

## 口腔領域における交感, 感覚および運動神経支配に関する研究

## I. 顎関節, 咀嚼筋における神経支配

奈良県立医科大学口腔外科学教室

森本佳成

SYMPATHETIC, SENSORY AND MOTOR INNERVATION  
IN THE ORAL REGION  
I. INNERVATION OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT  
AND MASTICATORY MUSCLES

YOSHINARI MORIMOTO

*Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Nara Medical University*

Received November 30, 1994

*Abstract:* Sympathetic, sensory and motor innervation of the temporomandibular joint (TMJ) and the masticatory muscles was investigated in the rat by use of horseradish peroxidase (HRP) method.

In the case of HRP application into TMJ, labeled cells were distributed uniformly in the superior cervical ganglion (SCG). In the trigeminal ganglion (TRG) they were found in the submandibular division. In TRG the mean diameter of labeled cells of TMJ ( $23.7 \pm 5.9 \mu\text{m}$ ) was significantly smaller than that of tooth pulp ( $27.4 \pm 5.0 \mu\text{m}$ ). Almost no labeling was obtained in SCG after sectioning of the cervical sympathetic plexus. By sectioning of the auriculotemporal nerve, labeling of TMJ was eliminated in SCG and reduced by 1/10 in TRG. The above observation indicated that the sympathetic components which originate from SCG innervate TMJ through intervention of the auriculotemporal nerve after ascending along the external carotid plexus; also, that approximately 90% of the sensory fibers innervating TMJ are carried by the auriculotemporal nerve, which seems to contain smaller A $\delta$  and C fibers.

HRP injection into the masseteric, temporal, medial pterygoid and lateral pterygoid muscles brought ipsilateral numerous labeled cells which localized at the central 1/2 of SCG, but only few cells in the anterior digastric and mylohyoid muscles.

Labeled cells were found ipsilaterally in the submandibular division in TRG. The mean diameter of TRG labeled cells in the above muscles ( $24.3 \pm 4.9 \mu\text{m}$ ) was significantly smaller than that in tooth pulp.

In the trigeminal motor nucleus, labeled cells after HRP injection into the masticatory muscles were localized in each rostro-caudal level. The distribution pattern of neuron size of the masseteric muscles was bimodal, and that of the others unimodal. The mean diameter of labeled cells of the masseteric ( $26.0 \pm 4.3 \mu\text{m}$ ) and temporal muscles ( $26.1 \pm 4.3 \mu\text{m}$ ) was significantly larger than that of the others.

## Index Terms

temporomandibular joint, masticatory muscle, sympathetic ganglion, trigeminal ganglion, trigeminal motor nucleus

## 緒 言

顎関節は三叉神経第3枝である耳介側頭神経(関節包後方を支配する)と咬筋神経、深側頭神経(関節包前方部を支配する)により支配されており、咀嚼筋については同じく三叉神経第3枝のそれぞれの筋枝により支配されている<sup>2)</sup>ことは周知の事実である。

顎関節の痛みの発生に関係が深いと思われる神経支配および特性については、各種動物を用いて解剖学的、神経組織学的、神経生理学的研究が行われてきた。しかし顎関節の交感神経支配については、Horseradish peroxidase(HRP)法により顎部交感神経節における局在に関する報告は数編みられるが、その結果はかならずしも一致せず、交感神経の支配経路についても確定的な報告はなくいまだ不明である。また近年精神的ストレスによる交感神経緊張が、顎関節や咀嚼筋の症状発現に大いに関係があるとの報告が多いにもかかわらず、交感神経と感覚神経との関連についての報告は皆無である。感覚神経支配については、顎関節支配の神経細胞とすでに大きさの知られた他の神経細胞の大きさを比較し、その大きさを確定した報告はなく、感覚神経の支配経路に関する報告も皆無である。さらに研究手技に関しては、HRPの投与方法に厳密性を欠く報告も多い。

咀嚼筋における交感神経や運動感覚については、HRP法や生理学的研究が認められるが、全咀嚼筋について詳細に比較検討した報告はない。また咀嚼筋における痛みに関する神経学的な報告も皆無である。運動神経支配についてはいくつかの報告があるが、その神経細胞の展在や大きさの分布を詳細に統計学的に比較検討し、各咀嚼筋の運動特性について言及した報告はない。

著者は以上の点を明らかにするために、HRP法を用いて顎関節を支配する交感神経節細胞および三叉神経節細胞の局在、大きさとその神経支配経路について、また咀嚼筋(咬筋、側頭筋、内側翼突筋、外側翼突筋、顎二腹筋前復、顎舌骨筋)を支配する交感神経節細胞、三叉神経節細胞および三叉神経運動核細胞の局在と大きさについて検討した。

## 実験材料ならびに方法

## 実験1 顎関節における神経支配

実験にはWistar系ラット20匹(体重180-220g)を雌雄の別なく用いた。動物をペントバルビタール(40mg/kg)腹腔内投与により麻酔後、手術用顕微鏡下で関節包を露出させた。すなわち耳前部皮膚切開し、前方部へむけて剝離を行って頬骨弓上部を露出させ、ついで下顎を動かし下顎頭の位置を確認しながら、関節包を露出させた。

生理食塩水に溶解した40%HRP溶液1.0 $\mu$ lをガラスマイクロビペットに充填し、周囲組織への漏洩がないことを確認しながら空気圧で徐々に関節腔内に注入した。HRP溶液注入後、顎関節の刺入点はシアノアクリレート系接着剤にて封鎖し周囲への漏洩を防いだ。動物は第1-4群に分け次に示すようにHRP溶液の注入と処理を行った。

第1群(動物番号1-5):顎関節の神経支配を検討するため、片側顎関節にHRP溶液1.0 $\mu$ lを注入した。

第2群(動物番号6-10):顎関節を支配する神経細胞の局在と大きさを検討するため、片側顎関節にHRP溶液1.0 $\mu$ lを注入した。また分布する神経の種類がよく知られている歯髄と比較するために対側上顎第一大臼歯歯髄に40%HRP溶液0.5 $\mu$ lを注入し、同様に標識細胞を検討した。歯髄へのHRP溶液注入は、Murfurt<sup>3)</sup>の方法に準じた。すなわち歯科用エンジンにて1/4ラウンドバーを用いて、注水下に上顎第一大臼歯咬合面を切削し、歯髄を損傷しないように注意しながら歯髄腔を開拓した。歯冠部歯髄から出血していることを確認後、生理食塩水と10%次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いて交互に洗浄を繰り返す、止血を行った。40%HRP溶液0.5 $\mu$ lを周囲に漏洩のないように注意しながら歯冠部歯髄に浸透させた。約30分後にHRP溶液が歯髄に浸透したのを確認後、歯牙切断面を歯科用グラスファイブセメントにて封鎖した。

第3群(動物番号11-15):顎関節を支配する交感神経の支配経路を検討するため、外顎動脈神経叢を切断して上顎神経節の細胞標識の変化を検討した。すなわち動物の顎部皮膚に縦切開を行い、顎二腹筋前腹を剖出して中間腱にて切断した。舌骨周囲からさらに深部に剝離を進め、総顎動脈および内顎外顎動脈分岐部を明示した。外顎動脈神経叢を外顎動脈と共に総顎動脈分岐部直上で切断した。第1群と同じ方法により同側顎関節に40%

HRP 溶液 1.0  $\mu$ l を注入し、上頸神経節の細胞標識の変化を検討した。

第 4 群(動物番号 16-20)：顎関節を支配する交感神経の支配経路および感覚神経の支配を検討するため、耳介側頭神経を切断して上頸神経節、三叉神経節の細胞標識の変化を検討した。すなわち耳前部皮膚切開を行い、深部へ剝離を進めて下顎枝後縁において下顎骨内側から外側へ出てくる耳介側頭神経を明示した。その耳介側頭神経の顎関節枝を下顎頭下縁の高さで切断した後、第 1 群と同じ方法により同側顎関節に 40 % HRP 溶液 1.0  $\mu$ l を注入し、上頸神経節、三叉神経節の細胞標識の変化を検討した。

#### 実験 2 咀嚼筋における神経支配

Wistar 系ラット 24 匹(体重 180-200 g)を雌雄の別なく用いた。動物をペントバルビタール(40 mg/kg)腹腔内投与により麻酔後、手術用顕微鏡下で各咀嚼筋を露出させた。生理食塩水に溶解した 40 % HRP 溶液をマイクロシリンジ(ハミルトン<sup>®</sup>)にて咀嚼筋内に注入した。

動物は第 5-10 群に分け、次のように HRP 溶液の注入と処理を行った。

第 5 群(動物番号 21-24)：耳前部皮膚切開により咬筋を露出させ、0.5-1.0 mm の深さで 40 % HRP 溶液を 0.5  $\mu$ l ずつ 6 カ所に分けて合計 3.0  $\mu$ l 注入した。

第 6 群(動物番号 25-28)：側頭部皮膚切開により側頭筋を側頭骨上で露出させ、0.5-1.0 mm の深さで 40 % HRP 溶液を 0.5  $\mu$ l ずつ 6 カ所に分けて合計 3.0  $\mu$ l 注入した。

第 7 群(動物番号 29-32)：下顎下縁部皮膚切開により、内側翼突筋を下顎下縁内側において露出させ、0.5-1.0 mm の深さで 40 % HRP 溶液を 0.5  $\mu$ l ずつ 6 カ所に分けて合計 3.0  $\mu$ l 注入した。

第 8 群(動物番号 33-36)：側頭部皮膚切開により頬骨弓を露出させ、切断して下顎頭およびその内側を直視した。下顎頭内側の外側翼突筋を明示させた後、0.5-1.0 mm の深さで 40 % HRP 溶液を 0.5  $\mu$ l ずつ 6 カ所に分けて合計 3.0  $\mu$ l 注入した。

第 9 群(動物番号 37-40)：頸部正中皮膚切開により頸二腹筋前腹を露出させ、0.5-1.0 mm の深さで 40 % HRP 溶液を 0.5  $\mu$ l ずつ 6 カ所に分けて合計 3.0  $\mu$ l 注入した。

第 10 群(動物番号 41-44)：頸部正中皮膚切開を行い、頸二腹筋前腹を切断除去して顎舌骨筋を露出させた。筋内が薄いので、皮内注射の要領で、40 % HRP 溶液を 0.5  $\mu$ l ずつ 3 カ所に分けて合計 1.5  $\mu$ l 注入した。

以上のように注入する深さを一定にするとともに、HRP 溶液注入後に各咀嚼筋の刺入点はシアノアクリレート系接着剤にて封鎖し、周囲への漏洩を防いだ。

動物を 24 時間生在させた後、深麻酔下で左心室から上行大動脈へカテーテルを挿入し、ヘパリン添加生理食塩水 50 ml に続き、パラホルム・グルタルアルデヒド・0.1 M リン酸緩衝液(pH 7.4)200-250 ml にて環流固定した。直ちに上頸神経節(SCG)、星状神経節(SG)、三叉神経節(TRG)、脳幹を摘出し、4°C の 30 % ショ糖添加 0.1 M リン酸緩衝液に一昼夜保存した。60  $\mu$ m の凍結切片を作製

Table 1. Number of labeled cells in each ganglion in Group 1 and 2  
In Group 1., HRP was not injected in the contralateral side.  
In Group 2., HRP was injected into tooth pulp of upper the first molar in the contralateral side.

Animal Number	TMJ side			Contralateral side		
	SCG	SG	TRG	SCG	SG	TRG
Group 1.						
1	18	0	14	0	0	0
2	82	0	28	0	0	0
3	31	0	24	0	0	0
4	22	0	16	0	0	0
5	95	0	35	0	0	0
Group 2.						
6	23	0	26	0	0	30
7	13	0	27	0	0	16
8	49	0	31	0	0	17
9	67	0	16	0	0	12
10	78	0	31	0	0	12
Mean $\pm$ SD	47.8 $\pm$ 30.4	0	24.8 $\pm$ 7.2	0	0	18.2 $\pm$ 6.9

し, Mesulam の方法<sup>4)</sup>にしたがって tetramethyl benzidine 法により発色処理した. 遊離切片をゼラチン処理したスライドガラスに載せ, 一昼夜乾燥させた後, 1% 中性赤にて対比染色した.

標識細胞の大きさは, 細胞の長径とそれに直交する短径の平均(平均直径)で表した. その長径と短径の測定は, 組織標本中に標識された細胞の輪郭を顕微鏡に装填した描画装置を用いてスケッチし, これをデジタイザー上に置き, パーソナルコンピュータプログラムを用いて行った. 統計的処理は FISHER<sup>5)</sup>により, Student-t 検定および多重比較検定(Duncan 法または Scheffe 法)を用いて行った.

顎関節においては, HRP 溶液が顎関節包から周囲筋肉へ漏洩すると三叉神経運動核や中脳路核の細胞が標識されるので, これら中枢に細胞標識を認めないものをデータとした.

## 結 果

### 実験 1 顎関節における神経支配

#### 1. 第 1 群: 片側顎関節注入群

Table 1 は片側顎関節注入群(第 1 群)および片側顎関節, 対側上顎第 1 大白歯歯髓注入群(第 2 群)における各神経節の標識細胞数を示す. 顎関節支配の HRP 標識細胞は, 注入側の上顎神経節と三叉神経節にのみ認められ, 対側には認めなかった. また星状神経節には標識細胞は認めなかった(Table 1-第 1 群).

#### 2. 第 2 群: 顎関節・歯髓注入群

顎関節注入側には上顎神経節に多数の標識細胞が存在するのに対し, 歯髓注入群では全く認めなかった(Table 1-第 2 群).

Fig. 1-A は顎関節注入側の上顎神経節の標識細胞像を示す. 標識細胞は局在なく一様な分布をしていた. Fig. 1-B は三叉神経節の標識細胞像を示す. 標識細胞は第 3 枝領域にあたる最外側部で第 2 枝との境界付近に分布していた.

Fig. 2 は顎関節注入側の上顎神経節における標識細胞の大きさの分布を示す. 18-20  $\mu\text{m}$  を頂点とする単峰性の分布で, 平均直径は  $18.9 \pm 2.7 \mu\text{m}$  であった.

Fig. 3 は顎関節および歯髓注入側の三叉神経節標識細胞の大きさの分布の比較を示す. 顎関節では  $23.7 \pm 5.9 \mu\text{m}$ , 歯髓では  $27.4 \pm 5.0 \mu\text{m}$  と顎関節支配三叉神経節細胞の方が有意に小さかった( $t=4.73$ ,  $d.f.=220$ ,  $P<0.0001$ ).

#### 3. 第 3 群: 外顎動脈神経叢切断群

Table 2-第 3 群は外顎動脈神経叢切断群の各神経節

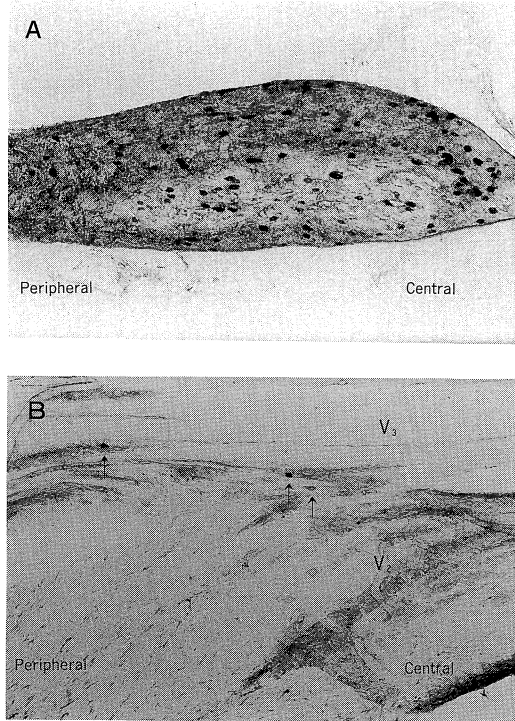


Fig. 1. Photomicrographs showing labeled neurons in the superior cervical (SCG; A) and trigeminal (TRG; B) ganglia

A: This shows labeled neurons in SCG after HRP injection into TMJ. They are uniformly distributed in the ganglion ( $\times 40$ )  
 B: This shows labeled neurons in TRG after HRP injection into TMJ. They are localized in the submandibular area of the ganglion ( $\times 40$ ). Arrows indicate labeled cells.

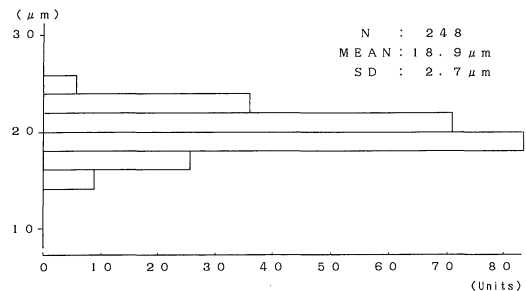


Fig. 2. Size distribution of labeled cells in SCG after HRP injection into TMJ.

の標識細胞数を示す. 上顎神経節標識細胞数は  $1.8 \pm 2.1$  個で, 非切断群  $47.8 \pm 30.4$  個(Table 1)に比べほとんど消失し( $t=4.54$ ,  $d.f.=485$ ,  $P<0.0001$ ), 顎関節支配交

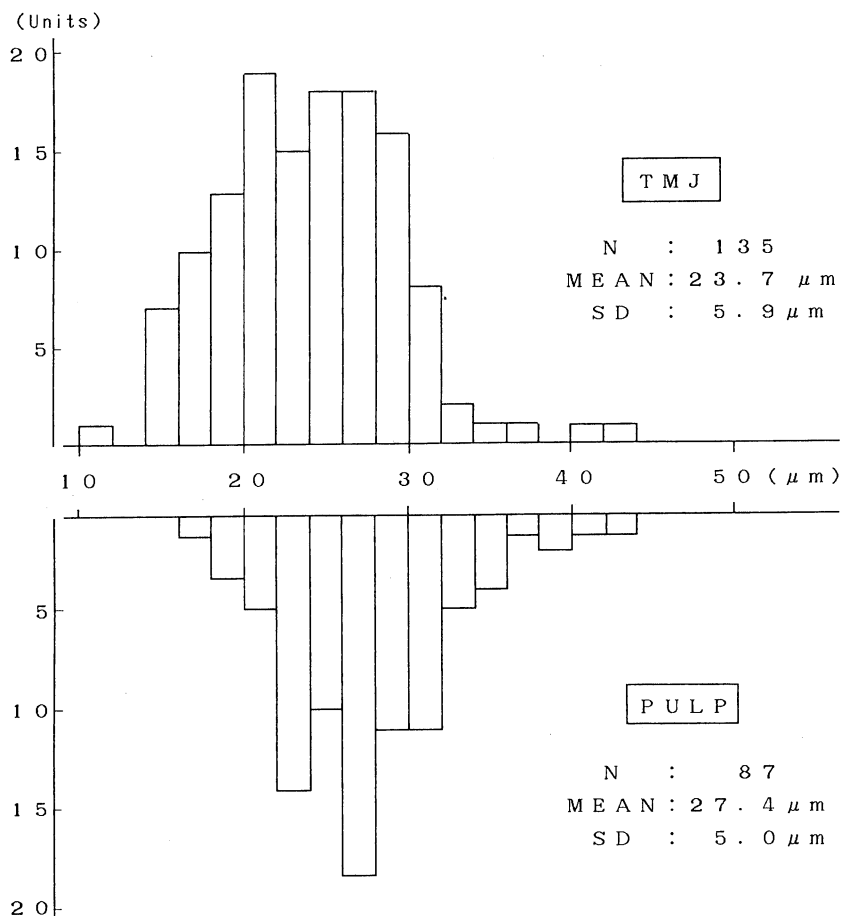


Fig. 3. Size distribution of labeled cells in TRG after HRP injection into TMJ and tooth pulp.

Table 2. Number of labeled cells in each ganglion in Group 3. and Group 4.

In Group 3., HRP was injected into TMJ after sectioning the external cervical plexus.  
In Group 4., HRP was injected into TMJ after sectioning the auriculotemporal nerve.

Group 3				Group 4			
Animal Number	SCG	SG	TRG	Animal Number	SCG	SG	TRG
11	4	0	20	16	0	0	1
12	0	0	35	17	0	0	5
13	4	0	28	18	0	0	3
14	0	0	19	19	0	0	2
15	1	0	20	20	0	0	2
Mean±SD	1.8±2.1	0	24.4±6.5	Mean±SD	0	0	2.6±1.5

(Units)

感神経は大部分が外頸動脈神経叢經由であることが分かる。

4. 第4群：耳介側頭神経切断群

Table 2-第4群は耳介側頭神経切断群の各神経節の

標識細胞数を示す。耳介側頭神経切断により上頰神経節にはHRPの顎関節注入による標識細胞は認められなくなった。三叉神経節標識細胞数は2.6±1.5個で、非切断群24.8±7.2個(Table 1)に比べて有意に少なく(t=

11.09, d. f.=259,  $P < 0.0001$ )10%程度であった。これに残存している三叉神経節標識細胞の大きさは  $24.0 \pm 5.6 \mu\text{m}$  で、非切断群と有意な差はなかった。

実験2 咀嚼筋の神経支配

1. 上顎神経節標識細胞の局在と大きさ

Table 3 は咬筋、側頭筋、内側翼突筋、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋注入群における各神経節の標識細胞数を示す。HRP 標識細胞は、注入側の上顎、三叉神経節および三叉神経運動核に認められ、対側のそれらおよび星状神経節には認めなかった。中脳路核については、咬筋、側頭筋、内側翼突筋注入群においては注入側に標識細胞を認めたが、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋注入群においては認めなかった。

上顎神経節における標識細胞数は、咬筋  $128 \pm 32.1$  個、側頭筋  $162 \pm 29.9$  個、内側翼突筋  $155 \pm 31.2$  個と多かったが、外側翼突筋  $84.5 \pm 21.3$  個と有意に少なく、顎二腹筋前腹  $8.0 \pm 2.3$  個、顎舌骨筋  $6.0 \pm 0.8$  個と非常に少なかった(Duncan 法多重比較検定:  $P < 0.01$ )。

咬筋、側頭筋、内側翼突筋、外側翼突筋では、標識細胞は上顎神経節の中核約  $1/2$  に局在していた(Fig. 4-A)。しかし顎二腹筋前腹、顎舌骨筋では標識細胞は非常に少なく、局在は明示できなかった。

Fig. 5(1)-(6)は各咀嚼筋の上顎神経節標識細胞の大きさの分布を示す。(1)-(4)は各動物(各群4匹)あたり任意に選んだ1切片についての大きさを計測したものを、

(5)、(6)は全切片について大きさを計測したもののデータを表す。およそ  $16-20 \mu\text{m}$  付近を頂点とする単峰性のヒストグラムで、平均直径  $18.2 \pm 2.7 \mu\text{m}$  であった。また各咀嚼筋間に有意な差は認められなかった(Scheffe 法多重比較検定:  $P < 0.01$ )。

2. 三叉神経節標識細胞の局在と大きさ

三叉神経節における標識細胞数は、咬筋  $25.8 \pm 12.2$  個、側頭筋  $18.3 \pm 5.5$  個、内側翼突筋  $24.8 \pm 6.2$  個、外側翼突筋  $22.5 \pm 3.7$  個であったが、顎二腹筋前腹  $5.8 \pm 1.7$  個、顎舌骨筋  $2.0 \pm 0.8$  個と有意に少なかった(Duncan 法多重比較検定:  $P < 0.01$ )(Table 3)。

咬筋、側頭筋、内側翼突筋、外側翼突筋では、標識細胞は注入側の三叉神経節の第3枝領域にあたる最外側部の中央部から第2枝との境界付近に分布し、対側には認めなかった(Fig. 4-B)。顎二腹筋前腹、顎舌骨筋では標識細胞は少ないながらも、同様の局在を示した。

Fig. 6(1)-(6)は各咀嚼筋の三叉神経節標識細胞の大きさの分布を示す。およそ  $24-28 \mu\text{m}$  付近を頂点とする単峰性のヒストグラムで、平均直径  $24.3 \pm 4.9 \mu\text{m}$  であった。また各咀嚼筋間に有意な差は認められなかった(Scheffe 法多重比較検定:  $P < 0.01$ )。

3. 三叉神経運動核標識細胞の局在と大きさ

三叉神経運動核における標識細胞数は、咬筋  $128 \pm 16.9$  個、側頭筋  $95.5 \pm 34.2$  個、内側翼突筋  $167 \pm 50.5$  個、外側翼突筋  $117 \pm 38.4$  個顎二腹筋前腹  $126 \pm 33.6$  個

Table 3. Number of labeled cells in each ganglion and trigeminal motor nucleus

Animal Number	SCG	TRG	TMN	Animal Number	SCG	TRG	TMN
Group 5. Masseter muscle				Group 6. Temporal muscle			
1	122	10	116	5	202	26	139
2	172	19	120	6	137	17	57
3	123	44	153	7	141	13	85
4	95	19	123	8	166	17	101
Mean±SD	128±32.1	25.8±12.2	128±16.9	Mean±SD	162±29.9	18.3±5.5	95.5±34.2
Group 7. Medial pterygoid muscle				Group 8. Lateral Pterygoid muscle			
9	181	21	98	13	58	25	171
10	133	34	189	14	79	18	89
11	123	23	166	15	108	21	118
12	182	21	216	16	93	26	90
Mean±SD	155±31.2	24.8±6.2	167±50.5	Mean±SD	84.5±21.3	22.5±3.7	117±38.4
Group 9. Anterior digastric muscle				Group 10. Mylohyoid muscle			
17	6	4	149	21	6	3	6
18	10	5	159	22	7	1	10
19	6	8	110	23	6	2	8
20	10	6	87	24	5	2	7
Mean±SD	8.0±2.3	5.8±1.7	126±33.6	Mean±SD	6.0±0.8	2.0±0.8	7.8±1.7

(Units)

SCG: Superior cervical ganglion, TRG: Trigeminal ganglion, TMN: Trigeminal motor nucleus

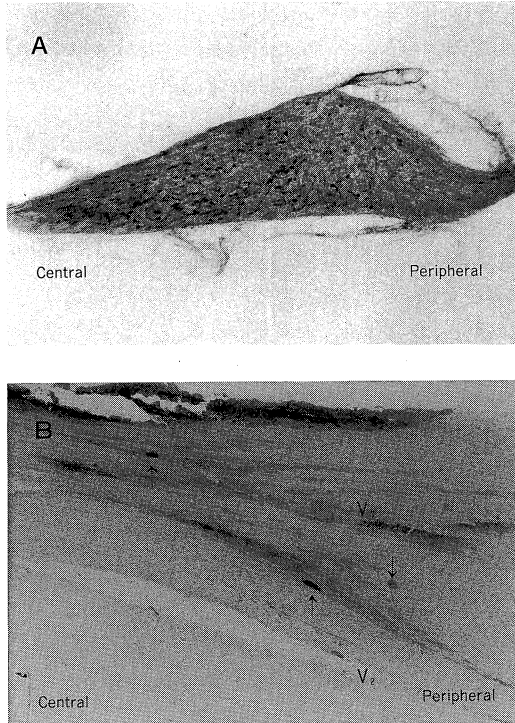


Fig. 4. Photomicrographs showing labeled neurons in the superior cervical (SCG; A) and trigeminal (TRG; B) ganglia.

A: This shows labeled neurons in SCG after HRP injection into the masseter muscle. They are localized at the central 1/2 of the ganglion ( $\times 40$ ).

B: This shows labeled neurons in TRG after HRP injection into the masseter muscle. They are localized in the submandibular area of the ganglion ( $\times 40$ ). Arrows indicate labeled cells.

と多かったが、顎舌骨筋  $7.8 \pm 1.7$  個と有意に少なかった (Duncan 法多重比較検定:  $P < 0.01$ ) (Table 3).

Fig. 7 は各筋肉の三叉神経運動核における標識細胞の局在を尾側から吻側方向へ 2~3 片切毎に示したものである。咬筋は尾側では背外側に局在していたが、吻側に近づくにつれて腹外側にも広がっていた。側頭筋は尾側では背側中央部に局在していたが、吻側に近づくにつれて腹側の方にも広がっていた。内側翼突筋は全切片を通じて腹外側から腹内側に、外側翼突筋は腹内側に局在していた。顎二腹筋前腹は背内側に、顎舌骨筋は内側に局在していたが、吻側端ではともに消失していた。

Fig. 8(1)-(6) は各咀嚼筋の三叉神経運動核標識細胞の大きさの分布を示す。咬筋では  $20-22 \mu\text{m}$  と  $26-28 \mu\text{m}$  を頂点とする二峰性の形態を示した。側頭筋では  $26-28$

$\mu\text{m}$  を頂点とする単峰性のヒストグラムであった。内側翼突筋、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋では  $24-26 \mu\text{m}$  を頂点とする単峰性のヒストグラムであった。平均直径は咬筋  $26.0 \pm 4.3 \mu\text{m}$ 、側頭筋  $26.1 \pm 4.3 \mu\text{m}$  と差はなかったが、内側翼突筋  $24.5 \pm 3.3 \mu\text{m}$ 、外側翼突筋  $25.1 \pm 3.6 \mu\text{m}$ 、顎二腹筋前腹  $24.9 \pm 3.3 \mu\text{m}$ 、顎舌骨筋  $24.0 \pm 3.0 \mu\text{m}$  で、これらは咬筋、側頭筋に比べて有意に小さかった (Scheffe 法多重比較検定:  $P < 0.01$ )。

咬筋、側頭筋、内側翼突筋では三叉神経中脳路核に各々 197 個、47 個、35 個 (各群 4 匹) の標識細胞が認められたが、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋には全く認められなかった。標識細胞の大きさは  $16-20 \mu\text{m}$  を頂点とした単峰性の分布で、平均直径は  $19.1 \pm 3.4 \mu\text{m}$  であった (Fig. 9)。

## 考 察

### 1. 顎関節、咀嚼筋における交感神経支配について

顎関節支配の交感神経起始細胞について、安東らは HRP 法を用いてネコの上頸神経節に局在なく分布するが星状神経節には認めないと報告した<sup>6)</sup>が、Widenfalk らはラットの上頸神経節、星状神経節共に存在するとした<sup>7)</sup>。本研究では注入側上頸神経節にのみ標識細胞を認め、星状神経節には全く認めなかったことから、顎関節を支配する交感神経は、全て上頸神経節由来であるといえる。Widenfalk らが上頸神経節、星状神経節に多量の標識細胞を認めているのは、顎関節に大量の HRP を注入し、漏洩のため標識細胞が広がったためと考えられる。

顎関節を支配する交感神経については、Schmid が外頸動脈神経叢から来た交感神経が耳神経節に入り、顎関節内側に分布するのであろうと推測し<sup>8)</sup>。石橋は顎関節への交感神経支配は、交感神経叢からの直接の枝によるのではなく、むしろこれと交通のある三叉神経の枝を介して行われている可能性がある<sup>9)</sup>と推測している<sup>9)</sup>のみで、確定的な報告はない。

今回の結果 (第 3・4 群) から、上頸神経節を出た交感神経は外頸動脈に沿って上行し、おそらく動脈の枝にしたがって分枝しながら進み、やがて三叉神経第 3 枝の枝である耳介側頭神経と合流して顎関節に分布することが強く示唆される。しかし Schmid の言うように耳神経節を通過するかはまだ不明であるが、本来耳神経節は副交感性で、副交感神経線維はシナプスを形成してニューロンを変えるが、交感神経線維は耳神経節を経由したとしても単に通過するにすぎないため、耳神経節の経由についてはそれほど重要な意義は認められない。

一般的に交感神経は、各臓器の支配動脈に伴走して臓

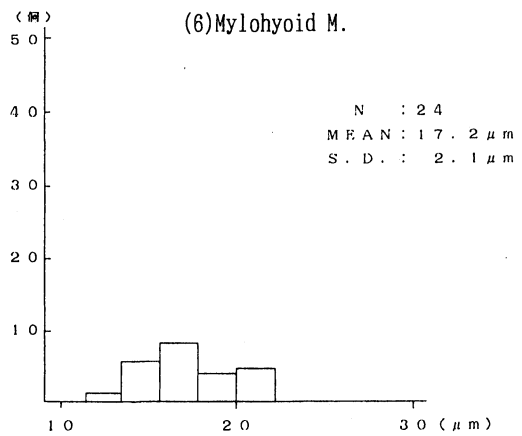
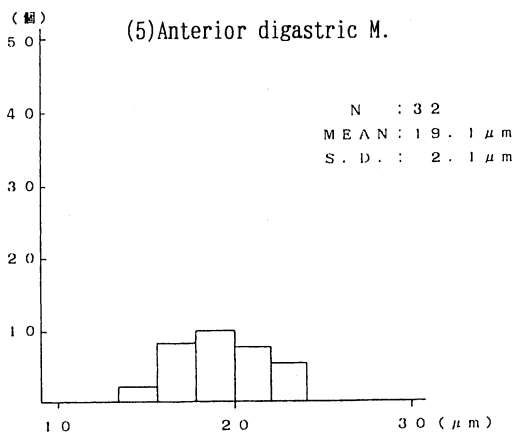
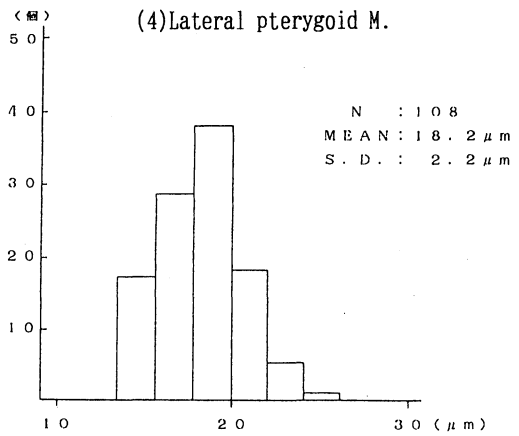
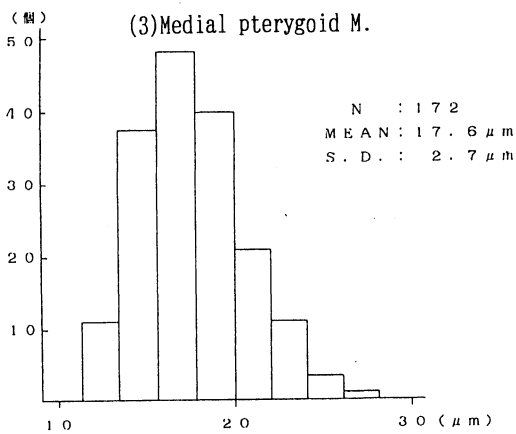
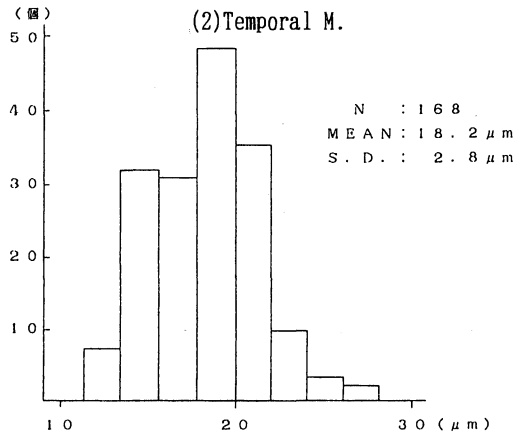
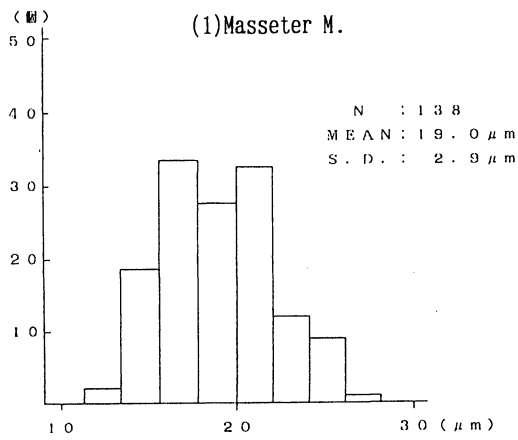


Fig. 5. Comparison of size distribution of labeled cells in SCG after HRP injection into each masticatory muscle.



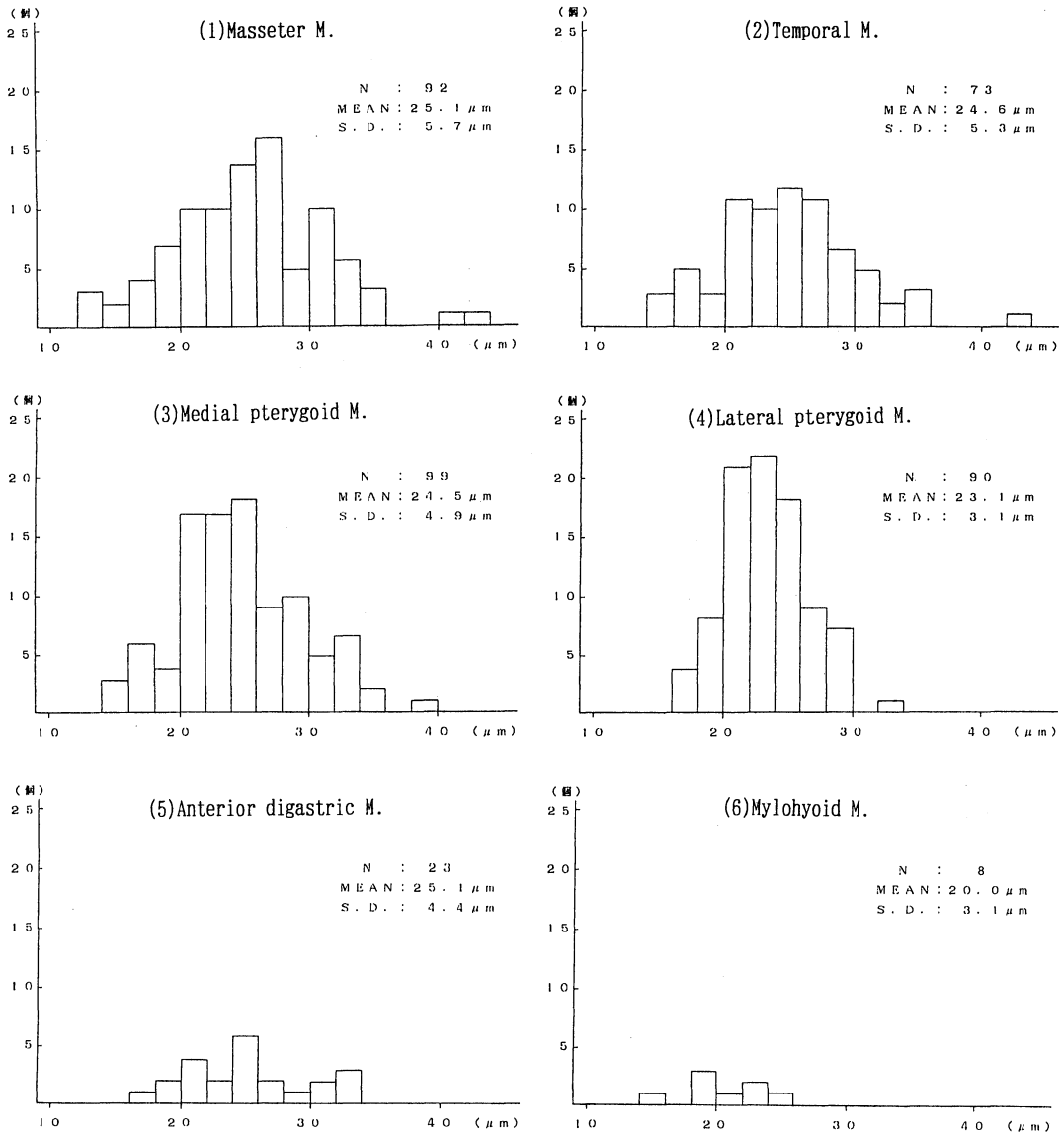


Fig. 6. Comparison of size distribution of labeled cells in TRG after HRP injection into each masticatory muscle.

器を支配すると言われてきたが、Bruce は三叉神経第2、3枝に交感神経線維が含まれる<sup>10)</sup>ことを、Marfurt は眼球への交感神経線維が三叉神経内に含まれる<sup>11)</sup>ことを報告している。本研究からも三叉神経節よりも末梢側において、感覚神経である三叉神経線維(顎関節においては耳介側頭神経)に上頸神経節からの交感神経線維が合流して、大部分の顎関節の交感神経成分を支配していることが証明された。したがって交感神経の刺激は顎関節の痛

み等の感覚に大いに影響を与えるものと推察される。

咀嚼筋の交感神経支配についての報告は少なく、池原がHRP法を用いてラット咬筋支配の交感神経起始細胞は上頸神経節の中核側1/2に局在するとした報告<sup>12)</sup>のみである。本研究の結果から、咬筋、側頭筋、内側翼突筋では上頸神経節中核側1/2に多くの標識細胞が認められ、咬筋のみならず側頭筋、内側翼突筋にも豊富な交感神経支配があることが示された。しかし、外側翼突筋では上

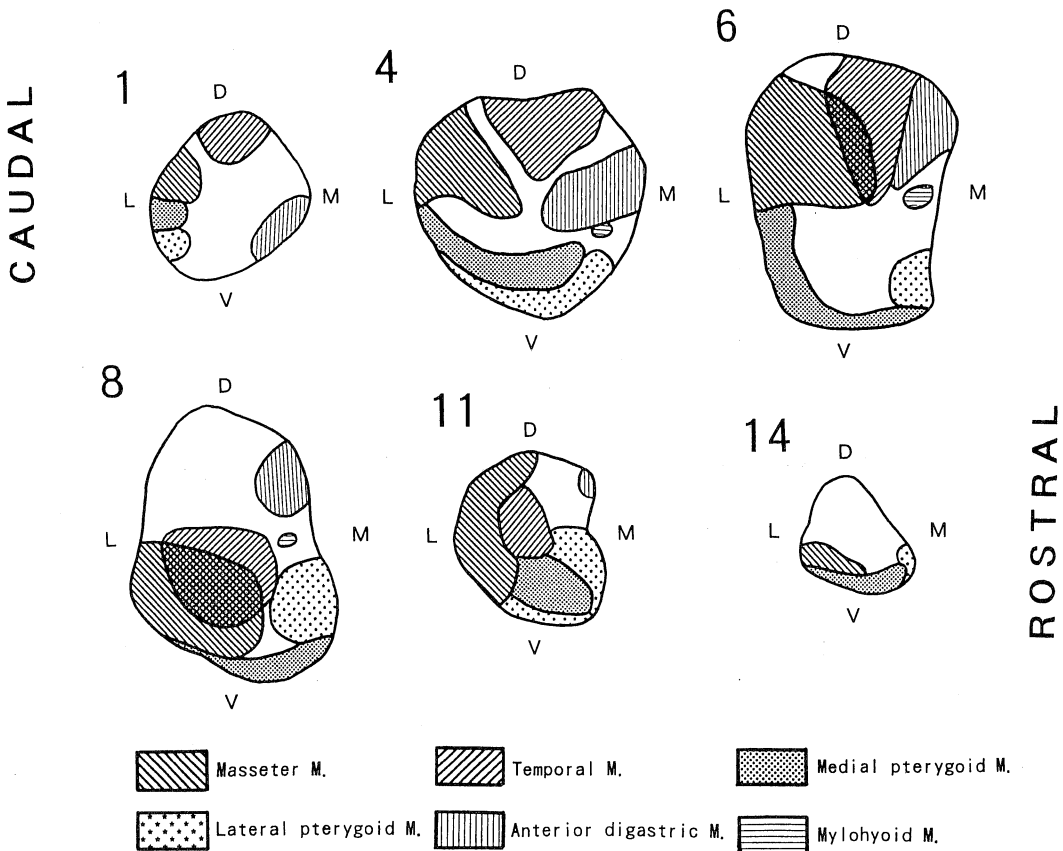


Fig. 7. Localization of labeled cells in the trigeminal motor nucleus (TMN) after HRP injection into each masticatory muscle.

Number at left side of each drawing indicate section number from caudal side of TMN

D: dorsal, V: ventral, L: lateral, M: medial

頸神経節中枢側 1/2 に標識細胞を認めるが、その数は咬筋、側頭筋、内側翼突筋に比べて有意に少ない。顎二腹筋前腹、顎舌骨筋ではわずかな数の標識細胞しか認められず、交感神経支配はほとんど受けていないと考えられる。

生理学的な研究では、Roughら<sup>13)</sup>、Yemmら<sup>14)</sup>は心情的ストレスにより咬筋活動が亢進することを示した。咀嚼筋に対する交感神経の作用について、Passatoreら<sup>15)</sup>は交感神経刺激により、Lundら<sup>16)</sup>は交感神経作動薬のアドレナリンやノルアドレナリンを投与することにより、咬筋筋紡錘の活動が亢進したと報告した。一般にストレッチャーが働くとき、まず自律神経系の上位中枢である視床下部の活動が影響を受け、特に交感神経系の緊張が高まると咀嚼筋の緊張が高まると考えられている<sup>17)</sup>。しかし池原は、これは三叉神経のγ運動神経を介する中枢性の影響が強いためと考え、咬筋神経を切断して中枢性の影

響を排除後、頸部交感神経刺激をすると、筋紡錘活動は抑制され咬筋活動も抑制されたと報告している<sup>12)</sup>。このように交感神経の緊張と咀嚼筋の緊張亢進に関する研究については諸説がみられるが、臨床的には精神的ストレスは閉口筋活動の亢進をもたらすと考えられ、顎関節症の一因になるものである。すなわち閉口筋活動の亢進により咀嚼筋スパズムが発生し、筋肉痛へと症状が進む。これがさらに不快感を増強してストレスを強めるという悪循環に陥ることになる<sup>17)</sup>。

一方池原は、顎二腹筋前腹に現れた自発性筋活動は交感神経刺激によってほとんど影響を受けないことから、閉口筋と開口筋では交感神経の影響に大きな差があることを報告している<sup>12)</sup>。また Brodinらも、交感神経刺激は顎二腹筋の反射性収縮には影響を与えないと述べている<sup>18)</sup>。著者の結果から、閉口筋には豊富な交感神経支配があるのに対し、開口筋には交感神経支配は少ない。この

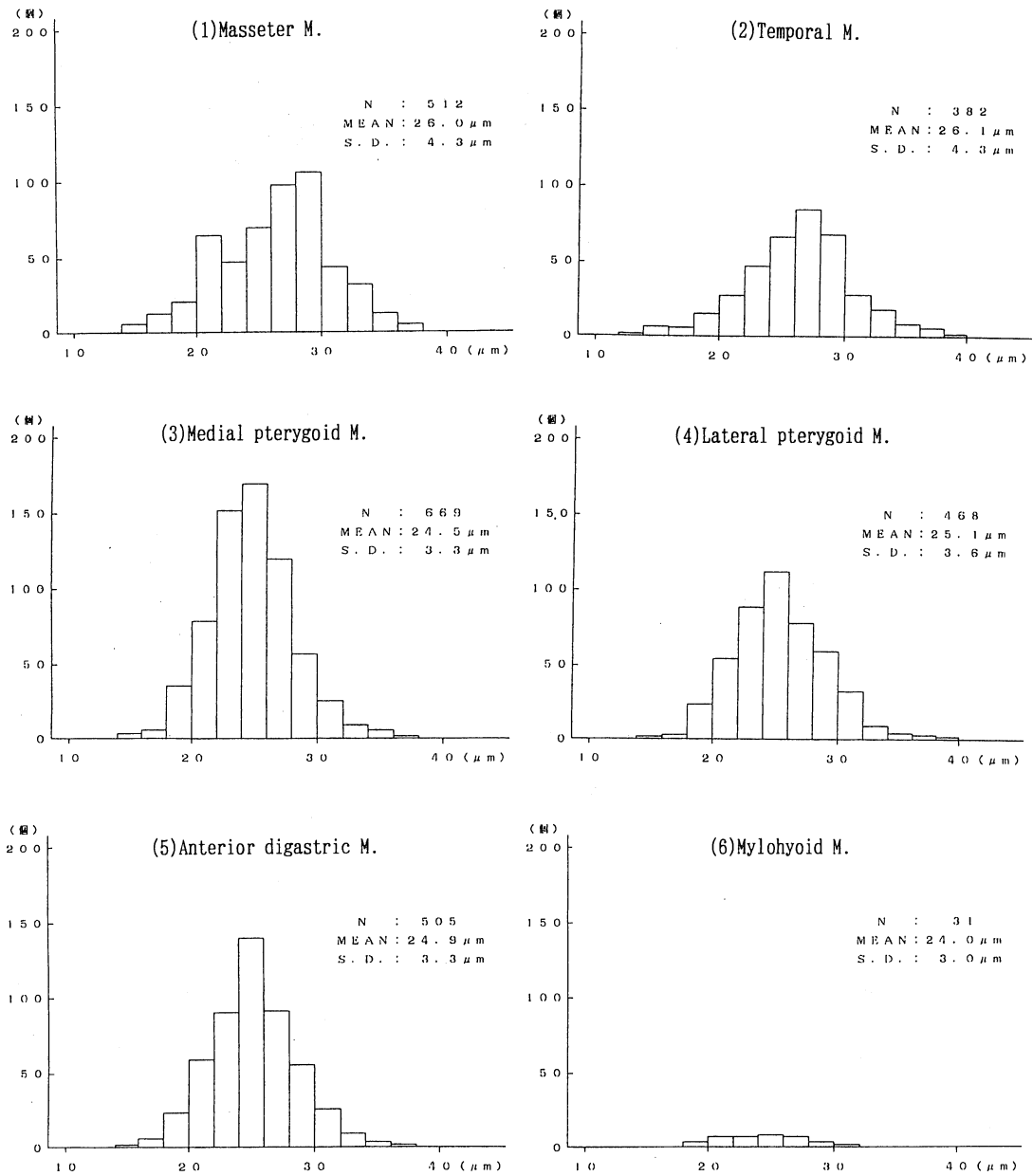


Fig. 8. Comparison of size distribution of labeled cells in the trigeminal motor nucleus after HRP injection into each masticatory muscle.

ため交感神経が刺激を受けるとその支配を受ける閉口筋に影響があるのに対し、開口筋においては、交感神経刺激による影響を受けにくいと考えられ、上記の生理学的な報告を裏付けている。

咀嚼筋の血流量は、開口筋、閉口筋ともに交感神経刺激により減少する<sup>12)19)</sup>。これは筋肉に到達するまでの動

脈が交感神経緊張により収縮するために起こり、筋肉を直接支配する交感神経の量とは無関係であろう。

ところで第2群：歯髓注入群では頸部交感神経節には標識細胞は全く認められなかった。しかし窪田はサルの歯冠部歯髓にHRPを<sup>20)</sup>、高田はサルの歯根部歯髓にHRPを注入し<sup>21)</sup>、ともに頸部交感神経節に多数の標識細胞

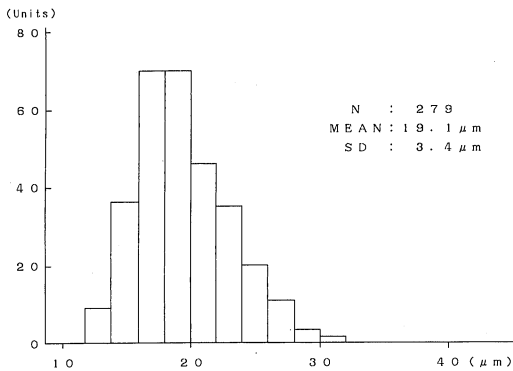


Fig. 9. Size distribution of labeled cells in the trigeminal mesencephalic nucleus.

胞を認めた。窪田、高田の方法では HRP は歯根部歯髄から取り込まれたのか、根尖周囲組織へ漏洩したのかは不明である。本研究では HRP は歯冠部歯髄から限局的に取り込まれたと考えられ、顎部交感神経節に標識細胞が認められなかったことから、歯冠部歯髄には交感神経線維は存在しないと考えられる。一方組織化学的研究により、歯根部歯髄内に交感神経に特有なアドレナリン<sup>22)23)24)</sup>やニューロペプチド Y<sup>25)</sup>が証明されることから、歯髄の交感神経は歯根部にのみ存在すると考えられる。

2. 顎関節、咀嚼筋における三叉神経支配について

顎関節支配三叉神経の三叉神経節内分布について、Romfh<sup>26)</sup>、Capra<sup>27)</sup>、安東ら<sup>9)</sup>はネコにおいて、Widenfalkら<sup>7)</sup>はラットにおいて、Morimotoら<sup>28)</sup>はイヌにおいて三叉神経節第3枝領域に局在すると報告している。本研究でも同様に三叉神経節第3枝領域内で第2枝との境界付近に局在していた。

Thilanderによればヒト顎関節には平均1500本の感覚神経が分布しており、そのうち2/3が関節包後部を支配する耳介側頭神経由来で、1/3が咬筋神経、深側頭神経由来であると述べている<sup>29)</sup>。第4群において、耳介側頭神経切断により三叉神経節標識細胞数は非切断群(Table 1)に比べてその約10%に減少していたことから、ラットにおいては顎関節の感覚の大部分(約90%)は耳介側頭神経により支配され、深側頭神経や咬筋神経の関与は少ないと考えられる。

咀嚼筋支配の神経細胞の三叉神経節内分布についての報告は少なく、Nishimoriら<sup>30)</sup>の HRP 法を用いてネコ咬筋支配の三叉神経節標識細胞は第3枝領域にあたる外側部に分布していたとの報告があるのみである。本研究においても各咀嚼筋の標識細胞は三叉神経第3枝領域から、第2枝との境界付近に局在していた。

3. 顎関節、咀嚼筋支配三叉神経細胞の大きさについて

Thilanderはヒト顎関節支配神経のうち、直径1-2μmのものが最も多く<sup>29)</sup>、Wykeはネコ顎関節において直径5μm以下の細い神経線維が全体の45%以上を占め<sup>31)</sup>、関節包、円板周辺、支配血管の外膜に自由神経終末として終止し関節からの痛覚を伝えると述べている。

本報告(第2群)から、顎関節支配三叉神経節細胞の大きさは、歯髄のそれよりも有意に小さかった。Arvidssonらは HRP 法を用いて、歯髄の感覚神経は中程度の大きさの三叉神経節細胞由来である<sup>32)</sup>と報告している。

Hollandらは解剖学的に歯髄支配神経線維は大部分がAδおよびC線維でわずかにAβ線維が存在する<sup>33)</sup>と報告している。

Dostrovsky<sup>34)</sup>やHuら<sup>35)</sup>は電気生理学的に、歯髄支配神経はAδ線維である<sup>33)34)</sup>と報告している。本研究から顎関節支配三叉神経節細胞は歯髄支配のそれよりも有意に小さいことから、顎関節を支配する感覚神経は歯髄よりも細径のAδおよびC線維が多く、顎関節の感覚は痛覚が主体であると考えられる。

解剖学的研究<sup>36)37)</sup>、HRP法<sup>38)</sup>やsubstance P, calcitonin gene related peptide等のニューロペプチドを用いた報告<sup>39)40)41)</sup>から、顎関節の後方部および外側部に多くの神経線維が観察され、それらの大部分がAδ、C線維と連絡する自由神経終末であると考えられ、今回の著者の報告と一致する。臨床的に、顎関節の痛みは顎関節後方に障害が存在するときに著明に現れる<sup>1)</sup>ことから、その感覚は主に耳介側頭神経により伝達されるものと考えられる。

このことは、顎関節の感覚は前方部よりも後方の方が非常に鋭敏であり、顎関節症における下顎頭の偏位が関節包の外側や後面に張力を生じ、この部に存在する豊富な痛覚神経を刺激して疼痛を生じるためであると考えられる。

なお第4群で、耳介側頭神経切断後残存した標識細胞の大きさは非切断群のそれとほぼ同程度であり、耳介側頭神経が痛覚を司る細い線維を、咬筋、深側頭神経が深部感覚を司る太い線維を含むのではないと考えられる。

咀嚼筋支配の三叉神経節標識細胞の大きさについてNishimoriら<sup>30)</sup>は、ネコ咬筋支配のそれは下顎歯髄のそれと比べて有意に小さいことを報告している。本研究では各咀嚼筋の三叉神経節標識細胞間には大きさの差は認められず、全体で平均直径24.3±4.9μmで、歯髄27.4±5.0μmに比較して非常に小さく(t=5.31, d.f.=470, P<0.0001)、顎関節23.7±5.9μmと同程度と言える。

したがって咀嚼筋を支配する感覚神経のうち三叉神経節にその細胞体を持つものは、細径の A $\delta$ (group I)および C(group II)線維であろう。筋紡錘からの Ia, Ib 感覚線維はその細胞体を中脳路核に持っているため、これら三叉神経節に細胞体を持つ感覚神経は、主に咀嚼筋の自由神経終末<sup>42)43)</sup>からの情報、すなわち筋肉の痛みを伝達していると考えられる。本研究から、各咀嚼筋の三叉神経節標識細胞数は、咬筋、側頭筋、内側翼突筋、外側翼突筋に比べて、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋は非常に少ないことから、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋では自由神経終末からの痛みの情報伝達は少なく、臨床的にも顎関節症患者において舌骨上筋群の痛みを訴える者は少ない事実と一致する。

顎関節および咀嚼筋からの神経線維は三叉神経節を経由し、おもに三叉神経脊髄路核の尾側亜核や中位亜核と連絡する<sup>30)40)</sup>。これらには広作動域ニューロンが多く、また特異的侵害受容ニューロンも受容野が広い<sup>30)</sup>、これが顎関節痛が咀嚼筋痛の関連痛として知覚される原因と考えられる。

### 3. 咀嚼筋における運動神経細胞について

咀嚼筋の三叉神経運動核における局在については、サル、イヌ、ウサギ<sup>49)</sup>、ネコ<sup>46)47)</sup>、ラット<sup>46)48)50)</sup>について報告されている。どの報告においても、おおむね咬筋は腹外側に、側頭筋は背側から背内側に、内側翼突筋は腹側に、外側翼突筋は腹内側に、顎二腹筋前腹は背内側に、顎舌骨筋は腹内側に局在し、動物種差は少ないようである。本研究においても同様の結果が得られたが、吻側へ移るにつれて、咬筋、側頭筋の局在は、背側から腹側方向へ移動する傾向がある。また顎二腹筋前腹、顎舌骨筋の神経細胞は吻側端では存在せず、Mizuno ら<sup>46)</sup>、Batini ら<sup>47)</sup>の報告と一致する。三叉神経運動核内で標識細胞の存在していない部位は、三叉神経支配の口蓋帆張筋と鼓膜張筋の運動神経細胞を含む部位であろうと考えられる。

咀嚼筋の三叉神経運動核における標識細胞の大きさについての報告は少なく、Mizuno ら<sup>46)</sup>、松田<sup>49)</sup>が、顎二腹筋前腹支配の細胞は顎舌骨筋支配のそれよりも大きいとした報告のみである。しかしこれらの研究においては、細胞の大きさを統計的に処理したものではなく、十分検討された報告とは言えない。本研究からは、内側翼突筋、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋支配の運動神経細胞の大きさに有意な差はなく、同程度の大きさであるといえる。一方咬筋、側頭筋支配の運動神経細胞の大きさは他の四咀嚼筋に比べて有意に大きい。したがって、咀嚼筋支配の運動神経細胞の大きさは、咬筋、側頭筋 > 内側翼突筋、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋

と考えられる。Mizuno らは、運動神経細胞の大きさはその筋肉の運動性質に関連し、大きな運動神経細胞は速い phasic な運動を、小さな運動神経細胞は遅い tonic な運動を行うと述べている<sup>46)</sup>。本結果から、咬筋、側頭筋は運動神経細胞が大きいことから、速い phasic な運動を行い、内側翼突筋、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋は、運動神経細胞が小さいことから、遅い tonic な運動により大きく関与すると考えられる。

咬筋支配の運動神経細胞は 20-22  $\mu\text{m}$  と 26-28  $\mu\text{m}$  を頂点とする二峰性の分布をしている。これは Limwongse らの報告と類似しており、大きな細胞群は  $\alpha$  線維を、小さな細胞群は  $\gamma$  線維を送ると考えられる<sup>46)</sup>。この  $\gamma$  線維は筋紡錘の錘内筋を支配する線維であり、咬筋では筋紡錘が他の咀嚼筋よりも豊富に存在する事実と一致する<sup>51)</sup>。一方筋紡錘支配またはゴルジ・腱器官からの感覚を送る一次感覚神経の神経細胞は中脳路核に存在し<sup>52)</sup>、本結果においても咬筋では中脳路核に多数の標識細胞を認めた。側頭筋、内側翼突筋にも中脳路核に標識細胞を認めることから、筋紡錘は存在し、標識細胞が得られたと考えられるが、その数は咬筋に比べて少なかった。したがって三叉神経運動核における標識細胞の大きさの分布においても、咬筋のように明瞭な二峰性とならず、単峰性の分布になったと考えられる。ヒトでは咬筋、側頭筋の筋紡錘は共に豊富で、内側翼突筋ではやや少ないとされる<sup>53)</sup>。したがってこの相違は動物種差によるものかもしれない。外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋では中脳路核標識細胞は全く認めず、閉口筋には筋紡錘は存在しないためと考えられる<sup>52)</sup>。

## 結 語

1. ラットを用い HRP 法により顎関節および咀嚼筋の交感、感覚および運動神経支配について検討した。
2. 顎関節には交感神経支配があり、その起始神経細胞は上頸神経節にあり、局在なく一様に分布していた。
3. 咬筋、側頭筋、内側翼突筋には豊富な交感神経支配があり、その起始神経細胞は上頸神経節中核側 1/2 にあった。しかし外側翼突筋では交感神経支配は少なく、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋ではほとんど認められなかった。
4. 顎関節および咀嚼筋の検索では、星状神経節には標識細胞は認めなかった。
5. 顎関節支配の交感神経は、外頸動脈神経叢を発生動脈と共に走行した後、耳介側頭神経と合流して顎関節に分布すると考えられた。
6. 顎関節および咀嚼筋支配の三叉神経節細胞は、第 3 枝領域内の第 2 枝との境界領域に局在していた。

7. 顎関節および咀嚼筋支配の三叉神経節細胞の大きさは、歯髄支配のそれよりも小さく、感覚線維も細いものであると考えられた。

8. 顎関節支配の感覚神経は大部分が耳介側頭神経経路であり、咬筋神経や深側頭神経の経路は少ないと考えられた。

9. 咀嚼筋支配の運動神経細胞は、咬筋は背外側に、側頭筋は背側から背内側に、内側翼突筋は腹側に、外側翼突筋は腹内側に、顎二腹筋前腹は背内側に、顎舌骨筋は腹内側に局在していた。顎二腹筋前腹、顎舌骨筋支配の運動神経細胞は最物側には存在しなかった。

10. 咀嚼筋支配の運動神経細胞の大きさは、咬筋、側頭筋では、内側翼突筋、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋に比べて大きかった。

11. 咬筋、側頭筋、内側翼突筋の検索では、中脳路核に標識細胞が存在するが、外側翼突筋、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋の検索では認められなかった。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究の遂行に終始ひとかたならぬ御指導と御校閲を賜りました奈良県立医科大学口腔外科学教室杉村正仁教授ならびに直接研究を御指導いただきました匠原悦雄講師に感謝いたします。また御校閲を賜りました第2生理学教室榎 泰義教授ならびに耳鼻咽喉科学教室松永 喬教授に深謝いたします。

本論文の要旨は第5回日本顎関節学会(1992. 7. 甲府市)、第7回日本顎関節学会(1994. 7. 松本市)において発表した。

## 文 献

- 1) 船越正也：病態口腔生理学。第1版，学建書院，東京，p61-83, 1990.
- 2) **Ermsher, C. B. Jr** : Disease of the temporomandibular apparatus. 1st de, The C. V. Mosby Company, St. Louis, p8-25, 1982.
- 3) **Marfurt, C. F. and Turner, D. F.** : J. Comp. Neurol. **223** : 535-547, 1984.
- 4) **Mesulam, M. M.** : J. Histochem. Cytochem. **26** : 106-117, 1979.
- 5) 開原成允，大江和彦：臨床統計解析のためのソフトウェア FISHER. 第1版，中山書店，東京，1992.
- 6) 安東俊介，植村(角)正憲，河岸重則，吉野賢一，松岡弘毅，天野仁一朗：歯基誌. **30** : 772-785, 1988.

- 7) **Widenfalk, B. and Wiberg, M.** : Neurosci. Lett. **109** : 30-35, 1990.
- 8) **Schmid, F.** : Oral Surg. **28** : 63-65, 1969.
- 9) 石橋克禮：歯基誌. **8** : 46-57, 1966.
- 10) **Bruce, M.** : Proc. Finn. Dent. Soc. **85** : 365-373, 1988.
- 11) **Murfurt, C. F.** : J. Comp. Neurol. **268** : 147-160, 1988.
- 12) 池原晃生：阪大歯学誌. **38** : 260-282, 1993.
- 13) **Rough, J. D. and Solberg, W. K.** : Munksgaara. 1st. ed., Copenhagen, p239-268, 1979.
- 14) **Yemm, R.** : Arch. Oral. Biol. **14** : 873-878, 1969.
- 15) **Passatore, M., Grassi, C. and Filippi, G. M.** : Pflügers Arch. **405** : 297-304, 1985.
- 16) **Lund, J. P. and Matthews, B.** : J. Physiol. **386** : 86, 1986.
- 17) 森本俊文：歯医学誌. **13** : 123-128, 1994.
- 18) **Brodin, H. A. and Bjornland, T.** : Acta Physiol. Scand. **134** : 319-325, 1988.
- 19) 杉崎正志：顎関節小辞典。第1版，日本歯科評論社，東京，p40-44, 1993.
- 20) 窪田金次郎，高田和朋，片山 隆，長江一樹，佐藤 弥四郎，柳沢垂津子：歯界展望 **56** : 165-172, 1980.
- 21) 高田和朋：口病誌. **49** : 491-506, 1982.
- 22) **Pohto, P.** : Acta Odont. Scand. **30** : 117-126, 1972.
- 23) **Pohto, P. and Antila, R.** : Acta Odont. Scand. **30** : 137-144, 1972.
- 24) **Noga, B. R. and Holland, G. R.** : Anat. Anz. Jena. **153** : 137-148, 1983.
- 25) 城戸瑞穂，清水誠治，清島 保，寺田善博，田中輝男：第7回日本顎関節学会(秒). p186, 1994.
- 26) **Romf, J. H., Capra, N. F. and Gatipon, G. B.** : Exp. Neurol. **65** : 99-106, 1979.
- 27) **Capra, N. F.** : Somatosensory Res. **4** : 201-213, 1987.
- 28) **Morimoto, Y., Shohara, E. and Sugimura, M.** : Pain Res. **9** : 55-58, 1994.
- 29) **Thilander, B.** : Trans. Roy. Sch. Dent. **7** : 1-67, 1961.
- 30) **Nishimori, T., Sera, M., Suemune, S., Yoshida, A., Tsuru, K., Tsuiki, Y., akisaka, T., Okamoto, T., Dateoka, Y. and Shigenaga, Y.** : Brain Res. **372** : 375-381, 1986.
- 31) **Wyke, B.** : Ann. Roy. Coll. Surg. Engl. **41** : 25-50, 1969.

- 32) **Arvidsson, J. and Gobel, S.** : Brain Res. **210** : 1-16, 1981.
- 33) **Holland, G. R. and Robinson, P. P.** : Anat. Rec. **205** : 215-222, 1983.
- 34) **Dostrovsky, J. O.** : Pain **19** : 1-12, 1984.
- 35) **Hu, J. W. and Sessle, B. J.** : J. Neurophysiol. **52** : 39-53, 1984.
- 36) 小松賢一 : 歯基礎誌. **25** : 245-262, 1983.
- 37) **Wink, C. S., Onge, M. S., and Zimny, M. L.** : J. Oral Maxillofac. Surg. **50** : 334-337, 1992.
- 38) 永井道夫 : 歯科医学 **54** : 1-12, 1991.
- 39) **Johansson, A. S., Isacson, G., Isberg, A. and Granholm, A. C.** : Scand. J. Dent. Res. **94** : 225-230, 1986.
- 40) **Kido, M. A., Kiyoshima, T., Kondo, T., Ayashima, N., Moroi, R., Terada, Y. and Tanaka, T.** : J. Dent. Res. **72** : 592-598, 1993.
- 41) 小林龍彰, 大橋 靖, 前田健康, 高野吉郎 : 口科誌. **43** : 369-385, 1994.
- 42) **Stacey, M. J.** : J. Anat. **105** : 231-254, 1969.
- 43) **Kumazawa, T. and Mizumura, K.** : J. Physiol. **273** : 179-194, 1977.
- 44) 杉崎正志, 森本俊文 : 顎関節小辞典. 日本歯科評論社, 東京, p126-133, 1993.
- 45) **Broton, J. G., Hu, J. W. and Sessle, B. J.** : J. Neurophysiol. **59** : 1575-1589, 1988.
- 46) **Mizuno, N., Konishi, A. and Sato, M.** : J. Comp. Neurol. **164** : 105-116, 1975.
- 47) **Batini, C., Delmas, C. B. and Corvisier, J.** : J. Physiol. (Paris) **72** : 301-309, 1976.
- 48) **Limwongse, V. and Desantis, M.** : Am. J. Anat. **149** : 477-488, 1977.
- 49) 松田古十郎 : 広大歯誌. **11** : 72-84, 1979.
- 50) **Sasamoto, K.** : Jap. J. Physiol. **29** : 739-747, 1979.
- 51) 佐藤 巖 : 顎関節小辞典. 日本歯科評論社, 東京, p42-49, 1990.
- 52) 森本俊文 : 阪大歯学誌. **31** : 1-8, 1986.
- 53) **Kubota, K. and Masegi, T.** : J. Dent. Res. **56** : 901-909, 1977.