

Title	ラット下顎神経知覚枝の中枢内投射様式及び投射量の配分について
Author(s)	竹村, 元秀
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/35179
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

ラット下顎神経知覚枝の中枢内投射様式及び
投射量の配分について

竹村元秀

昭和61年1月9日受付

緒言

三叉神経の1次求心性線維の中枢内投射についての研究は古くからなされて来た。即ち正常脳幹のゴルゲ鍍銀法¹⁾、三叉神経節部分破壊もしくは三叉神経根部分切断後の脳幹部変性軸索鍍銀法^{2,3,4)}や、オートラジオグラフィ法を使用したもの⁵⁾等がある。しかしこれらの方法では三叉神経全体としての投

射領域あるいはその主要3枝の投射領域の区別は可能であるが、末梢各枝の1次求心性ニューロンの投射部位の探求は困難で、これについてはなされていない。そこで任意の末梢枝の1次求心性ニューロンの中枢内終末を標識する方法として末梢神経切断後におこる中枢枝内の fluoride-resistant acid phosphatase 濃度の低下を検出する方法 (Rustioni ら, 1971⁶⁾) や、軸索末梢枝切断後に受傷1次求心性ニューロン中枢枝及びその終末におこるとされる越神経節変性を鍍銀法によって検出する方法 (Grant ら, 1975⁷⁾; Westrum ら, 1976⁸⁾; Arvidsson ら, 1979⁹⁾) が報告されている。しかし前者は特定の神経線維 (C 及び A δ 線維の一部) にしか適用できず、後者については越神経節変性と呼ばれるものを、光顕的及び電顕的に Westrum ら (1977)^{10, 11)} 及び Gobel ら (1977)¹²⁾ がネコで、Arvidsson (1979)¹³⁾ がラットで報告しているものの、変性軸索が切断を受けた1次求心

性ニューロンの中枢枝であるとの直接的な証明はいまだなされておらず、更にCsillikら(1978)¹⁴⁾はラット脊髄神経末梢枝切断後、1次求心性ニューロンには変性がみられないことを報告し、Sugimotoら(1982)¹⁵⁾はネコで軸索末梢枝の切断を受けた1次求心性ニューロンをHorseradish peroxidase (HRP)法を用いて標識し、その中枢枝が光顕的にも電顕的にも正常な形態を維持することを報告している。これらの所見より従来の越神経節変性と呼ばれて来た変化は、1次求心性ニューロンの中枢内終末を標識する手段として適切であるとは言い難い。これに対して、Mesulamら(1979)¹⁶⁾のHRPによる越神経節標識法はHRPを末梢神経に付着させることにより、その1次求心性線維の中枢内終末を明確に示すことが出来、個々の末梢枝の中枢内投射様式の研究には優れた方法である。

上記の観点より著者は、三叉神経第3枝の下顎神経の主要な知覚枝である舌神経(LN

)、頬神経(BN)、下歯槽神経(IAN)、
、オトガイ神経(MN)、顎舌骨筋神経皮枝
(MhN)、耳介側頭神経(AtN)の中枢
内終末をHRPによる越神経節標識法で検索
し、更に各知覚枝の脳幹脊髄内諸核への投射
量の配分を検討し、興味ある知見を得たので
報告する。

実験方法

成熟雄性 S-D 系ラット (体重約 200 g) 33 匹を用いた。LN (6 例), BN (5 例), IAN (4 例), MN (10 例), MhN (4 例) 及び A₁N (4 例) の各知覚枝を切断し、中枢側切断端を HRP 溶液に浸漬してそれぞれの 1 次求心性ニューロンを標識し、Tetra-methyl benzidine (TMB) により組織化学的処理を施した後、組織学的検索並びに量的解析を行った。

I. 手術術式並びに組織学的研究方法

ウレタン (1.3 g / kg, 腹腔内投与) 麻醉下で、各知覚枝を下記の術式で切断した。手術はすべて動物の左側に行った。LN は顎下部皮膚を切開し、顎舌骨筋を裂き、その深部を通る LN を切断した。BN は頬部皮膚を切開し、咬筋を裂き、下顎枝前縁から約 3~5 mm 末梢側で切断した。IAN は頬部皮膚を切開し、咬筋を裂き、下顎枝を露出し、齒科

用ラウンドバーで下顎管を開放し、下顎孔より約3~5mm末梢側で切断した。MNはオトガイ孔付近の皮膚を切開し、オトガイ孔より約3~5mm末梢側で切断した。MhNは顎下部皮膚を切開し、顎舌骨筋の表面に出たMhNを約3~5mm末梢側で切断した。AtNについては耳介前部皮膚を切開し、下顎枝後縁から約3~5mm末梢側でAtNの神経束をまとめて切断した。各知覚枝の中枢側切断端約3~5mmをパラフィルムにより周囲組織から隔離し、50% HRP, 2% Dimethyl sulfoxide 生食水溶液で満たしたポリエチレンチューブに挿入し、2時間に亘り浸漬を行った。なおLNについては浸漬を行う直前に、鼓室内で鼓索神経を切断した。HRP溶液浸漬後中枢側切断端を生食水で洗浄し、HRP溶液の周囲組織への浸潤を防ぐため、ワセリンで切断端をおおった。

HRP溶液浸漬後24時間もしくは48時間動物を生存させた後、ジエチルエーテル麻酔下

で動物を開胸し、右心耳を切開後、左心室より100 cc 生食水溶液を灌流し、続いて500 cc の1%パラホルムアルデヒド、1.25%グルタルアルデヒド、0.1 Mリン酸Na緩衝液(pH 7.4)を約30分に亘って灌流固定した。さらに凍結による組織への損傷を防ぐため、4°Cの10%蔗糖、0.1 Mリン酸Na緩衝液(pH 7.4) 500 cc を約30分に亘って灌流した。灌流終了後ただちに開頭し、中脳から上部頭髓までを摘出し、これを4°Cの30%蔗糖、0.1 Mリン酸Na緩衝液を入れた容器に入れ、底に沈むまで即ち24時間以上浸漬を行った後、厚さ60 μm の連続凍結横断切片を作製した。HRP標識の検出には、Mesulamら(1979)¹⁶⁾のTMB法を用い、中性紅で対比染色後、光学顕微鏡で検索した。

HRP反応産物は、明視野では黒褐色の、暗視野では黄金色の顆粒として認められた。核内に認められた顆粒のうち、図1の矢印で

示すごとく直鎖状に列をなして追うことが出来るものを標識通過線維とし、それ以外のものを標識終末とした。

図1

II. 術後生存期間の決定

1次求心性ニューロン中枢内終末の検索に適した標識を得るため、HRP浸漬部から三叉神経節までの距離が最も長いMNを用いてHRP溶液浸漬後の生存期間の決定を行った。HRP溶液浸漬終了後4時間(2例)、6時間(1例)、12時間(2例)、24時間(1例)、48時間(2例)、72時間(2例)について検討した。

III. 中枢内標識終末の量的解析法

神経例毎に、後述の各領域(神経核、亜核等)の標識終末量 q_1 が脳幹脊髄内の全標識終末量 $\sum q_1$ に占める百分率を求め、これを各神経例の各領域への投射量配分とした。図2でLN例(動物番号LN-02)を用いて三叉神経脊髄路核吻側亜核(SpV₀)へのLN

の投射量配分% (LN, SpVo) を求める方法を示す。

SpVo 内の標識終末量 q_1 (LN, SpVo) は次式で表わされる。

$$q_1 (LN, SpVo) = (SpVo \text{ 内標識終末域の体積, } V) \times (SpVo \text{ 内の標識終末平均密度, } D)$$

$$V = (\text{代表1切片上での SpVo 内標識終末域横断面積, } A) \times (SpVo \text{ の吻尾長, } L)$$

横断面積 A は SpVo を含む連続切片 (No. 14 ~ 48, 35枚) 中標識終末域が最大であった No. 30 をもって代表し、顕微鏡描画装置で切片をトレース後、画像解析装置 (MUTOH 社製, DIGIGRAMMER, G-2) を用い、その終末域面積を実測し、拡大倍率により実際の面積に換算して $A = 52.5 \times 10^3 \text{ } \mu\text{m}^2$ を得、これに連続切片の厚さ $60 \mu\text{m}$ 及び SpVo

を含む切片 (No. 14~48) の枚数 35 をかけて体積 $V = 11.0 \times 10^7 \text{ cm}^3$ を得た。

標識終末密度は実験例毎に全切片、全領域を通じて最も高いものから順に 3, 2, 1 の点数を与え、標識終末を認めないものは 0 とした。こうして得た基準に従い、 SpV_0 を含む 35 枚の切片それぞれで標識終末域の密度を評価し、その点数の算術平均値 $D = 2.0$ を求め、体積 V をかけて $q1(LN, SpV_0) = 22.0 \times 10^7 \text{ cm}^3$ が算出される。

上記の方法に従い、脳幹脊髄内の全ての領域について求めた $q1$ の総和 $\sum_{\text{キ}} q1(LN)$ に対する $q1(LN, SpV_0)$ の百分率

$$\% (LN, SpV_0) = 100 \times \frac{q1(LN, SpV_0)}{\sum_{\text{キ}} q1(LN)}$$

の他の LN 例 (5 例) を含めた平均値が LN の SpV_0 に対する投射量配分となる。

図 2

研究結果

I. 脳幹脊髄内諸核の分類

今回の実験で検索した知覚枝の1次求心性ニューロンの投射領域は、三叉神経知覚核群及びそれに付随する核群、孤束核 (S_n) 及び小細胞性網様核 (RPC) であった。これらの領域はすべて Torvick (1956)²⁾ を参考に分類し、さらに以下のように区分した。それらの名称及び略号は表1及び表2に示す。

三叉神経知覚核群は主知覚核 (PV) と脊髄路核からなるが、後者はさらに吻側亜核 (SpV_0)、中位亜核 (SpV_i)、尾側亜核 (Medh) に区分した。 SpV_0 、 SpV_i ではそれらの一部である Åström (1953)¹⁾ の背内側核 (dm) を区分した。三叉神経知覚核群に付随する核群として、supratrigeminal nucleus (supraV), paratrigeminal nucleus (paraV, Torvick (1956)²⁾ の promontrium) をも区分した。

Medh は尾側の背髄後角 (Spdh) と機能的にも細胞構築学的にも区別が困難であり (Yokota ら, 1977¹⁷⁾; Gobel ら, 1981¹⁸⁾)、最近では延髄部後角 (Medullary dorsal horn) と呼ばれている。よって今回の実験で投射の認められた第3頸髄レベルまでの Spdh を一括して後角 (dh) と表わし、Rexed (1952)¹⁹⁾ に準じて I ~ V 層に細分した。また上記の諸領域の略号のみを記した場合は HRP 浸漬側とし、反対側については投射が認められた dh のみを cont. lat. で表わし、特に層の細分が必要な場合には、cont. lat. ~ 層として表わすものとする。

表 1, 2

II. 術後生存期間の影響

MN の HRP 溶液浸漬後 4 時間例では標識終末は dh I/II 層及び cont. lat. I/II 層でのみわずかに認められたが、他の領

域では認められなかった (図 3-a)。

術後 6 時間例では dh I/II 層及び
cont. lat. I/II 層の標識終末量は術後 4
時間例に比し著明に増加し、その他に PV
、 SpV₀、 SpV_i、 dh III/IV、 V 層
及び cont. lat. III/IV、 V 層にもわず
かな標識終末が認められた。術後 12 時間例
では dh I/II 層及び cont. lat. I/II
層の標識終末量は 6 時間例から変化なく、他
の領域では 6 時間例と比べてかなりの増加が
認められた (図 3-b)。

術後 24 時間例では dh I/II 層及び cont.
lat. I/II 層の標識終末量は 12 時間例と比
較してさらに増加が認められた。術後 48 時
間例では 24 時間例と比較してどの領域でも
、標識終末量に差が認められなかった (図 3
-c)。

術後 72 時間例では 48 時間例と比較して
dh I/II 層及び cont. lat. I/II 層で標識終
末量の減少が認められたが、他の領域では、

48 時間例とは変化が認められなかった(図 3-d)。

すなわち dh I/II 層及び cont. lat. I/II 層での標識終末量は術後 6 時間までに飽和状態に達し、6 時間から 48 時間の間は変化せず、48 時間以後に減少する。一方それ以外の領域での標識終末量は術後 24 時間までに飽和状態に達し、72 時間に至っても減少の傾向は認められなかった。

これらのことから術後生存期間を、標識終末量がすべての領域で飽和状態を維持している 24 ~ 48 時間とし、MN の 24 または 48 時間の 3 例で投射領域、投射径路及び投射量配分の解析を行った。他の神経例はすべてが、24 または 48 時間の術後生存期間例である。

図 3

Ⅲ. 投射領域について

本研究での知覚枝の中枢内投射は殆んどが同側性であって、対側への投射は極めて少な

く、一部の知覚枝において cont. 1at. にゆす
かに認められたに過ぎなかった。

1. 舌神経 (LN, 図4): LN は PV, SpVo, SpVi, Medh では吻尾的ほぼ全域に亘り投射するほか、Sn, supraV, paraV, cont. 1at. にも投射したが、Spdh にはほとんど投射しなかった。

PV では背側 $\frac{1}{2}$ のほぼ中央部に、SpVo では dm の背側約 $\frac{1}{2}$ に、SpVi では dm の内側約 $\frac{1}{2}$ に標識終末が認められた (図4-a~d)。
Medh の吻側部では背内側約 $\frac{1}{3}$ の主に I~III 層及び V 層に、中央部及び尾側部では背内側約 $\frac{1}{4}$ の主に I/II 層及び V 層にそれぞれ標識終末が認められた (図4-e, f)。Medh の中央部及び尾側部の高さでは、cont. 1at. の最背内側縁の I~V 層にもゆすかに標識終末が認められた (図4-f)。

Sn では SpVo の中央から Medh の吻側部に亘る高さの外側部に標識終末が認められた (図4-b~e) が、SpVo, SpVi の高さで

は更に背内側部にも少量の標識終末が認められた。PVと同じ高さには存在する supraV では吻尾的ほぼ全長に亘る外側部に (図4-a)、又 SpV_i と同じ高さの三叉神経背髄路 (tract) 内に存在する paraV ではその背側部全域 (図4-c, d) に LN の標識終末が認められた。

図4

2. 頰神経 (BN, 図5): BN は PV, SpV_o, SpV_i の吻尾的ほぼ全長に亘り投射したが、Medh 吻側部へはほとんど投射せず、Medh の中央部から Spdh の吻側部に亘って投射した。cont. lat. へは投射は認められなかったが、S_m, supraV, paraV への投射は認められた。

PV では背側約 1/3 の腹側部に、SpV_o では dm の内側部に、SpV_i では dm の内側部と背側にそれぞれ標識終末が認められた (図5-a~e)。Medh の中央部から Spdh の吻側部にかけてはその背内側約 1/4 の外側部の I~V

層に標識終末が認められた(図5-f)。

SmではSpV₀の中央からSpV_iの尾側部の高さにかけてその外側部に標識終末が認められた(図5-b~e)。SupraVではその吻尾的ほぼ全長に亘る外側部(図5-a)に、paraVではその吻尾的中央部の背側部の外側よりに(図5-d)それぞれ標識終末が認められた。

図5

3. 下齒槽神経(IAN, 図6): IANはPV, SpV₀, SpV_i, dhの吻尾的ほぼ全長に亘り投射するほか、cont. lat., Sm, SupraV, paraV及びrpcにも投射した。また他の神経例と異なり、IAN例のみで中脳路核(MesV)の起始細胞が逆行性に標識された。

PVでは背側約 $\frac{1}{3}$ のうち、三叉神経上行枝(root)と接する核の外側縁及び腹側中央部を除く部分に標識終末が認められた(図6-a)。SpV₀ではdmの背側約 $\frac{1}{2}$

、 SpV_i では dm の内側約 $\frac{1}{2}$ に標識終末が認められた (図 6-b~d)。Medh の吻側部では背内側約 $\frac{1}{4}$ の主に III~V 層に (図 6-e)、Medh の中央部から Spdh の尾側部にかけては背内側約 $\frac{1}{4}$ の I~V 層に (図 6-f) それぞれ標識終末が認められ、その領域は Medh の方が Spdh に比べて広がった。cont. lat. では Medh の尾側部から Spdh の吻側部の高さになる最背内側縁の I~V 層に標識終末が認められた (図 6-f)。

Sn では SpV_0 の中央から Medh の吻側部の高さになる主に外側部に標識終末が認められた (図 6-b~e)。suprav ではその吻尾的全長の主に内側部に (図 6-a)、parav ではその吻側部の背側部の内側よりに (図 6-c~d) それぞれ標識終末が認められた。

上記投射領域以外に IAN 例でのみ SpV_0 の中央から SpV_i の尾側部の高さになる rpc の背側部にも標識終末が認められた (図 6-b~d)。

, f, 7-dnf)。

図7

5. 顎舌骨筋神経皮枝 (MhN, 図8):
MhN は PV, SpV₀, SpV_i の吻尾的ほぼ
全長に亘り投射するが、Medh にはほとんど
投射せず、Spdh に主に投射した。cont. lat.
, Sn, supraV, paraV への投射は認め
られなかった。

PV, SpV₀ では背側約 $\frac{1}{3}$ の root もしく
は tract と接する外側縁に、SpV_i では背内
側約 $\frac{1}{3}$ の tract と接する背側縁の中央よりに
標識終末が認められ、SpV₀, SpV_i 内の
dm には標識終末は認められなかった (図8
- a ~ c)。Spdh では内側約 $\frac{1}{5}$ の I ~ V 層
に標識終末が認められた (図8 - e, f)。

図8

6. 耳介側頭神経 (AtN, 図9): AtN
は PV, SpV₀, SpV_i の吻尾的ほぼ全長に
亘り投射するが、MhN と同様 Medh にはほ
とんど投射せず Spdh に主に投射した。cont.

1at., Sn, supraV, paraV には MnN と同様投射が認められなかった。

PV, SpV₀ では背側約 1/2 の root もしくは tract と接する外側縁に標識終末が認められたが、前記 MnN より腹側よりであった。

SpV_i では内側約 1/2 の tract と接する背側縁の外側よりに標識終末が認められたが、MnN と同様 SpV₀, SpV_i 内の dm には標識終末は認められなかった (図 9-a~c)。Spdh では内側約 1/2 の外側部の I~V 層に標識終末が認められた (図 9-e, f)。

図 9, 10

図 10 は上記各知覚枝の投射領域の相対的位置関係を示したものである。すなわち今回検索した知覚枝のすべてが PV, SpV₀, SpV_i の吻尾的ほぼ全長に亘って投射し、MnN, AtN はそれらの亜核のうち root もしくは tract と接する外側縁 (PV, SpV₀) 又は背側縁 (SpV_i) に、MN はそれら領域に接

する内側部 (PV , SpV_0) 又は腹側部 (SpV_i) に投射した。MN との重複部を除く IAN , LN , BN の投射領域は MhN , $A\pm N$, MN の領域のさらに内側 (PV , SpV_0) 又は腹側 (SpV_i) を占めた (図 10-a~c)。すなわち SpV_0 , SpV_i 内に限って言えば LN , BN , IAN , MN は dm に投射し、 MhN , $A\pm N$ は dm には投射しなかつた。一方 dh では最吻側部に LN が、続いて IAN , MN , BN が、最尾側部には MhN , $A\pm N$ が主に投射し、 IAN と MN ではその投射領域に差は認められなかつた (図 10-d~f)。 $Medh$ では LN , IAN , MN は皆内側よりに、 BN は外側よりに投射し、 $Spdh$ では MhN が内側よりに、 $A\pm N$ が外側よりに投射した。

S_n , $supraV$, $paraV$ へは LN , BN , IAN の投射はみられたが、 MN , MhN , $A\pm N$ の投射はみられなかつた (図 10-a~c)。cont lat. への投射は、 LN , IAN

、MNのみでみられ、その領域はMedhとSpdhの移行部の最背内側縁のI~V層に限られ、これらの神経間で著明な差は認められなかった(図4-f, 6-f, 7-e)。

上記諸領域の他、IANの1次求心性ニューロンはrpcへの投射を示した。IAN例でのみMesVの起始細胞体が逆行性に標識されたことより、MesVに細胞体を持つ1次求心性ニューロンがrpcへ投射したものと推測される(Matesz, 1981²⁰; Ruggieroら, 1982²¹; Walbergら, 1984²²)。この1次求心性ニューロンは、歯根膜等の自己受容性感覚に関与するものと考えられる(図6-b~d, 10-b, c)。

IV. 投射径路について.

全ての神経例においてpVの高さでは(図4~9-a) rootの背側約1/2, SpV以下の高さでは(図4~9-b~f) tractの背側約1/2に多量の標識線維が認められたが、これら標識線維はいずれの神経例でもかなり一様

な空間的分布を示し、局在性が認められなかった。PV, SpVo, SpVi, dh では root 及び tract から直接核内の終末領域に標識線維が進入している他、核内を吻尾方向に走向する線維の小束 (deep bundle) 中にも標識線維が認められた。また Sn に投射が認められる神経例では孤束内にも吻尾的に走向する標識線維が認められた。Sn と tract の間に存在する Aström¹⁾ の triangle shaped tract 内にも多くの標識線維が認められたが、これは Sn に投射する神経例に限らず全ての神経例で認められた。以上の標識線維は全て HRP 浸漬側にのみ認められ、反対側では認められなかった。

一方 cont. lat に投射が認められた神経即ち LN, IAN, MN 例では (図 4-f, 6-f, 7-e), cont. lat. に標識終末が出現する部位とほぼ同一の高さで dh の最内側部から楔状束核 (Cn) もしくは internal basilar nucleus (ib) の腹側部を経て Cajal の

交連核 (ncom) もしくは nucleus of dorsal commissure (ndc) の背側部に至り、さらに対側では同側に於けると同様の位置を通過して cont. lat. に至った。しかしこの径路は正中線を越える付近からその標識量の減少が認められた。これは正中部付近に1次求心性ニューロンの終末が存在する可能性を示唆する所見であるが、その明確な終末部位は確かめられなかった。

Ⅴ. 投射量配分について (表3, 図11, 12)

rpcへは前記Ⅲで述べたように、IAN中に含まれ、MesⅤ中に細胞体を持つ1次求心性ニューロンの中枢枝が投射すると考えられるため、本研究ではrpcへの投射成分を除く1次求心性ニューロンの投射量配分の解析を行った。その結果、各領域に対する投射量配分により各知覚枝の投射パターンを典型的に分類することが出来た。

その1つの類型はdhへの投射量配分が、

大半を占めるもの（表3，図11）である。この類型を示すものは MN, MhN, AtN である。dh への配分は、MN 59.3%, MhN 68.9%, AtN 88.0% で、いずれも 60% 以上を占め、これに対し SpV₀ への配分は MN 10.0%, MhN 7.7%, AtN 19% で、いずれも 10% 以下である。又これらの知覚枝の dh への投射はその III/IV 層への配分が他層より優勢であり、I/II 層への配分の約 1.5 倍以上（MN 1.44 倍, MhN 1.87 倍, AtN 1.66 倍）であった。更にこれらの知覚枝は Sm, supraV, paraV への投射が全く認められなかった。この類型を示すものを I 型神経とする。

もう一つの類型は dh への投射量配分が比較的少量のもの（表3，図12）である。この類型を示すものは LN, BN, IAN である。dh への配分は、LN 25.4%, BN 22.5%, IAN 39.4% で、いずれも 40% 以下にすぎず、これに対し SpV₀ への配分は LN 14.4%, BN 30.2%, IAN 24.7% で、いずれもかなり多く

約15%以上を占めた。又 dh では I/II 層への配分は IV/IV 層への配分と比べてほぼ同等かそれ以上 (LN 2.56倍, BN 2.0倍, IAN 0.81倍) であり。このため dh の IV/IV 層への配分は前記 1型神経の MN, MnN, AtN にみられた配分にして著しく低い。更にこれら知覚枝の際立った特徴は Sm, supraV, paraV への投射を示したことである。supraV へはいずれの知覚枝もほぼ 25% 程度の配分 (LN 2.9%, BN, 2.4%, IAN 2.5%) を示し。ほとんど差がなかったが、Sm へは LN が極めて多量 (34.3%) の配分を示したのに対し、BN ではその量の約 $\frac{1}{2}$ (16.7%)、IAN では約 $\frac{1}{6}$ (5.6%) にすぎなかった。また paraV への配分は BN が 14.4% で最も多く、次いで LN がその約 $\frac{1}{2}$ の 7.7% で、IAN では 1.3% とかなり少ない値を示した。以上の類型を示すものを 2型神経とする。上記のように特徴のある配分を示したものに対して、PV への配分は LN 4.6%, BN

7.5% , IAN 11.7% , MN 11.3% , MhN
3.9% , AtN 1.2% で、SpV_i への配分は
LN 9.8% , BN 6.3% , IAN 12.6% , MN
16.2% , MhN 19.5% , AtN 9.0% で、各
知覚枝毎にかなりばらつきがあり、他の領域
への投射量配分とも著明な関連がみいだせな
かった。これは cont. lat. への投射の有無
についても同様で、投射を示した LN は 0.9
% , IAN は 2.2% , MN は 3.2% の配分を
それぞれ示した。

表 3, 図 11, 12

考察

ニューロンにとり入れられた HRP が軸索内輸送によって特定の部位に到達し、組織学的に検出されるまでに必要な時間を検索した研究のうちで、ラットを用いて末梢神経の越神経節輸送について報告しているのは Grant ら (1979)²³⁾のみである。Grant らは坐骨神経の越神経節輸送では Spdh の浅層部 (I/II 層) とそれ以外の部分すなわち Spdh の深層部 (III/IV, V 層) 及び薄束核の 2 群との間に、輸送速度ないし標識の検出に必要な潜時に差が見られたと報告している。本研究では越神経節性の輸送速度はやはり dh の I/II 層とそれ以外の三叉神経知覚核群の 2 群間に差がみられた。これは Grant ら²³⁾の研究結果とほぼ一致し、坐骨神経とオトガイ神経での輸送距離の差を考慮すれば本研究で用いた 24~48 時間の術後生存期間は、HRP を用いて越神経節性に標識し得る 1 次求心性ニューロン中

枢内終末を同時に、しかも最大限に観察し得る最適なものであると考えられる。

オートラジオグラフィーや神経根切断、神経節破壊後の変性軸索鍍銀法では脳幹脊髄内諸核への三叉神経1次求心性ニューロンの投射が確認されている^{2, 3, 4, 5)}。これら投射領域の全てが、今回のHRPを用いた研究で検索された6知覚枝のうち少なくとも1枝以上の投射を受けるという事実は、今回の研究が上述のオートラジオグラフィーや変性法によって標識され得る全ての種類の1次求心性ニューロンを標識したものであることを示している。

一方過去において三叉神経1次求心性線維の投射領域として報告され、今回のHRP法で標識されなかった唯一の領域である反対側のSpV_iへはWestrumら(1976)⁸⁾のネコ歯髄除去後の越神経節変性の出現によるのみ投射が確認されている。しかし緒言でも述べたごとく1次求心性ニューロンの越神経節

変性自体に対する疑問が強く、むしろ末梢神経切断が越シナプス性神経破壊を惹起することから多くの研究で知られており^{12, 24, 25)}、従来越神経節変性と呼ばれた現象のうちかなりの部分が、実は越シナプス性変性であった可能性も高まっている。ricin を用いて越神経節変性をより確実にらしめようとした最近のJohnsonら(1985)²⁶⁾の研究でもネコの歯髄神経はdhを除いては、反対側投射を示さなかった。以上の点を総合すればHRP法は現時点で知られている三叉神経1次求心性線維の全てを標識する方法であり、今回の投射様式の空間的、量的解析に適したものと言えよう。

PV, SpV₀, SpV_i, dhは今回検索した6知覚枝すべての投射を受けた。PV, SpV₀, SpV_i内では各知覚枝は明瞭な体性局在をなして配列していた。すなわち顔面周辺部皮膚を支配するMN, A+Tの投射領域はPV, SpV₀ではrootもしくはtract

と接する核の外側縁に、SpV_iでは背側縁に認められ、それに対して口腔内を支配するLNとIAN (MN成分を除く)の投射領域はPV, SpV_oではその内側に、SpV_iでは腹側にわかれて認められた。この局在は、Jacquinら(1983)²⁷⁾のHRPの越神経節輸送法を用いたラットLN, IAN, MnN, AtNの1次求心性ニューロンの投射領域とほぼ一致するのみならず、電気生理学的方法による2次ニューロンの体性局在(Krugerら, 1962²⁸⁾; Eisenmanら, 1963²⁹⁾; Darian-Smith, 1973³⁰⁾)とも良く一致している。従ってヒトでは肉眼解剖的に口腔粘膜と皮膚の両方を支配するとされているBN及びMNはラットではその投射領域から見てそれぞれ口腔内及び口腔外からの成分が優位を占めるものであることが強く示唆される。一方dhでの吻尾的な投射については、LNが最吻側に、つづいてIAN, MN, BNが投射し、最尾側にはMnN, AtNが主に投射した。この所見は口腔内に受容野を持つ2次ニュー

ロニガ吻側に、口腔外に受容野を持つ2次ニューロンが尾側に多く存在するとの生理学的研究結果(Nord, 1967³¹⁾; Yokotaら, 1977¹⁷⁾)とほぼ一致している。MNとIANは共に尾側でやや減少するが第3頸髄レベル以上のdhの全長に亘って投射が認められ、MN例とIAN例との間にdh内での投射領域に差がなかったことからIANの口腔内成分が実際にどの程度まで尾側へ投射したかは不明であるが、MNは吻側諸亜核(PV, SpV₀, SpV_i)でかなり明瞭な口腔外型の投射を示すにもかかわらずMedhの最吻側部にまで投射する特殊な知覚枝であると言えよう。

上記諸領域での投射とは異なり、Sm, supraV, paraVは主に口腔内に受容野を持つLN, BN, IANのみが投射し、口腔外に受容野を持つMN, MhN, AtNは投射しなかった。また前者のLN, BN, IANはSpV₀への投射量配分が多く、dhでは特にそのⅢ/Ⅳ層への配分が少なかった。それとは

逆にMN, MhN, AtNはSpV₀への配分が少なく、dhでは特にⅡ/Ⅳ層への配分が多かった。

Smは鼓索神経、大錐体神経、舌咽神経扁桃枝、頸動脈洞神経等の主たる終止核で、一般内臓性求心線維及び特殊内臓性求心線維である味覚線維及び頸動脈洞圧受容線維が終止すると言われている(32~38)。三叉神経知覚末梢枝では口蓋神経、LN, IANの投射が報告され(37, 39)、Jacquinら²⁷⁾はラットでMhN, AtN, IAN

投射するがLNの投射と比べかなり少量であると述べている。本実験ではLN, IANでは同じく投射はみられたがMhN, AtNでは投射がみられなかったが、IANの投射が他の知覚枝より少なかった点で一致している。BNのSmへの投射についての報告には未だ接しない。

一方三叉神経知覚核群は主として内臓性求心線維からなる中間神経、舌咽神経、迷走神経の求心性投射をその全域にわたって受けている(2, 5, 36, 37, 39, 40, 41)。これらの神経の投射

領域はラットにおいてはハムスター³⁶⁾, ネコ^{39, 41)}, サル⁴⁰⁾と異なり paraV, SpV₀, Medh I/II 層に限られている^{2, 5, 37)}。

paraV は組織学的及び組織化学的研究により Medh の I 層もしくは II 層との類似性が報告され^{1, 2, 42)}。ネコ HRP 法では頸動脈洞神経³³⁾, ラット HRP 法では舌咽神経扁桃枝及び上喉頭神経³⁷⁾の投射を、またラットで変性法により舌咽神経及び迷走神経²⁾の投射を受けることが報告されており、これらの所見から見て、頸部臓器の内臓性知覚との関連が深いと考えられる。三叉神経知覚末梢枝から paraV への投射についての研究は比較的少なく、ラットでは Hamilton ら (1984)³⁷⁾ が LN と IAN からの投射を報告している。ネコでは角膜、眼瞼結膜、涙腺、鼻腔粘膜を支配する神経からの投射はあるが、MN, MnN, AtN からの投射は認められていない^{43, 44)}。これらの報告は今回の実験例と一致しており、すなわち paraV への 1 次求心性ニューロ

ンの投射は、その多くが角膜、結膜、鼻腔粘膜及び口腔内からの成分に関連したもので皮膚からの入力は少ないと考えられる。

Lorente de Nó (1922)⁴⁵⁾, Åström (1953)¹⁾, Torvick (1956)²⁾らが supra V を区別して以来、この領域は解剖学的には、

Nomura ら (1983)³⁵⁾ がネコで PV の背内側部として鼓索神経からの投射を、ラットでは Jacquin ら (1983)²⁷⁾ が LN, IAN の投射と A₅N からの少量の投射の報告があるのみである。しかし生理学的研究ではこの核が反対側閉口筋支配ニューロンに対する抑制をかける介在ニューロンを多く含むことが明らかとなり (Jerge, 1962⁴⁶⁾)、また閉口筋の伸展により supra V のニューロンに EPSP の発生することも知られている (Takata ら, 1970⁴⁷⁾)。また Mizuno ら (1978)⁴⁸⁾ はネコ三叉神経運動核内に注入された HRP が反対側の supratrigeminal region に逆行性に輸送されることを報告している。この領域

が下顎神経中口腔内に主要な受容野を持つ LN, IAN からの投射を受け, MhN, A+n からの投射を受けないという今回の結果は、口腔内及び口腔周囲部が開口反射を誘発する刺激閾値の低い部分であるという角野ら(1983)⁴⁹⁾及び Zeiglerら(1984)⁵⁰⁾の生理学的報告とも関連ある興味ある所見と考えられる。

以上のように Sm, supraV, paraV へは LN, BN, IAN のみが投射し、口腔の消化器系の器管としての特徴が Sm, supraV への投射に、また口腔と開口反射との関連が supraV への投射に現われたものと考えられる。

SpV₀ へは今回検索した6知覚枝の全てが投射するが、その投射量配分については、Sm, supraV, paraV と同様の傾向が認められた。すなわち Sm, supraV, paraV への投射という観点から口腔内からの入力あるいは内臓性知覚に関連が深いと考えられる

LN, BN, IAN は MN, MhN, AtN に比べて SpV₀ への投射量配分が多かった。SpV₀ への神経による投射量の差についてはこれまでの方法では明確にされていなが、この核が鼓索神経及び大錐体神経³⁷⁾、中間神経⁴⁰⁾の1次求心性ニューロンの投射を受けるとは知られており、この核では口腔内のみを受容野を持つニューロンが多く認められるのに対し、口腔外に受容野を持つニューロンが稀であるとの Azerad ら (1982)⁵¹⁾ の報告も今回の結果と一致するものと考えられる。

dh へは LN, BN, IAN が MN, MhN, AtN に比べて投射量配分が少なく、特にⅢ/Ⅳ層への配分が少なく、その差が著明であった。Jacquin ら²⁷⁾ は、MhN, AtN が dh のⅢ/Ⅳ層に多く投射するのに対し、LN ではⅣ層への投射は少なく、Ⅰ～Ⅲ層に標識の多くが集中していると報告しており、本実験とよく一致している。三叉神経系以外の脳

神経からの dh への投射については、ネコの
 中間神経、舌咽神経、迷走神経が Spdh 第1
 ~第2頸髄の I~IV層に投射するとの Kerr
 (1961)⁴¹⁾、Arvidsson ら (1984)³⁸⁾ の他は
 Torvick (1956)²⁾ のラット舌咽神経、迷走
 神経、Beckstead ら (1977)⁴⁰⁾ のサル中間
 神経、舌咽神経、迷走神経、Ciriello ら (1981)⁵²⁾
 のネコ舌咽神経、Nomura ら (1983)³⁵⁾ の鼓索神経、
 Panneton ら (1980)³³⁾ のネコ頸動脈洞神経が共に I/II層に限って投射
 するとの報告がある。そのいずれもが投射量
 の相違についてはのべていない。

以上の諸領域とは異なり PV, SpVi の投
 射では、知覚枝毎に投射量配分の多少はある
 ものの、口腔内対口腔外のような明確な対比
 がみられなかった。これらの領域はラットで
 は他の脳神経からの投射は知られておらず、
 口腔内外に共通した三叉神経特有の投射領域
 であろうと考えられる。

又 cont. lat. への投射については、Marfurt

(1981)⁴³⁾ はネコ HRP 法で角膜支配神経、眼窩上神経、眼窩下神経及び MN では認められず、Arvidsson⁵³⁾ と同様 IAN のみで第1～第2頸髄の高さで認められると報告している。Jacquin²⁹⁾ はラット HRP 法で、cont. lat. への投射は LN, MnN, AtN では認められず、IAN のみか投射すると報告している。これらの報告はネコでもラットでも IAN の対側投射では一致しているが、ラットの Jacquin²⁹⁾ の報告では LN の対側投射が見られなかった点が今回の実験結果と異っている。本研究では cont. lat. への投射量配分は極めて少なく、そのうちでも LN の配分は特に少なく 0.9% であった。本研究では口腔内外支配神経の区別とは無関係に、対側投射が認められる知覚枝と認められない知覚枝に分かれた。本研究において認められたそれら cont. lat. へ投射する知覚枝の特徴は、その受容野が体の正中に及び、という点である。これは末梢受容野が対

側と接し、あるいは重複している場合に1次中継核レベルでの情報の統合調整を行っているものと考えられる。

三叉神経系での痛覚の投射には2重の径路が考えられ、その1つはdhのI/II層で中継されるもの (Nordら, 1975⁵⁴) ; Yokota, 1975⁵⁵) で、他方はSpV₀で中継されるもの (Kellerら, 1974⁵⁶) ; Azeradら, 1982⁵¹) である。門レベルの三叉神経脊髄路切断は口腔外の無痛を得るに有効な手段であるが、口腔内の痛覚閾値に対する影響が比較的少ないことが知られている (Youngら; 1981⁵⁷) ; Young, 1982⁵⁸)。これは口腔内支配神経がSpV₀やMedhのI/II層に類似のparaVに多く投射する一方dhへの投射量配分が、比較的少ないことから見て、この実験的及び臨床的観察結果とも一致するものと考えられる。これに加えてSmが口腔内感覚の上位中枢への伝達に直接関与する可能性も高いと言えよう。

結論

1. HRP の越神経節輸送を利用して、ラット LN, BN, IAN, MN, MhN, AtN の脳幹脊髄内諸核への投射様式及び投射量の配分を探索した。

2. これら知覚枝のうち IAN のみに含まれる MesV 内に細胞体を持ち同側の rPC に投射する 1 次求心性ニューロンを除いて各知覚枝例で脳幹脊髄内にみられる標識終末の全量に対する投射領域毎の標識終末量 (投射量配分) を解析した。

3. 各知覚枝はその同側への投射様式及び投射量の配分により、MN, MhN, AtN の 1 型神経と、LN, BN, IAN の 2 型神経とに分類された。

4. 全ての知覚枝は PV, SpV₀, SpV_i の吻尾的ほぼ全長に亘って、それぞれの核の背側 1/2 内に投射し、1 型の MN, MhN, AtN はこれら領域の外側縁 (PV, SpV₀

)又は背側縁(SpV_i)に、2型のLN, BN, IANは内側部(PV, SpV_o)又は腹側部(SpV_i)にそれぞれ投射した。 SpV_o と SpV_i の背内側部を占める $dm \wedge$ はLN, BN, IAN, MNの投射はあるが、 MhN と AtN の投射は認められなかった。

5. MNを除く1型の MhN , AtN は $Medh$ にはほとんど投射せず、第3頸髄より吻側の $Spdh$ に投射し、IANを除く2型のLN, BNは $Spdh \wedge$ の投射が少なく主として $Medh$ に投射し、MN, IANは共に dh の吻尾的全長に亘って投射した。

6. 2型のLN, BN, IANは S_m , $supraV$, $paraV$ の全てに投射し、1型のMN, MhN , AtN はそれらのいずれにも投射しなかった。

7. 2型のLN, BN, IANは $SpV_o \wedge$ の投射量配分が比較的多く($> 15\%$)、1型のMN, MhN , AtN は $SpV_o \wedge$ の配分が少なかった($< 10\%$)。

8. 1型のMN, MhN, AtNはdhへの投射量配分が多く(>60%)、特にⅢ/Ⅳ層への配分が多かった。逆に2型のLN, BN, IANはdhへの配分が少なく(<40%)、特にⅢ/Ⅳ層への配分が少なかった。

9. PV, SpViでは1型神経と2型神経による投射量配分の一貫した差はみられなかった。

10. 1型及び2型神経の区別とは無関係に、末梢受容野が正中に及ぶLN, IAN, MNでのみ対側投射がみられ、その投射領域はいずれの知覚枝でも、MedhとSpdhの移行部の高さのcont. lat.最背内側縁のI~V層に限られていた。

11. 以上の結果から見て、1型, 2型の分類は、それぞれの知覚枝が主に口腔外を支配しているか、口腔内を支配しているかの差を反映するものと考えられる。

謝辞

稿を終えるにあたり、この研究テーマを与えられ、終始御懇篤なる御指導、御校閲を賜った堺章教授に深甚なる謝意を表するとともに、本研究遂行にあたり御援助いただいた第2口腔解剖学教室員各位に心から御礼申し上げます。

文献

- 1) Åström, K.E. (1953): On the central course of afferent fibers in the trigeminal, facial, glossopharyngeal and vagal nerves and their nuclei in the mouse. Acta Physiol. Scand., (29) (Suppl. 106), 209-320.
- 2) Torvik, A. (1956): Afferent connections to the sensory trigeminal nuclei, the nucleus of the solitary tract and adjacent structures. J. Comp. Neurol., (106), 51-141.
- 3) Matano, S., Hiura, T., Shigenaga, Y. and Sakai, A. (1973): Terminations of the primary trigeminal fibers in the rat, in relation with sensory cortical fibers. Okajimas Fol. Anat. Jap., (50), 91-106.
- 4) 堺章 (1976): 三叉神経知覚核への投射; 顎運動とそのメカニズム (東京医科歯科大学歯学部顎口腔総合研究施設編) . 日本歯科評論社, 東京, 144-154, 昭和51.
- 5) Contreras, R.J., Beckstead, R.M. and Norgren, R. (1982) The central projections of the trigeminal, facial,

- glossopharyngeal and vagus nerves; an autoradiographic study in the rat. J. Autonomic Nervous System, (6), 303-322.
- 6) Rustioni, A., Sanyal, S. and Kuypers, H.G.J.M. (1971): A histochemical study of the distribution of the trigeminal divisions in the substantia gelatinosa of the rat. Brain Res., (32), 45-52.
- 7) Grant, G. and Arvidsson, J. (1975): Transganglionic degeneration in trigeminal primary sensory neurons. Brain Res., (95), 265-279.
- 8) Westrum, L.E., Canfield, R.C. and Black, R.G. (1976): Transganglionic degeneration in the spinal trigeminal nucleus following removal of tooth pulps in adult cats. Brain Res., (101), 137-140.
- 9) Arvidsson, J. and Grant, G. (1979): Further observations on transganglionic degeneration in trigeminal primary sensory neurons. Brain Res., (162), 1-12.
- 10) Westrum, L.E., Canfield, R.C. (1977): Light and electron microscopy of degeneration in the brain stem spinal trigeminal nucleus following tooth pulp removal in adult cats; in Pain in the Trigeminal Region (Anderson, D.J. and Matthews B. eds.). Elsevier, Amsterdam, New York, 71-179.

- 11) Westrum, L.E., Canfield, R.C. (1977): Electron microscopy of degenerating axons and terminals in spinal trigeminal nucleus after tooth pulp extirpations. Amer. J. Anat., (149), 591-596.
- 12) Gobel, S. and Binck, J.M. (1977): Degenerative changes in primary trigeminal axons and in neurons in nucleus caudalis following tooth pulp extirpations in the cat. Brain. Res., (132), 347-354.
- 13) Arvidsson, J. (1979): An ultrastructural study of transganglionic degeneration in the main sensory trigeminal nucleus of the rat. J. Neurocytol., 8, 31-45.
- 14) Csillik, B. and Knyihár, E. (1978): Biodynamic plasticity in the Roland substance. Progr. Neurobiol., (10), 203-230.
- 15) Sugimoto, T. and Gobel, S. (1982): Primary neurons maintain their central axonal arbors in the spinal dorsal horn following peripheral nerve injury: an anatomical analysis using transganglionic transport of horseradish peroxidase. Brain Res., (248), 377-381.
- 16) Mesulam, M.-M. and Brushart, T.M. (1979): Transganglionic and anterograde transport of horseradish peroxidase across dorsal root ganglia: a tetramethylbenzidine method for tracing central connections of muscles and peripheral nerves. Neurosci., (4), 1107-1117.

17) Yokota, T. and Nishikawa, N. (1977): Somatotopic organization of trigeminal neurons within caudal medulla oblongata; in Pain in the Trigeminal Region (Anderson D.J. and Matthews B. eds.). Elsevier, Amsterdam, New York, 243-257.

18) Gobel, S., Hockfield, S. and Ruda, M.A. (1981): Anatomical similarities between medullary and spinal dorsal horn; in Oral-Facial Sensory and Motor Functions (Kawamura, Y. and Dubner, R. eds.). Quintessence, Tokyo, 211-223.

19) Rexed, B. (1952): The cytoarchitectonic organization of the spinal cord in the cat. J. Comp. Neurol. 96, 415-466.

20) Matesz, C. (1981): Peripheral and central distribution of fibers of the mesencephalic trigeminal root in the rat. Neurosci. Lett., (27), 13-17.

21) Ruggiero, D.A., Ross, C.A., Kumada, M. and Reis, D.J. (1982): Reevaluations of projections from the mesencephalic trigeminal nucleus to the medulla and spinal cord: New projections. A combined retrograde horseradish peroxidase study. J. Comp. Neurol., (206), 278-292.

22) Walberg, F., Dietrichs, E. and Nordby, T. (1984): The medullary projection from the mesencephalic trigeminal nucleus. An experimental study with comments on the intrinsic trigeminal connections. Exp. Brain Res., (56),

- 377-383.
- 23) Grant, G., Arvidsson, J., Robertson, B. and Ygge, J. (1979): Transganglionic transport of horseradish peroxidase in primary sensory neurons. Neurosci. Lett., (12)₂, 23-28.
- 24) Knyihár-Csillik, E. and Csillik, B. (1981): Selective 'labelling' by transsynaptic degeneration of substantia gelatinosa cells: An attempt to decipher intrinsic wiring in the Rolandic substance of primates. Neurosci. Lett., (23)₃, 131-136.
- 25) Sugimoto, T. and Gobel, S. (1984): Dendritic changes in the spinal dorsal horn following transection of a peripheral nerve. Brain Res., 321, 199-208.
- 26) Johnson, L.R., Westrum, L.E., Henry, M.A. and Canfield, R.C. (1985): Toxic ricin demonstrates a dual dental projection. Brain Res., (345)₁, 379-383.
- 27) Jacquin, M.F., Semba, K., Egger, M.D. and Rhoades, R.W., (1983): Organization of HRP-labeled trigeminal mandibular primary afferent neurons in the rat. J. Comp. Neurol., (215)₃, 397-420.
- 28) Kruger, L. and Michel, F. (1962): A morphological and somatotopic analysis of single unit activity in the trigeminal sensory complex of the cat. Exp. Neurol., (5)₂, 139-156.

- 29) Eisenman, J., Landgren, S. and Novin, D. (1963): Functional organization in the main sensory trigeminal nucleus and in the rostral subdivision of the nucleus of the spinal trigeminal tract in the cat. Acta Physiol. scand., (59) (Suppl. 214), 1-44.
- 30) Darian-Smith, I. (1973): The trigeminal system; in Handbook of sensory physiology. Springer-Verlag, Berlin, (2), 217-314.
- 31) Nord, S.G. (1967): Somatotopic organization in the spinal trigeminal nucleus, the dorsal column nuclei and related structures in the rat. J. Comp. Neurol., (130), 343-356.
- 32) 山本隆 (1980): 味覚の中樞機構; 神経研究の進歩. (24), 1176-1202, 昭和55.
- 33) Panneton, W.M. and Loewy, A.D. (1980): Projections of the carotid sinus nerve to the nucleus of the solitary tract in the cat. Brain Res., (191), 239-244.
- 34) Kalia, M. and Sullivan, J.M. (1982): Brainstem projections of sensory and motor components of the vagus nerve in the rat. J. Comp. Neurol., (211), 248-264.
- 35) Nomura, S. and Mizuno, N. (1983): Central distribution of afferent fibers in the intermediate nerve: A transganglionic HRP study in the cat. Neurosci. Lett., (41),

- 227-231.
- 36) Whitehead, M.C. and Frank, M.E. (1983): Anatomy of the gustatory system in the hamster: Central projections of the chorda tympani and the lingual nerve. J. Comp. Neurol., (220), 378-395.
- 37) Hamilton, R.B. and Norgren, R. (1984): Central projections of gustatory nerves in the rat. J. Comp. Neurol., (222), 560-577.
- 38) Arvidsson, J. and Thomander, L. (1984): An HRP study of the central course of sensory intermediate and vagal fibers in peripheral facial nerve branches in the cat. J. Comp. Neurol. (223), 35-45.
- 39) Nomura, S., Yasui, Y., Takada, M. and Mizuno, N. (1984): Trigeminal primary afferent neurons projecting directly to the solitary nucleus in the cat: A transganglionic and retrograde horseradish peroxidase study. Neurosci. Lett., (50), 257-262.
- 40) Beckstead, R.M. and Norgren, R. (1979): An autoradiographic examination of the central distribution of the trigeminal, facial, glossopharyngeal, and vagal nerves in the monkey. J. Comp. Neurol., (184), 455-472.
- 41) Kerr, F.W.L. (1961): Facial, vagal and glossopharyngeal nerves in the cat. Arch. Neurol., (6), 264-281.
- 42) Chan-Palay, V. (1978): The paratrigeminal nucleus, II.

identification and inter-relations of catecholamine axons, indoleamine axons, and substance P immunoreactive cells in the neuropil. J. Neurocytology, (7), 419-442.

43) Marfurt, C.F. (1981): The central projection of trigeminal primary afferent neurons in the cat as determined by the transganglionic transport of horseradish peroxidase. J. Comp. Neurol., (203), 785-798.

44) Panneton, W.M. and Burton, H. (1981): Corneal and periorbital representation within the trigeminal sensory complex in the cat studied with transganglionic transport of horseradish peroxidase. J. Comp. Neurol., (199), 327-344.

45) Lorente de No, R. (1922): Contribucion al conocimiento del nervio trigemino. Libro en honor Ramon y Cajal., Cit. from Astrom, 1953.

46) Jerge, C.R. (1962): The function of the nucleus supratrigeminalis. J. Neurophysiol., (26), 393-402.

47) Takata, M. and Kawamura, Y. (1970): Neurophysiologic Properties of the supratrigeminal nucleus. Jap. J. Physiol., (20), 1-11.

48) Mizuno, N., Nomura, S., Itoh, K., Nakamura, Y. and Konishi, A. (1978): Commissural interneurons for masticatory motoneurons: A light and electron

- microscope study using the horseradish peroxidase tracer technique. Exp. Neurol., ⑤_{2ⁿ}, 254-262.
- 49) 角野隆二, 林治秀 (1983): 咀嚼と顎口腔顔面感覚; 咀嚼くの話 (東京医科歯科大学歯学部顎口腔総合研究施設編) . 日本歯科評論社, 東京, 209-258, 昭和58.
- 50) Zeigler, H.P., Semba, K. and Jacquin, M.F. (1984): Trigeminal reflexes and ingestive behavior in the rat. Behavioral neurosci. ⑨_{2ⁿ}, 1023-1038.
- 51) Azerad, J., Woda, A. and Albe-Fessard, D. (1982): Physiological properties of neurons in different parts of the cat trigeminal sensory complex. Brain Res., ②_{2ⁿ}, 7-21.
- 52) Ciriello, J., Hrycyshyn, A.W. and Calaresu, F.R. (1981): Glossopharyngeal and vagal afferent projections to the brain stem of the cat: A horseradish peroxidase study. J. Autonom. Nervous System, ④_{2ⁿ}, 63-79.
- 53) Arvidsson, J. and Gobel, S. (1981): An HRP study of the central projections of primary trigeminal neurons which innervate tooth pulps in the cat. Brain Res., ②_{2ⁿ}, 1-16.

- 54) Nord, S.G. and Young, R.F. (1975): Projections of tooth pulp afferents to the cat trigeminal nucleus caudalis. Brain Res., (90)_{3ⁿ}, 195-205.
- 55) Yokota, T. (1975): Excitation of units in marginal rim of trigeminal subnucleus caudalis elicited by tooth pulp stimulation. Brain Res., (95)_{3ⁿ}, 154-158.
- 56) Keller, O., Butkhuzi, S.M., Vyklický, L. and Brožek, G. (1974): Cortical responses evoked by stimulation of tooth pulp afferents in the cat. Physiol. bohemoslov., (23)_{3ⁿ}, 45-53.
- 57) Young, R.F., Oleson, T.D. and Perryman, K.M. (1981): Effect of trigeminal tractotomy on behavioral response to dental pulp stimulation in the monkey. J. Neurosurg., (55)_{3ⁿ}, 420-430.
- 58) Young, R.F. (1982): Effect of trigeminal tractotomy on dental sensation in humans. J. Neurosurg., (56)_{3ⁿ}, 812-818.

Topographic and Quantitative Analyses of Central Projection of
Different Sensory Branches of the Rat Mandibular Nerve

Motohide TAKEMURA

The Second Department of Oral Anatomy

Osaka University Faculty of Dentistry

1-8, Yamadaoka, Suita, Osaka 565, Japan

Key words: intraoral sense, extraoral sense, mandibular nerve, central projection, HRP.

The terminal arbors of primary afferent neurons comprizing the lingual (LN), buccal (BN), inferior alveolar (IAN), mental (MN) and auriculotemporal (AtN) nerves and the cutaneous branch of the mylohyoid nerve (MhN) of the rat were transganglionically labeled with HRP. Central label was largely confined to the ipsilateral side and the areas described below indicates the ipsilateral side unless otherwise noted. IAN was the only nerve which contained primary neurons with their cell bodies in the trigeminal mesencephalic nucleus and projecting to the parvicellular reticular formation. These mesencephalic neurons were excluded from the quantitative analysis.

According to the topographic distribution of labeled terminal

arbors, these nerves were classified as either intraoral or extraoral types. MN, MhN and AtN belonged to the extraoral type whose terminal arbors were located at the dorsolateral margin of the nucleus principalis (PV), and subnuclei oralis (SpVo) and interpolaris (SpVi) of the nucleus of spinal trigeminal tract. In the medullary and spinal dorsal horn complex rostral to the 3rd cervical segment (dh, Medh/Spdh), the peripheral branches of extraoral type projected mainly to the Spdh except for MN which projected to the entire rostrocaudal extent of the complex. LN, BN and IAN belonged to the intraoral type which projected to areas ventromedial to the terminal fields of MhN and AtN within PV, SpVo and SpVi. The lateral half of the IAN terminal field coincided with that of MN in these nuclei. LN and BN mainly projected to SpVc while IAN occupied the area indistinguishable from that of MN in dh.

In addition to the above nuclei, the solitary tract nucleus (Sn), supratrigeminal nucleus (suprav) and paratrigeminal nucleus (parav) also received the trigeminal input. The intraoral branches projected to all of these three nuclei, while the extraoral branches did not project to any of these.

Quantitative analysis revealed that more than 60% of labeled terminals of extraoral branches were located in dh, while less than 40% were for intraoral branches. On the other hand, the population of primary afferents terminating in SpVo was greater for intraoral

branches (>15%) than extraoral branches (<10%).

Apart from the above introral-extroral classification, the peripheral branches with receptive fields extending the midline (IN, IAN and MN) projected to the contralateral dh.

図の説明

図1. LN例の SpV; 背側部の暗視野組織写真。標識通過線維は直鎖状を呈し(矢印)、 S_n 及び d_m 内の散在性の標識終末と明確に区別できる。 $paraV$ 内には標識終末が密集しているが、焦点深度を連続的に変化させることにより tract (T) 内の標識線維との区別が可能である。(X 90)

図2. 標識終末の量的解析法。^{カケル}

説明は本文参照のこと。

図3. 術後生存期間による、三叉神経知覚核群内標識量の変化。白ぬきは標識終末が認められなかつた領域、中ぬき丸は標識終末が増加又は減少中の領域、黒塗りは標識終末量が飽和に達していた領域をそれぞれ表わす。標識終末量は術後24, 48時間に於て、全投射領域で飽和状態を維持した。

図4~9. LN (図4), BN (図5), IAN (図6), MN (図7), MhN (図8)

), AtN (図9)の投射領域。各レベルでの代表的な切片1枚を描画装置によりトレースしたものの。a~fは吻側から尾側の順に示してあり、各項の右下方に示す数字は吻から吻方及び尾方への距離をそれぞれ+及び-のmm単位で表わす。dhの腹側の線はIV層とV層の境界線を表わす。図中スケールは0.5mmを示し、cont. lat. 以外の図はすべて実験側を示した。R: root, T: tract. (X24)

図10. 各知覚枝の投射領域の比較。

a, b, cはそれぞれPV, SpV_o, SpV_iの吻尾的中央部の高さを。dはMedhの吻側部、eは尾側部、fはSpdh中央部の高さをそれぞれ示す。各知覚枝の投射領域は右下方に示す模様で表わされる。波形線は通過線維を示す。

図11, 12. 知覚枝毎の各領域への投射量配分。

Sm, supraV, paraVへの投射量配分

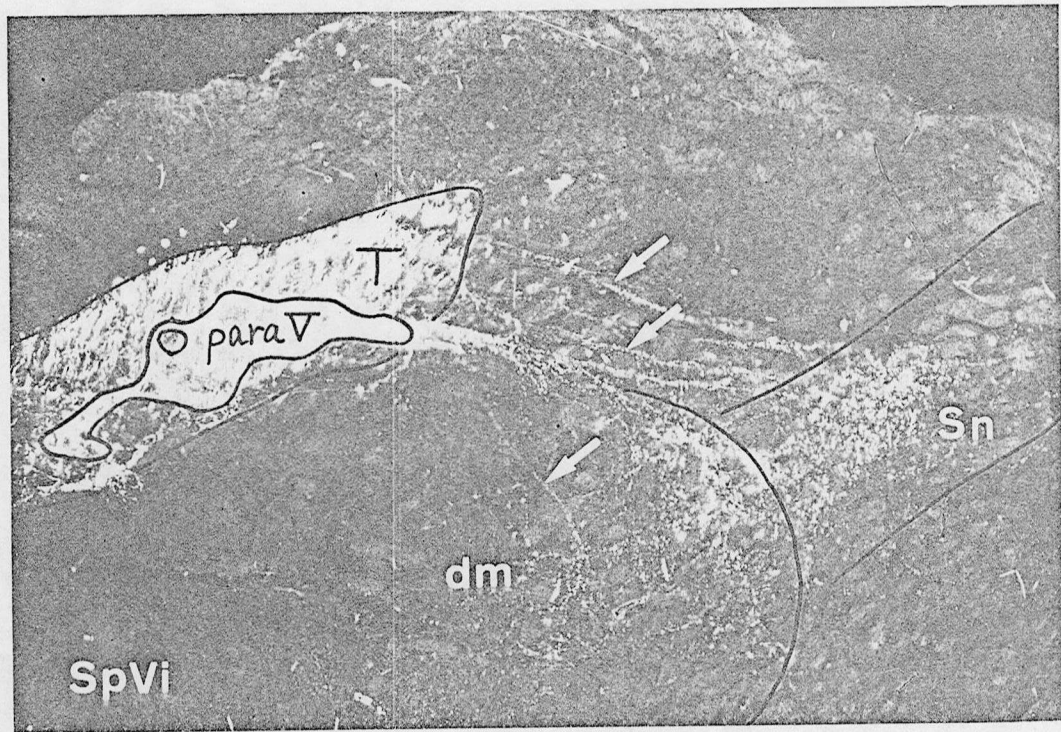
は図11の MN , MhN , $A\pm N$ では認められず、
図12の LN , BN , IAN でのみ認められ、
シェードで示した。黒星印で示した SpV_0 ,
 dh I/II層, III/IV層への配分は図11の MN ,
 MhN , $A\pm N$ では $SpV_0 < I/II < III/IV$
の関係を示し、図12の LN , BN , IAN で
はその関係がほぼ逆転した。黒塗りの $cont.$
 $lat.$ への配分は LN , IAN , MN でのみ認め
られた。

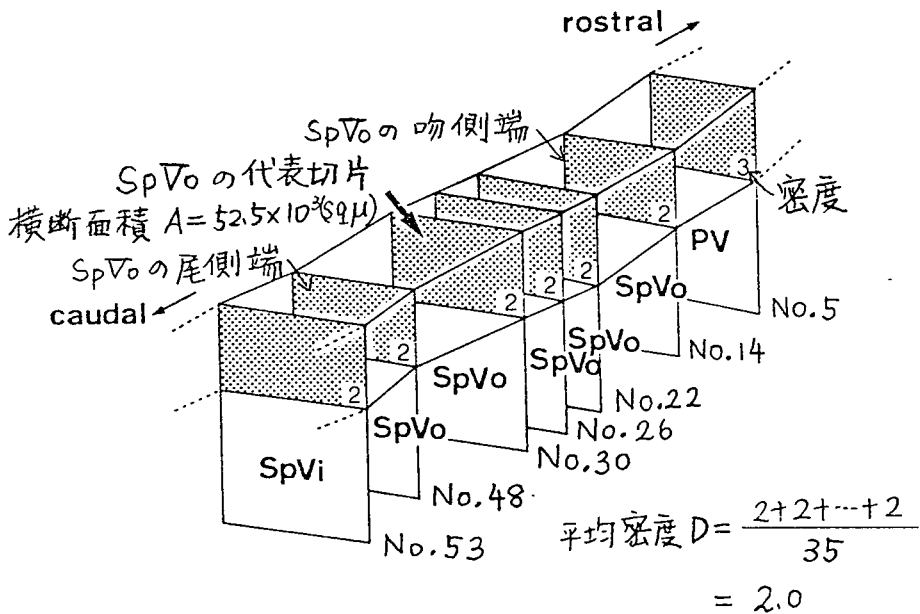
表の説明

表1. 略号

表2. 脳幹脊髄内諸核の分類

表3. 下顎神経各知覚枝の各領域への投射量配分の平均値。数値は百分率で表わされている。





吻尾長 $L = 60(\mu\text{m}) \times 35 \text{ (枚)} = 21.0 \times 10^2 (\mu\text{m})$

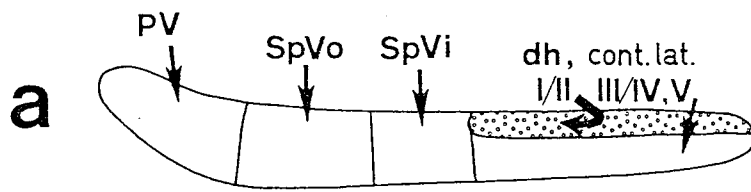
横断面積 $A = 52.5 \times 10^3 (\text{sq } \mu)$

体積 $V = L \times A = 11.0 \times 10^7 (\text{cm})$

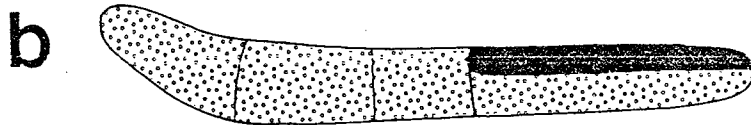
終末量 $q_1(LN, SpVo) = V \times D = 22.0 \times 10^7 (\text{cm})$

$$\text{投射量配分 \% (LN, SpVo)} = 100 \times \frac{q_1(LN, SpVo)}{\sum_{\neq} q_1(LN)}$$

全投射量 $\Sigma q_1(LN) = q_1(LN, Sn) + q_1(LN, supraV)$
 $+ \dots + q_1(LN, \text{cont. lat.})$



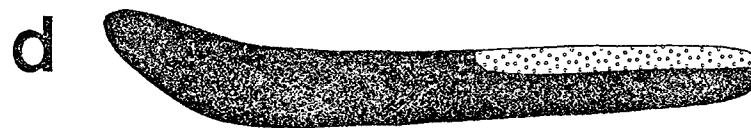
4 hr.



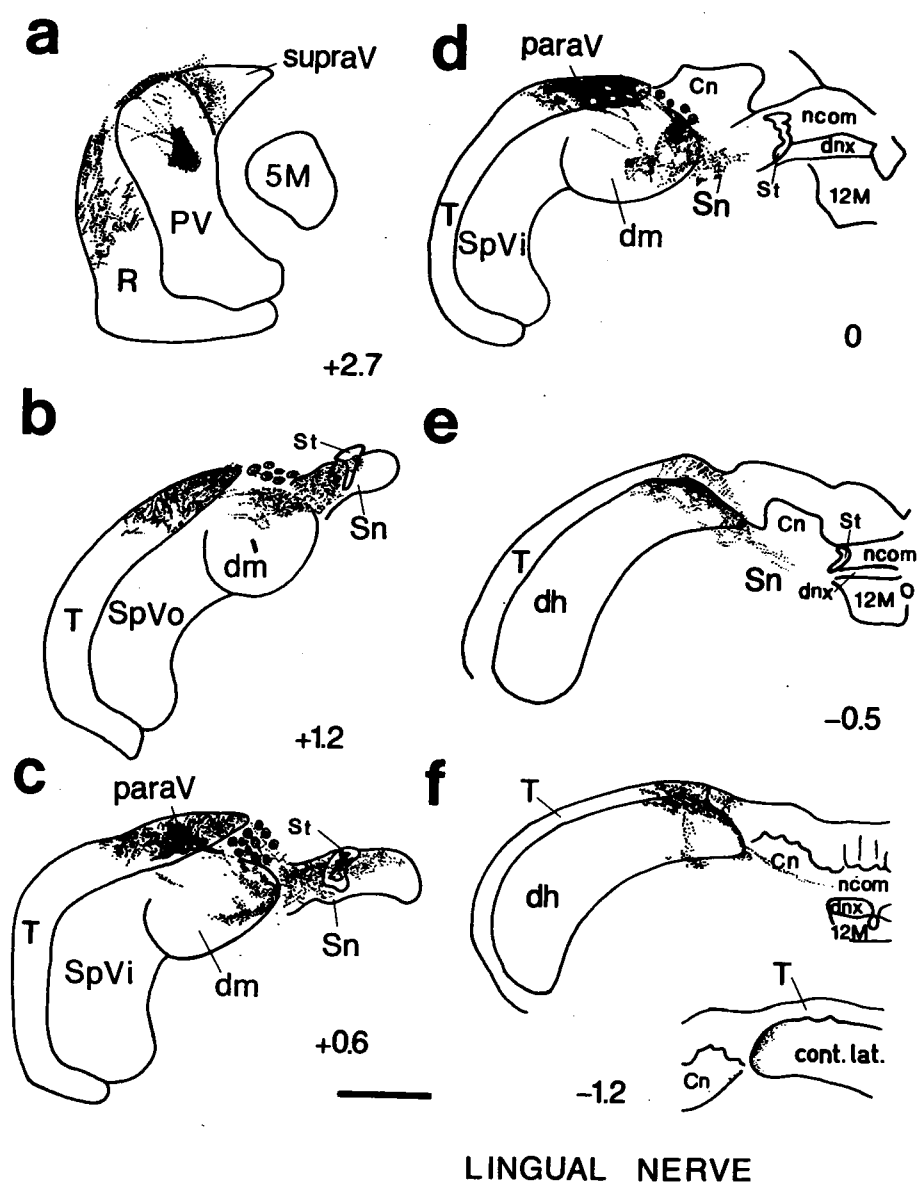
6 , 12 hr.

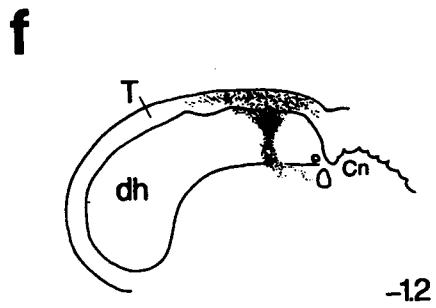
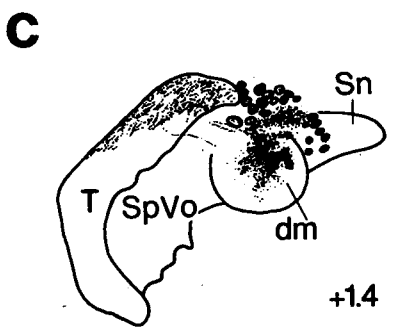
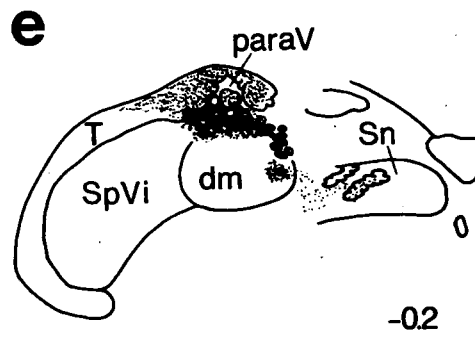
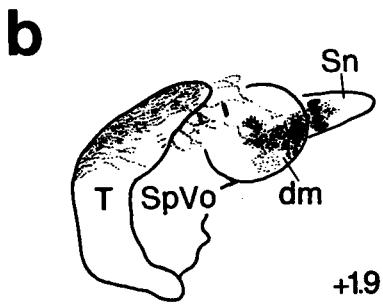
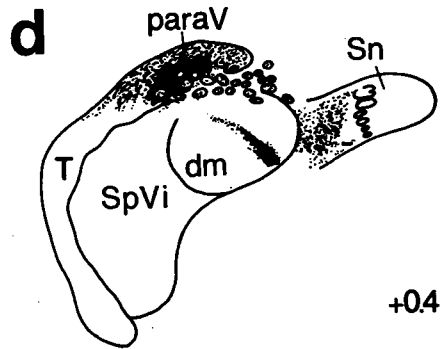
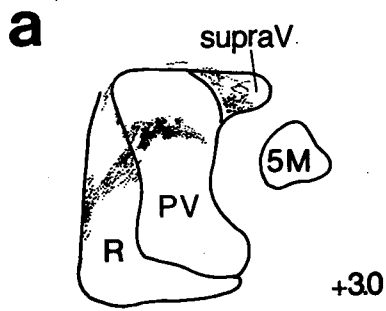


24 , 48 hr.

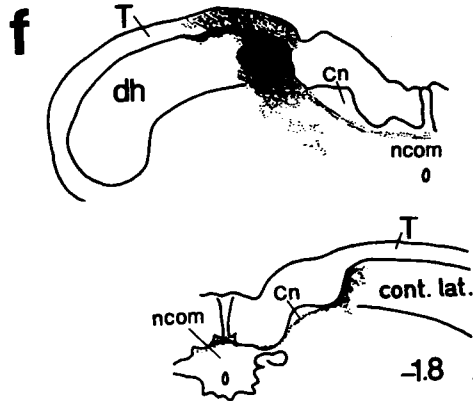
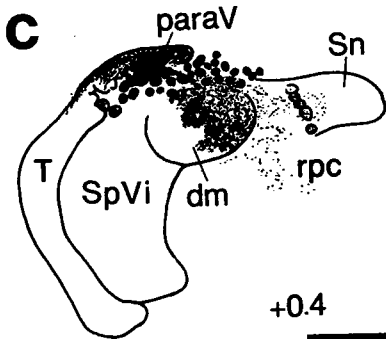
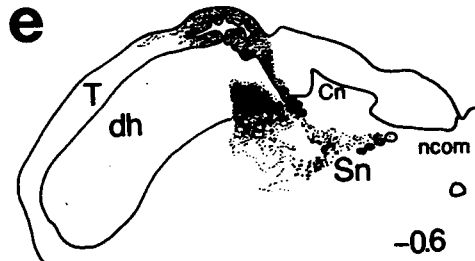
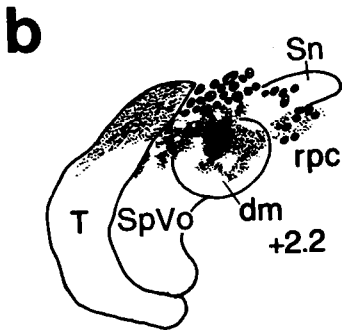
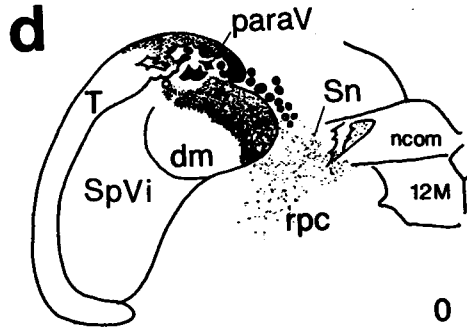
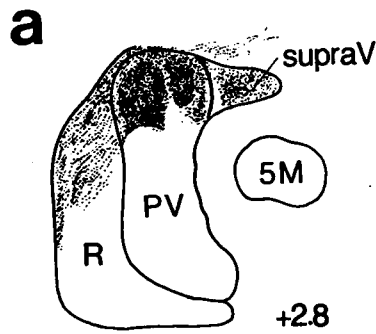


72 hr.

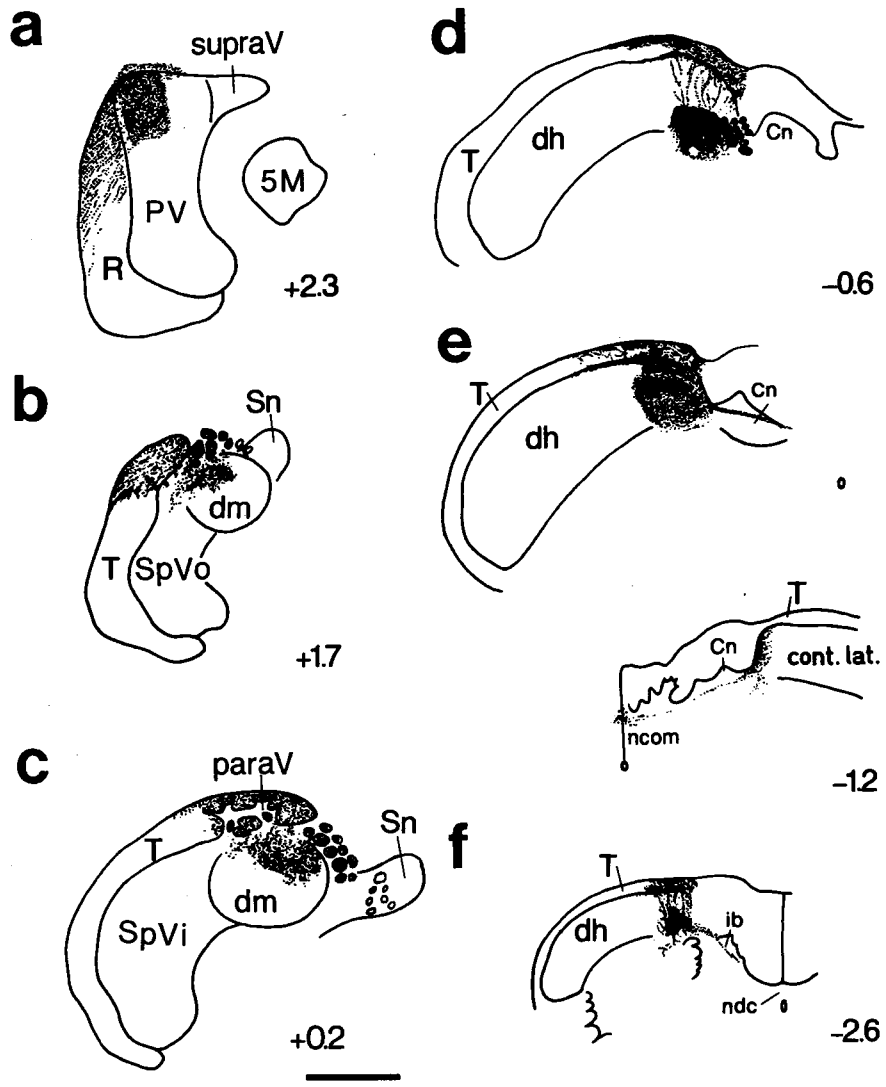




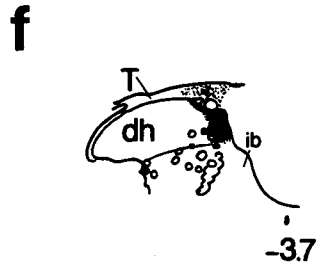
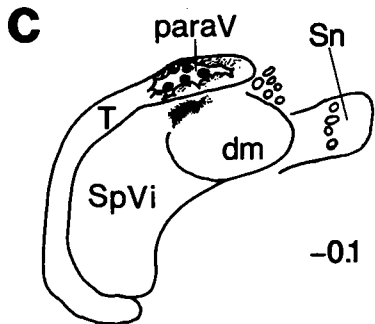
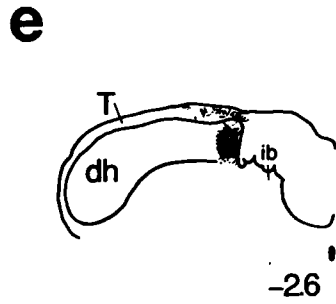
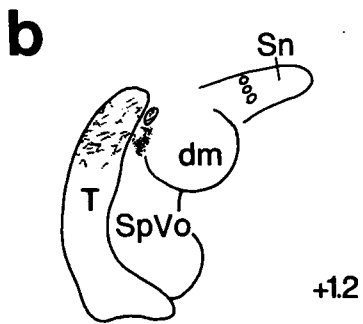
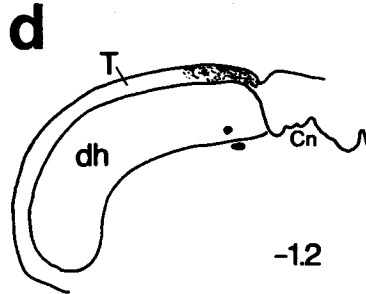
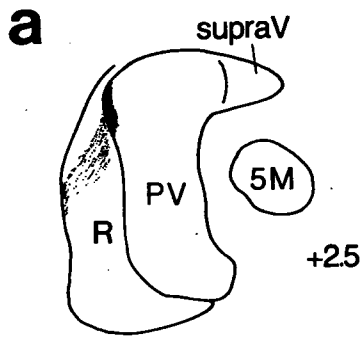
BUCCAL NERVE



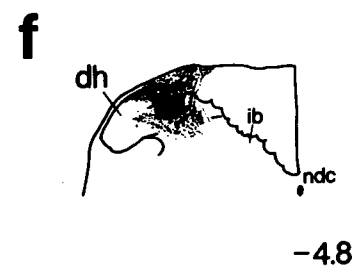
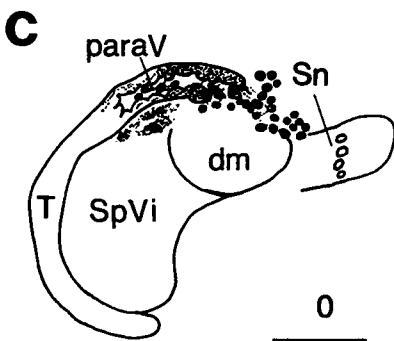
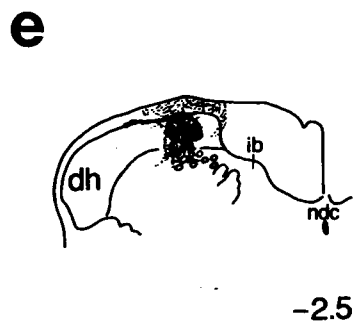
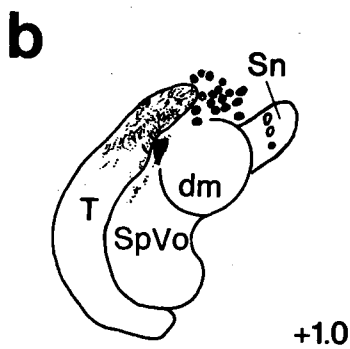
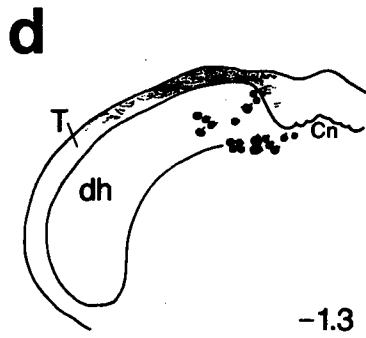
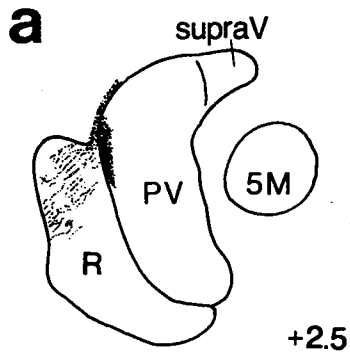
INFERIOR ALVEOLAR NERVE



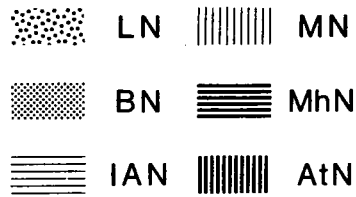
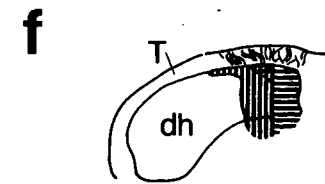
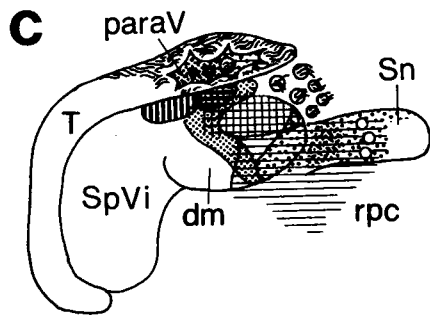
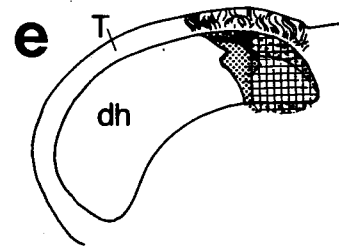
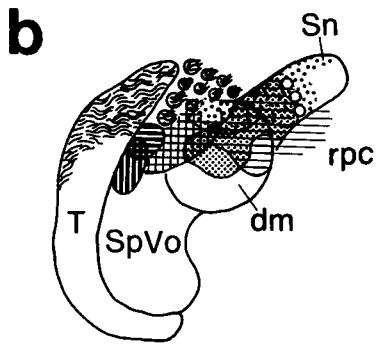
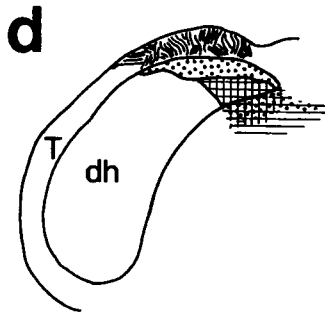
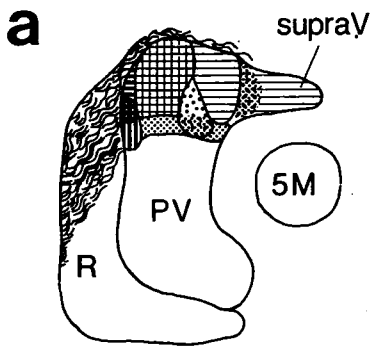
MENTAL NERVE

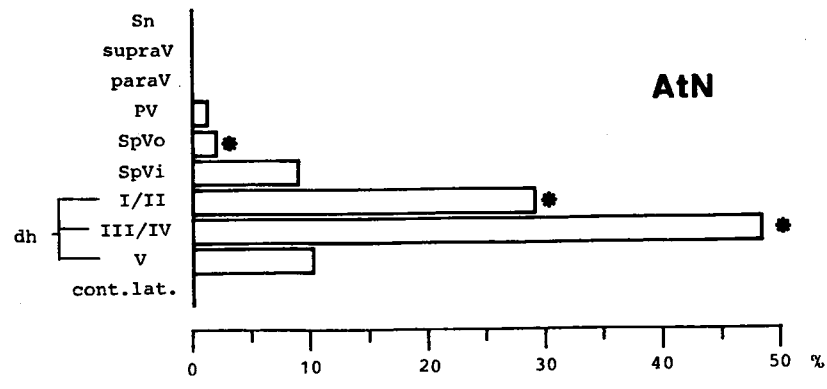
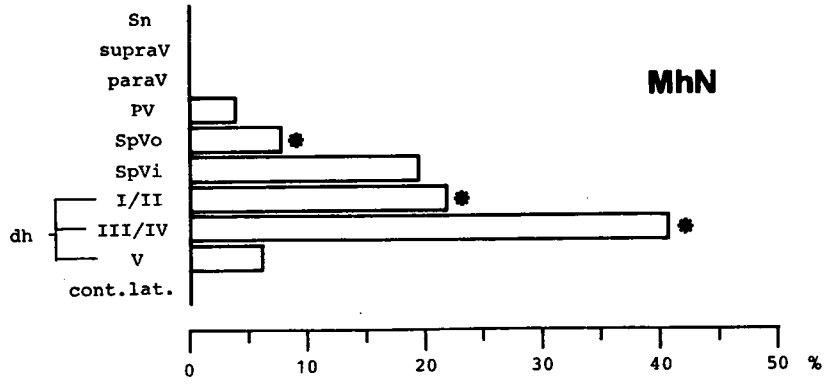
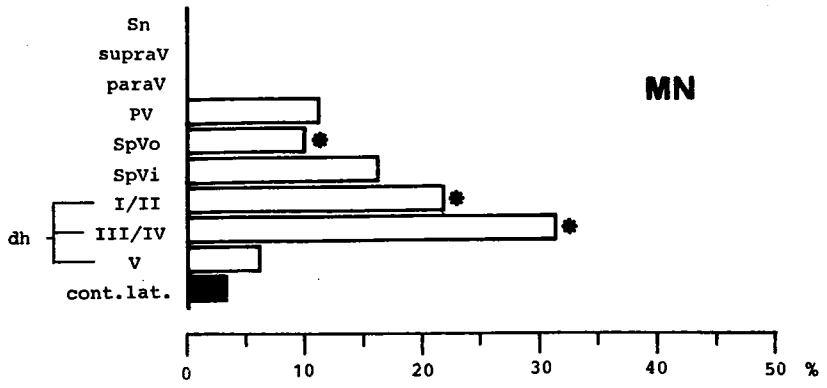


MYLOHYOID NERVE
Cutaneous branch



AURICULO TEMPORAL
NERVE





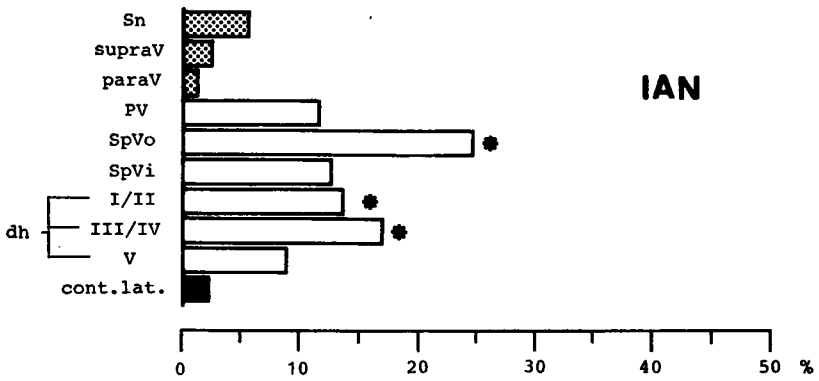
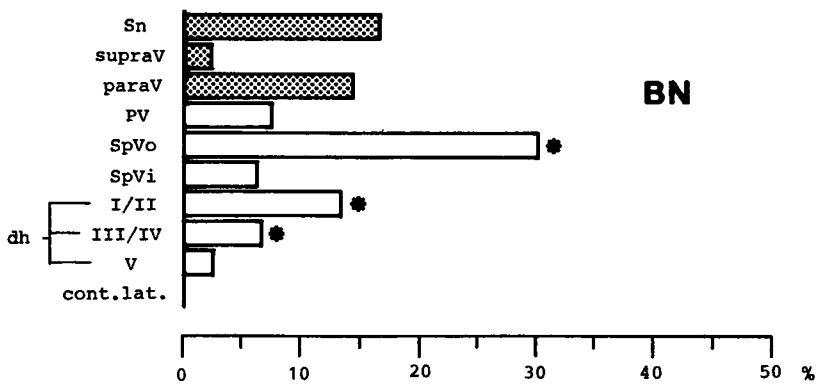
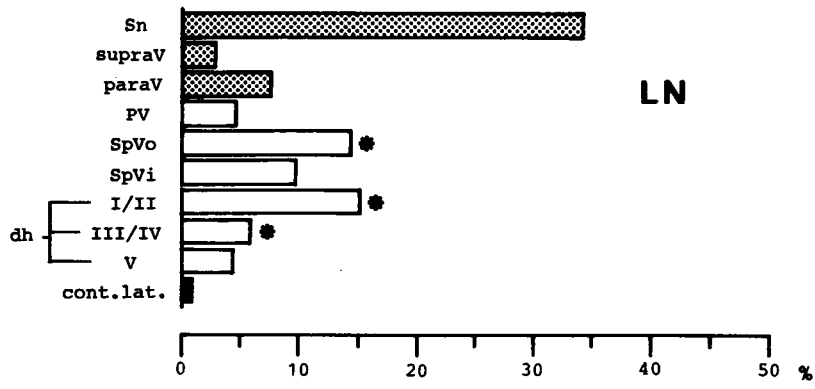


表1

Cn	楔状束核
cont. lat.	反対側の dh
dh	延髄から第3頸髄に亘る後角
dm	Aströmの背内側核
dnx	迷走神経背側核
ib	internal basilar nucleus
Medh	延髄部後角
MesV	三叉神経中脳路核
ncom	Cajalの交連核
ndc	nucleus of dorsal commissure
paraV	paratrigeminal nucleus
PV	三叉神経主知覚核
root	三叉神経根上行枝
rpc	小細胞性網様核
Sm	孤束核
Spdh	背髄後角
SpVi	三叉神経背髄路核中位亜核
SpVo	三叉神経背髄路核吻側亜核

表 2

三叉神経知覚核群

主知覚核 (PV)

脊髓路核

吻側丘核 (SpV _o)	} 一部分が Åström の
中位丘核 (SpV _i)	

後角 (dh)

延髄部後角 (Medh)

脊髓後角 (Spdh)

I層 > (I/II)

II層

III層

IV層

V層

反対側 (cont. lat.)

supratrigeminal nucleus (supraV)

paratrigeminal nucleus (paraV)

孤束核 (Sm)

小細胞性網様核 (rpc)

表 3						
	LN	BN	IAN	MN	MhN	AtN
Sm	34.3	16.7	5.6	0	0	0
supra ∇	2.9	2.4	2.5	0	0	0
para ∇	7.7	14.4	1.3	0	0	0
P ∇	4.6	7.5	11.7	11.3	3.9	1.2
Sp ∇_o	14.4	30.2	24.7	10.0	7.7	1.9
Sp ∇_i	9.8	6.3	12.6	16.2	19.5	9.0
dh	25.4	22.5	39.4	59.3	68.9	88.0
I/II	15.1	13.4	13.7	21.8	21.9	29.2
III/IV	5.9	6.6	16.8	31.4	40.8	48.5
∇	4.4	2.5	8.9	6.1	6.2	10.3
cont. lat.	0.9	0	2.2	3.2	0	0