS_Iの2野と5a、5b野の境界部には特定歯髄から単独の入力を受けるものが多く、point to point 的対応が比較的良く保たれていることを示唆する。これは歯髄情報の位置的特徴抽出に好都合の機構と言えよう。

一方、同じ歯髄応答細胞について、歯の種類ごとによる位置選択性を調べた。図8Bは犬歯または白歯だけ1種の歯髄に受容野を持つ細胞と、犬歯と白歯の2種にわたって受容野を有する細胞の出現頻度を表わしたものである。完全

に白歯支配を示す細胞は35個中21個(60%)検出され、犬歯支配のそれはわずかに1個(3%)だけであった。また、犬歯と白歯の2種にわたって受容野を持つ細胞は13個(37%)あったが、その内訳は白歯優性を示すもの9個、犬歯優性のもの1個であった。従ってS_I細胞の白歯支配は圧倒的多数といえよう。

さらに、36個の歯髄応答細胞につき、対側、同側、両側支配性を調べたところ、図8Cのように、対側支配を受けるもの13個(36%)、同側支配を受けるもの9個(25%)、両側支配を受けるもの14個(38%)であった。両側性支配を受ける細胞のうち、明らかに対側優性を示すものは8個、同側性を示すものは4個であった。

計測 units 数が少ないので、早急に結論づけられないが、著者らの放電型と歯の選択性を対比した印象では、I型放電をする細胞は歯髄の位置選択性が勝れ、特定の単一歯または比較的限局した隣接歯に受容野を持つものが多かった。またII型放電をする細胞は歯髄の位置選択性が悪く、歯髄以外に、歯根膜、歯肉、口唇などの機械的刺激にも応ずるものが多いように思われた。しかし、放電型と支配側の優位性(lateral dominancy)、上下顎の優位性(maxillomandibular dominancy)および犬歯、白歯支配の優位性との関係については結論づけられるデータは得られなかった。

考 按

Adrian (1940, 1941)^{1,2)} や Woolsey ら (1943, 1945, 1946, 1947)³⁶⁻³⁹⁾ によって体性感覚野S_Iの他にS_{II}の局在が報告されて以来多くの研究者によってその投射様式が論議されて来た。しかし、S_Iの機能的構成を精査できるようになったのは Mountcastle ら(1957)¹⁵⁾ によって、微細電極描記法(microelectrode mapping method)^{20,22,32,33)} が導入されてからである。Mountcastle, Davies and Berman (1957)¹⁵⁾ Mountcastle (1957, 1961)^{16,17)} はネコのS_Iで、Powell and Mountcastle (1959)¹⁹⁾ はサルで、それぞれ体性感覚

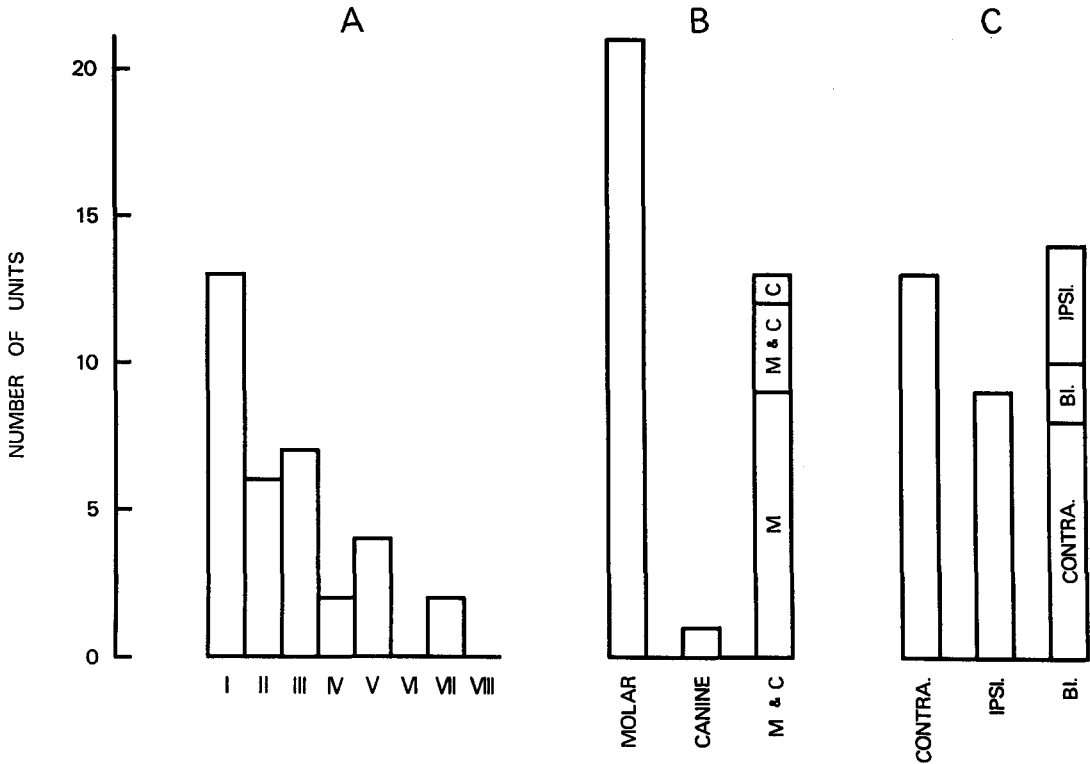


図8 歯髄応答細胞の受容野数, 歯種選択性および支配優勢側を表わす histogram. (A) 歯髄応答細胞の歯型(受容野の数による分類), (B) 臼歯-犬歯優位性および(C) 対側-同側優位性. 縦軸: ユニット数, Aの横軸: I-VIIIはそれぞれ1-8歯型細胞を示す. Bの横軸: MOLAR: 臼歯刺激にのみ応ずる細胞. CANINE: 犬歯刺激にのみ応ずる細胞. M & C: 臼歯および犬歯刺激の両方に応ずる細胞. Cの横軸: CONTRA.: 対側の歯髄刺激にのみ応ずる細胞, IPSI.: 同側の歯髄刺激にのみ応ずる細胞, BI.: 両側の歯髄刺激に応ずる細胞. BI.-column上のCONTRA., IPSI.はそれぞれ優勢側を表わし BI. はどちらとも優勢側を決めかねる細胞数を表わしている.

投射の様相特異性 (mode specificity) と受容野の周辺抑制および円柱配列 (columnar arrangement) を実証し, 中枢における皮膚感覚の情報処理過程を明確にした。さらに, Werner and whitsel (1968)³⁴⁾はサルの上 S_I への投射特性は同型復原 (isomorphic replication) 的であって, 動物の行動に大きな役割をする手, 顔などの皮膚占出面積が大きいことなどを実証した。また, Carreras and Andersson (1963)⁶⁾はネコの上 S_I でもモザイク的の円柱機能がみられ, 両側性投射を受けることを報告したが, Whitsel, Petrucelli and Werner (1969)³⁵⁾はサルの上 S_I 後部では neuron 配列に規則性が乏しいが, 侵害刺激にのみ応ずる部位があると主張した。その後今日に到る

まで, 同種の実験が多く動物で行われ, その業績は枚挙にいとまがない。そのうちで, Darian-Smith (1964)⁷⁾は三叉神経支配領域からの afferent は視床のVPM (nucl. ventralis posteromedialis) を経て, s. ansatus の周囲に投射する事実から S_I の存在を示唆する報告を行い, 次いで, Landgren ら (1967)¹¹⁾は上顎三叉神経刺激により, 横田 (1972 a, b)^{40, 41)}もまた下顎神経刺激の実験により三叉神経支配領域からの体性感覚皮質投射は, S_I, S_I および S_{II} へ三重再現的に行われていること。ならびに S_{II} にも顔面野のあることを報告した。

S_I に face area が存在するとすれば, そのどこかに歯髄, 歯肉, 口唇など口腔諸構造からの投射が見出される可能性が想定される。我

々はこの想定から本実験をすすめ、S_I (Hassler and Muhs-Clemente 1964)⁸⁾の5野の一部には歯髄応答細胞が検出されることを実証し、そのneuronの性質について報告した。恐らく、S_I領域のtooth pulp neuronの報告は初めてのことであろう。

動物の歯髄に電気刺激を与え、体性感覚野から誘発電位を記録したのはMelzack and Hagen (1957)¹³⁾が最初であった。彼らはネコの冠状回と中シルビウス回の腹側部の2箇所(S_IとS_{II})から、それぞれ性質の異なる誘発電位が発生することを発見した。S_Iのものは短潜時で対側性に投射され、笑気ガスに侵され難いのにに対し、S_{II}のそれは長潜時で両側性に投射され、笑気ガスに侵されやすかった。その後現在まで歯髄afferentの正確な投射部位と歯髄応答ニューロンの性質を研究の主目的とした論文は10指に余るが、ネコではVyklickyら(1972)³¹⁾、鈴木ら(1977)²⁵⁾が誘発電位を用い、Anderssonら(1973)⁹⁾、Lund and Sessle (1974)¹²⁾、Kellerら(1974)⁹⁾、Nishiyama and Sakai (1975)¹⁸⁾、Anderssonら(1977)⁹⁾はfield potentialとunitary dischargeを指標に、サルではVan Hasselら(1972)²⁹⁾、Biedenbachら(1979)⁹⁾が、ラットではShigenagaら(1974)²³⁾、楠山(1977)¹⁰⁾がそれぞれunitary dischargeを指標にした成績が報告されている。しかしながら、上記のほとんどはS_I、S_{II}の成績であるから、著者らのS_{II}の成績と直接比較はできがたい。

Van Hasselら(1972)²⁹⁾はサルの実験で、切歯(複数)に埋め込まれた刺激電極が歯髄以外の組織を刺激しないことを確かめた後、gyrus centralis posterior(特に中心溝の底部)の細胞の興奮性を微細電極で記録し、69 units中38 units(55%)が歯髄刺激に应答することを検出した。そのうち、単1歯の刺激だけに応ずるものは19個、2歯以上の刺激に応ずるもの11個、歯髄の他に歯肉または歯周膜の刺激に応ずるものが8個あったという。この成績は最近Biedenbachら(1979)⁹⁾が得たサルの

成績と一致する。我々のネコのS_{II}の成績もまた、1歯型や複数歯型およびpolymodalな細胞が得られたことなど前二者の成績と定性的に一致する。しかし、我々の歯髄応答細胞の出現率はわずかに(5.3%)であったから、その細胞の出現率では一致しない。これは実験動物の違いと、検索部位の相違によるものであろう。Anderssonら(1977)⁹⁾はネコのg. coronalis(S_I)とg. suprasylvius anterior(S_{II})で、S_Iは対側支配を受けるのに対し、S_{II}は両側支配を報告している。この両側支配は我々のS_{II}でも見られるところであり、歯髄のみならず、口唇、ヒゲからの収縮を示す成績は彼らが細胞内記録で証明したpolymodal細胞の所見と一致する。

また、対側支配性細胞と同側支配性細胞の潜時は、前者で明らかに短かったが、この所見もまたShigenagaら(1974)²³⁾のラットのS_I、S_{II}の成績およびAnderssonら(1973)⁹⁾のサルのそれと一致する。

文献によれば殆どどの研究者は犬歯または切歯1本だけを刺激部位として選んでいるに過ぎない。一番多いBiedenbachら(1979)⁹⁾でも上顎の1本の同側中切歯、または対側切歯2本と1本の臼歯の合計4本を使っただけに過ぎない。我々は電極を装着できる歯牙は全部選び、8本の歯髄を順次刺激できるようにした。従って、歯髄応答細胞の受容野の検出については充分広範囲の観察を行ったつもりである。そのうちで、1歯型の細胞の出現率の多かったこと、これらの細胞のほとんどは臼歯支配が圧倒的であった事実は強調されるべき所見と思われる。

Mountcastleによれば、刺激部位判定の精度は、①中枢細胞で検出される末梢受容野の大きさ、②刺激を受ける部位の周辺構造物から受ける入力によって起される抑制機構、の2つにより決まるといふ。歯痛感覚生成の中枢機構については今一步おくとしても、ただ1歯だけを受容野とする皮質細胞の生理学的機能については、歯痛の位置認識と関連づけた役割を想定してもよさそうである。またRichardson and

Cody (1977)²¹⁾および著者ら(1977, 1978)^{25, 28)}によりすでに報告された如く、皮質細胞でみられた歯周組織と歯髄入力の干渉効果(主に抑制的)は他の構造物からの入力を抑制し、歯髄痛覚に対する注意集中の機構を助力するのであろう。しからば複数歯型細胞の役割はどのように解釈してよいであろうか、Biedenbach²⁹⁾は複数歯型細胞は痛覚伝達系への抑制効果を及ぼす B-neuron の放電を減却せしめ、その結果かえって歯痛を増強すると考えている。

一方、Van Hassel and Harrington (1972)³⁰⁾はヒトの歯牙に電極を装着し、主観的に閾値を求めた実験から、前歯部は臼歯部に比し位置認識が良好であったといっている。しかし、我々のネコの実験では、前歯部に受容野を持つ1歯型細胞は殆んど見られなかった。この彼我の成績の相異は今後に解決を待つべきものである。

結 論

ネコの上顎、下顎、左右の犬歯および臼歯(合計8本)の歯髄に電気刺激を与え、大脳皮質体性感覚野 S_{II}において unitary discharges を記録した。各記録細胞の性質をその放電様式によって検討したところ、以下の事項が明らかにされた。

1. S_{II}において、口唇やヒゲの触覚刺激と共に特定歯髄の電気刺激に応ずる歯髄応答細胞(tooth pulp neuron)が記録された。

2. 歯髄応答細胞は放電型によって次の二種類に大別された。

I型細胞：短い潜時(5-15 msec)の initial burst で応答する細胞。

II型細胞：長い潜時(10-50 msec)の initial burst と after discharge を伴って応答する細胞。

3. II型細胞の initial burst と after discharge の間でみられる silent period の幅は、刺激強度が大きい場合はその対数に比例し、刺激強度が小さい場合は逆比例する傾向があった。
4. ただ1歯だけの刺激に対して選択的に応答する1歯型細胞が一番多く見出され(38%) S_{II}における歯髄性痛覚の局在部位認識の神経機構が暗示された。
5. 歯髄応答細胞について、歯の種別ごとによる位置選択性をみると、臼歯支配が圧倒的に優勢であった。
6. 各細胞の対側、両側、同側支配性をしらべると、いずれもほぼ同率で見出され、S_{II}領域は歯髄に関しても両側からの支配を受けていた。
7. しかし、I型、II型の放電型と支配側の優位性(lateral dominancy)、上、下顎の優位性(maxillomandibular dominancy)および犬歯、臼歯支配の優位性との間には明確な関連がみられなかった。

Abstract: The unit activities elicited by electrical stimulation of the tooth pulp of the canines and molars were recorded in somatosensory area III (S_{II}). The firing properties and the receptive fields of the single neurons were mainly studied. The neurons recorded were classified into two types by their responses. Type I was characterized by well-synchronized initial spikes of short latencies (5-15 msec.). Type II was categorized by the less-synchronized initial bursts of long latencies (10-50 msec.) followed by prolonged after-discharges. They were responded not only to pulpal stimulus but also to other types of stimulation such as mechanical stimuli applied to periodontal tissue, lips and facial skin. Although a few exceptional cells were found, most of the cells were excited bilaterally. The pulp-driven population was divided into several functional subsets; those excited from one pulp only (mono-tooth type) and those excited from more than one pulp (multi-teeth type). The population of the former type was relatively higher (38%) than the later. The canine-molar dominancy shows a prevalence to molar innervation compared with the canine one. It was discussed that the functional role of the mono-tooth type neurons seems to be capable of localizing pulpal stimuli.

文 献

- 1) Adrian, E. D. : Double representation of the feet in the sensory cortex of the cat. *J. Physiol.*, 98 : 16-18, 1940.
- 2) Adrian, E. D. : Afferent discharges to the cerebral cortex from peripheral sense organs. *J. Physiol.*, 100 : 159-191, 1941.
- 3) Andersson, S. A., Keller, O. & Vyklicky, L. : Cortical activity evoked from tooth pulp afferent. *Brain Res.*, 50 : 473-475, 1973.
- 4) Andersson, S. A., Keller, O., Roos, A. & Rydenhag, B. : Cortical projection of tooth pulp afferents in the cat. In: D. J. Anderson and B. Matthews (Eds.), *Pain in the Trigeminal Region*, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam, pp. 355-364, 1977.
- 5) Biedenbach, M. A., Van Hassel, H. J., & Brown, A. C. : Tooth pulp-driven neurons in somatosensory cortex of primates : Role in pain mechanisms including a review of the literature. *Pain*, 7 : 31-50, 1979.
- 6) Carreras, M. & Andersson, S. A. : Functional properties of neurons of the anterior ectosylvian gyrus of the cat. *J. Neurophysiol.*, 26 : 100-126, 1963.
- 7) Darian-Smith, I. : Cortical projections of thalamic neurones excited by mechanical stimulation of the face of the cat. *J. Physiol* 98 : 163-178, 1964.
- 8) Hassler, R. & Muhs-Clemente, K. : Architektonischer Aufbau des sensomotorischen und parietalen Cortex der Katze. *J. Hirnforschung*, 6 : 379-420, 1964.
- 9) Keller, O., Butkhuzi, S. M., Vyklicky, L. & Brozek, G. : Cortical responses evoked by stimulation of tooth pulp afferents in the cat. *Physiol. Bohemoslovaca*, 23 : 45-53, 1974.
- 10) 楠山万寿夫 : ラット大脳皮質一次体性感覚領の層的構造からみた下顎切歯歯髄刺激に反応するニューロンの局在と性質について, 阪大歯学誌, 22 : 141-157, 1977.
- 11) Landgren, S., Silfvenius, H. & Wolsk, D. : Vestibular, cochlear and trigeminal projections to the cortex in the anterior suprasylvian sulcus of the cat. *J. Physiol.*, 191 : 561-573, 1967.
- 12) Lund, J. P. & Sessle, B. J. : Oral-facial and jaw muscle afferent projections to neurons in cat frontal cortex. *Exp. Neur.*, 45 : 314-331, 1974.
- 13) Melzack, R., Haugen, P. : Responses evoked at the cortex by tooth stimulation. *Amer. J. Physiol.*, 190 : 570-574, 1957.
- 14) Merzenich, M. M., Kaas, J. H., Sur, M. & Lin, C. : Double representation of the body surface within cytoarchitectonic area 3b and 1 in "SI" in the owl monkey (*Aotus trivirgatus*). *J. Comp. Neur.*, 181 : 41-74, 1978.
- 15) Mountcastle, V. B., Davies, P. W. & Bertram, A. L. : Response properties of cat's somatic sensory cortex to peripheral stimuli. *J. Neurophysiol.*, 20 : 374-407, 1957.
- 16) Mountcastle, V. B. Modality and topographic properties of single neurons of cat's somatic sensory cortex. *J. Neurophysiol.*, 20 : 408-434, 1957.
- 17) Mountcastle, V. B. : Some functional properties of the somatic afferent system, *Sensory Communication* (edited by W. A. Rosenblith), PP 403-436, MIT Press, Cambridge, 1961.
- 18) Nishiyama, Y. & Sakai, Y. : Unit activity in somatosensory area II (SII) and tooth pulp stimulation in a cat. *Jap. J. Physiol.*, 25 : 401-415, 1975.
- 19) Powell, T. P. S., and Mountcastle, V. B. : Some aspects of the functional organization of the cortex of the postcentral gyrus of the monkey : A correlative of findings obtained in a single unit analysis with cytoarchitecture. *Bull. Johns Hopkins Hosp.*, 105 : 133-162, 1959.
- 20) Pubols, B. H., Pubols, L. M., Dipette, D. J. & Sheeley, J. C. : Opossum somatic sensory cortex : A microelectrode mapping study. *J. Comp. Neur.*, 165 : 229-246, 1976.
- 21) Richardson, H. C. & Cody, F. W. : Responses of cerebral neurons to trigeminal inputs in the rat. In: D. J. Anderson and B. Matthews. (Eds) *Pain in the trigeminal region*. Elsevier / North - Holland Biomedical Press, pp. 343-354, 1977.
- 22) Rubel, E. W. : A comparison of somatotopic organization in sensory neocortex of newborn kittens and adult cats. *J. Comp. Neur.*, 143 : 447-480, 1971.
- 23) Shigenaga, Y., Matano, S., Kusuyama, M. & Sakai, A. : Cortical neurons responding to electrical stimulations of the rat's incisor pulp. *Brain Res.*, 67 : 153-156, 1974.
- 24) Sur, M., Nelson, R. J. & Kaas, J. H. : The representation of the body surface in somatosensory area I of the grey squirrel. *J. Comp. Neur.*, 179 : 425-450, 1978.
- 25) 鈴木 隆, 八幡文和, 平 孝清, 松本範雄, 林謙一郎 : 歯髄の選択電気刺激で得られた大脳皮質誘発電位の局在性について, 岩手医大歯誌, 2 : 86-97, 1977.
- 26) 鈴木 隆, 松本範雄, 平 孝清, 高松隆常, 林謙一郎, Tungsten 微細電極による marking technique の改良 ; ネコの大脳皮質 S₁ area で

- 検出された歯髄性応答 neuron の局在証明への応用, 岩手医大歯誌 2, 136-144, 1977.
- 27) 鈴木 隆, 平 孝清, 松本範雄, 林謙一郎: 大脳皮質単一細胞の歯髄性応答電位のデータ処理に関するプログラム化の試み. 岩手医大歯誌 2-9-21, 1977.
- 28) 平 孝清, 松本範雄, 高松隆常, 鈴木 隆: ネコの大脳皮質でみられる歯髄性入力と体性入力の干渉効果, 歯科基礎医誌 20 : 199, 1978.
- 29) Van Hassel, H. J., Biedenbach, M. A. & Brown, A. C. : Cortical potentials evoked by tooth pulp stimulation in rhesus monkeys. *Arch. oral Biol.*, 17 : 1059-1066, 1972.
- 30) Van Hassel, H. J. & Harrington, G. W. : Localization of pulpal sensation. *Oral Surg.*, 28 : 753-760, 1969.
- 31) Vyklicky, L., Keller, O., Brozek, G., Butkhuzi, S. M. : Cortical potentials evoked by stimulation of tooth pulp afferents in the cat. *Brain Res.*, 41 : 211-213, 1972.
- 32) Welker, C. : Microelectrode delineation of fine grain somatotopic organization of Sml cerebral neocortex in albino rat. *Brain Res.*, 26 : 259-275, 1971.
- 33) Welker, C. : Receptive fields of barrels in the somatosensory neocortex of the rat. *J. Comp. Neur.*, 166 : 173-190, 1976.
- 34) Werner, G. & Whitsel, B. L. : Topology of the body representation in somatosensory area I of primates. *J. Neurophysiol.*, 31 : 856-868, 1968.
- 35) Whitsel, B. L., Petrucelli, L. M. & Werner, G. : Symmetry and connectivity in the map of the body surface in somatosensory area II of primates. *J. Neurophysiol.*, 32 : 170-183, 1969.
- 36) Woolsey, C. N. : "Second" somatic receiving areas in the cerebral cortex of cat, dog and monkey. *Fedn Proc.*, 2 : 55, 1943.
- 37) Woolsey, C. N. : Patterns of sensory representation in the cerebral cortex. *Fedn Proc.*, 6 : 437-441, 1947.
- 38) Woolsey, C. N. & Fairman, D. : Contralateral, ipsilateral and bilateral representation of cutaneous receptors in somatic areas I and II of the cerebral cortex of pig, sheep and other mammals. *Surg.*, 19 : 684-702, 1946.
- 39) Woolsey, C. N. & Wang, G. H. : Somatic sensory areas I and II of the cerebral cortex of the rabbit. *Fedn Proc.*, 4 : 79, 1945.
- 40) 横田敏勝: 三叉神経系の電気生理学的研究; 第1報 下歯槽神経の大脳皮質投射, 歯基礎誌, 14 : 316-322, 1972.
- 41) 横田敏勝: 三叉神経系の電気生理学的研究; 第2報 体性感覚領SⅡの機能構築, 歯基礎誌, 14 : 530-538, 1972.