カエル口蓋辺縁部より誘発される 閉口筋の興奮および抑制反射

山 崎 博 史

新潟大学歯学部小児歯科学教室（主任：野田 忠教授）

新潟大学歯学部口腔生理学教室（指導：島田久八郎教授）

〔受付：昭和58年9月20日〕

Excitatory and inhibitory reflexes of the jaw-closing muscle elicited from the palate marginal region in the frog

Hiroshi Yamazaki

Department of Pedodontics, School of Dentistry, Niigata University

(Chief: Prof. Tadashi Noda)

Department of Oral Physiology, School of Dentistry, Niigata

University (Director: Prof. Kyuhachiro Shimada)

5274, 2-Gakkocho, Niigata 951

[Accepted for publication: September 20, 1983]

Key words: jaw closing reflex / inhibitory reflex / palate shelf / periodontal ligament / frog

Abstract: A frog has numerous small teeth in the upper jaw, which form an upper dental arch. However, there is no periodontal ligament in a frog. Inside of the dental arch, the palatal mucosa forms a ridge which is called the palate shelf. In the present experiment, a new jaw reflex was found which was evoked from the palate shelf. Transient jaw closing reflex was elicited by mechanical stimulation of the rapidly adapting mechanoreceptors low threshold in the palate shelf. On the other hand, mechanical stimulation of the slowly adapting mechanoreceptors high threshold inhibited the activity of the jaw-closing muscle.

Electrical stimulation of afferent nerve fibers of the palate shelf (palato-nasal nerve) also elicited reflex responses similar to those by mechanical stimulation. When weak electrical stimuli (0.4V) were applied to the palato-nasal nerve, a jaw closing reflex was observed during the stimulation. On the contrary, evoked activity of the jaw-closing muscle was inhibited by strong electrical stimuli (0.9V) applied to the same nerve. Excitatory reflex response was clear at a stimulus frequency above 10 Hz. Clear inhibitory reflex was observed at a stimulus frequency above 20 Hz.

The palate shelf is very sensitive to the touch and takes part in the reflex regulation of the jaw movement. In addition, the role of the palate shelf is functionally similar to that of the periodontal ligament. It was discussed that the jaw closing reflex in the present study was analogous to the periodontal-masseteric reflex in warm-blooded animals.

緒 言

口腔周囲の皮膚や口腔内諸組織への機械的刺激、あるいは顎口腔領域に分布する三叉神経の電気刺激などにより、閉口筋や閉口筋に種々の反射が誘発される。例えば歯肉、歯および硬口蓋など

に侵害刺激が加わると、急激な一過性の閉口反射が生ずる^{1,2)}。一方、閉口反射としては下顎張反射のほかに、口腔内に液体を入れたときに起こる嚥下反射に伴う閉口や、舌尖に近い部分の舌背部あるいは硬口蓋を軽く擦過した場合に生ずる閉口¹⁾などが知られている。またこれらのほかに、歯根膜刺激により誘発される閉口反射^{3,4)}（歯根

膜—咬筋反射) および 開口反射⁵⁾の報告もなされている。

今回著者は、カエルの口腔刺激の顎運動に及ぼす効果について検索した。その結果、温血動物の歯根膜刺激により生ずる顎反射と同じような反射が、カエルの上顎歯列に沿う粘膜の隆起から誘発されることを見出した。本研究はこの反射について神経生理学的な解析を行ったものである。本研究で明らかになった閉口反射は、Goldberg³⁾やFunakoshi⁴⁾がヒトやラットで報告している歯根膜—咬筋反射に類似したものと考えられるので、本反射と温血動物におけるこれらの反射について、比較生理学的な考察を行った。

実験方法

実験には体重250-450gのウシガエル (*Rana catesbeiana*) を用いた。カエルは背位に固定された。さらに一对の rod を眼窩部に挿入して頭部を固定した。下顎正中部の内側にはプラスチック製の鉤をかけ、下顎を上方に牽引して開口させた。この鉤は固定器に取りつけられた銅板のアームと糸で連結され、これによりカエルは開口状態に保たれた。Fig. 1 は本実験装置を模式的に示したものである。

口蓋堤に機械的刺激を加える場合には、上下顎正中部で顎間距離約2cmの開口で十分であったが、求心性神経の電気刺激の場合には、それ以上の開口が必要であった。なお銅板のアームの弾性により、反射性閉口に際して下顎は正中部で約2mm以内の範囲で動きうる。そして閉口運動後は、下顎は徐々に元の開口させた位置まで戻る。

1. 口蓋堤の機械的刺激

口蓋堤への機械的刺激は、直径約3mmの小綿球を用いて触刺激あるいは圧刺激を加えることにより行った。また閉口反射の閾値を調べるため、機械的適当刺激には直径約0.2mmのナイロン製 von Frey 型刺激毛を用いた。刺激の強さは刺激毛の長さを変化させることにより変え、本実験においては約0.05-0.35gの強さで刺激した。実験前にはあらかじめ秤量天秤で、各刺激毛の刺激の強さを測定しておいた。

Fig. 1 Schematic illustration of the experimental arrangement.

2. 求心性神経の電気刺激

本反射の求心性神経である R. palato-nasalis (R. pal.-nas.)⁶⁾ を電気刺激するため、一側の口蓋粘膜を剝離して双眼実体顕微鏡下で同神経を露出させた。次にその神経を切断し、中枢端を周囲組織より分離した後に、一对の銀線電極(極間距離1.5-2.0mm)上に載せた。口蓋の内面に流動パラフィンのプールを作り、神経と刺激電極を浸漬して神経の乾燥防止および絶縁を行った。

3. 脳の切断

本反射の中枢を検索するために、脳の切断実験を行った。カエルをエーテル麻酔後開頭し、視蓋(中脳)、小脳および延髄を露出させた。次にカミソリの刃より作製したナイフを用いて種々のレベルで脳幹の片側切断を行い、反射消失の有無を切断の前後において比較検討した。実験終了後に脳幹の組織標本を作製し、Carbol-Thionin 染色を施して、切断部位を光学顕微鏡にて確認した。

4. 顎運動と筋電図の記録

口蓋堤の機械的刺激により生ずる顎運動を記録するため、下顎を牽引している銅板のアーム上に Strain Gauge を貼付し、Bridge 回路を介してキャリア・アンプに接続した。また筋電図を記録するために、カエルの閉口筋のうち最大である側頭筋の片側あるいは両側に、同心針電極を刺入した。一部実験では顎角部皮膚を剝離し、開口筋である下顎下制筋 (M. depressor mandibulae)⁷⁾にも口腔

外より電極を刺入して、筋活動の記録を行った。

5. 求心性放電の記録

口蓋堤の機械的刺激により生ずる求心性放電の記録を行うために、口腔粘膜―神経標本を作製した。切り取られた口腔粘膜は口蓋堤を含み、また神経には R. pal.-nas. を用いた。双眼実体顕微鏡下で同神経より神経線維束を分離した後、その線維束を記録電極上に載せて、周囲を流動パラフィンで覆った。一部実験では、神経周囲の結合組織を除去しただけの神経幹を用いた。この標本上の口蓋堤に綿球を用いて触刺激を加えた場合、あるいはマイクロマニピュレータに取りつけられた刺激毛または綿球を用いて口蓋堤を圧刺激した場合に生ずる神経活動を記録した。

実験結果

カエルの口蓋粘膜の前方の辺縁部には、上顎歯列の内側において歯列に沿った隆起が存在しており、ここは解剖学的に口蓋堤 (Gaumenleiste⁸⁾, palate shelf) と呼ばれている。口蓋堤は前方の正中部にある Pulvinar subrostrale から後方の側頭筋の筋膜まで続いているが、口蓋堤の中央部および後部は前部に比べて隆起が高く、かつ軟かい。またこの口蓋堤は、機械的刺激などにより容易に発赤するほど毛細血管に富んだ組織であり、これより後方の、口腔の奥に広い面積を占めて存在する口蓋粘膜とは、明らかに構造が異なっている。

口蓋堤と上唇の間には溝 (Sulcus marginalis) があり、両者を境している。閉口時にはこの溝に下顎の辺縁が入り込む。またカエルの無数の小さな歯は、この溝の底部にのみ存在している。

カエルの口蓋堤に小綿球を用いて触刺激を加えると、一過性の閉口反射が誘発された。このとき刺激側の側頭筋の収縮が見られ、また下顎もわずかに刺激側に偏位しながら閉口するのが観察された。以下この反射について解析を行った。

1. 閉口反射の誘発部位および反射の閾値

1) 反射誘発部位

綿球を用いて触刺激を加えることにより、閉口反射を誘発させる部位を Fig. 2 (下図) の斜線部で示した。反射を誘発させる部位は、上顎においては口蓋堤にのみ限局していた。口蓋堤の内側に

において、口蓋の大部分の面積を占める口蓋粘膜や、口蓋堤の外側で口蓋堤に沿って存在する上顎の歯に機械的刺激を加えても、閉口反射は全く生じなかった。また上唇部や鼻部の皮膚を機械的に刺激したり、あるいは刺激毛を用いて鼻腔内を刺激した場合にも、反射性閉口は観察されなかった。

閉口反射を誘発させる部位は下顎にも存在し、下顎骨体部の内側面で、正中の舌付着部以外の部位を擦過した場合にも、上顎の口蓋堤刺激の場合と同様の閉口反射が生ずることがあった。しかしこの場合は、口蓋堤刺激の場合に比べてかなり閾値が高かった。それゆえ、本実験においては機械的刺激が最も有効である上顎の口蓋堤のみに注目し、同部の刺激により誘発される閉口反射について解析した。

2) 口蓋堤の機械的刺激により生ずる閉口反射の閾値

刺激毛を用いて口蓋堤に機械的刺激を加え、閉口反射の起こる最小の閾値を求めた。本実験においては、刺激により生ずる側頭筋のわずかな収縮が肉眼で認められるかどうかを閉口反射のめやすとした。その結果、約0.05g の非常に弱い刺激でも、側頭筋の反射性の収縮を観察することが出来た。次に口蓋堤の各部における反射の閾値の分布を調べた。このため口蓋堤を前・中・後部に分け、これらの部位をさらに3つに分けて、Fig. 2 (下図) に示されるように計9区間に区分した。

各区間における閉口反射の閾値と、その閾値における反射出現率が Fig. 2 (上図) に示されている。最小の閾値である0.05g の強さでは、口蓋堤の中部から後部の範囲を刺激した場合に閉口反射が誘発されたが、前部からは生じなかった。この強さの刺激に対する各部の反射出現率を見ると、例えば口蓋堤の中部に相当する区間4, 5, 6においては20%前後であり、後部の区間7, 8, 9では約50%の値をとっている。しかし前部の区間1, 2, 3においては、この強さの刺激では閉口反射は起こらない。

刺激の強さが0.15g になると、口蓋堤の前部からも反射が生じ、区間1, 2, 3においてそれぞれ約10%, 30%, 50%の反射出現率をとるようになった。また中部および後部では、0.05g の強さ

Fig. 2 The effective palatal area producing the jaw closing reflex.
 Top: Rate of elicitation of the reflex to different stimulus intensity. Mechanical stimuli were applied with nylon threads (von Frey type). The stimulus intensities were about 0.05g, 0.15g, 0.25g and 0.35g. Bottom: The palate shelf. (an extent of the shadowed portion in the figure.) The jaw closing reflex is elicited only from this area. Numbers in the bottom figure correspond to those of the abscissa in the top figure.

の場合に比べて 高率に反射が誘発されるようになった。すなわち中部に相当する区間 4, 5, 6 の反射出現率は80%前後となり、後部の区間 7, 8, 9 では出現率はさらに増加して約90%となった。刺激の強さがさらに増すと、各区間における反射出現率も同様に増加した。しかし口蓋堤の中部から後部にかけての区間では、強い刺激が加えられた場合には、ほぼ100%に近い反射出現率をとるようになった。一般に、左右の口蓋堤において反射の出現率に差は見られなかった。

反射出現率が50%以上となるとき刺激の強さを調べると、口蓋堤の後部から前部へ行くに従い、その値が大きくなっている。例えば右側の口蓋堤において、後部の区間 8 では0.05g, 中部の区間 5 では0.15g そして前部の区間 2 では0.35g であった。また口蓋堤の正中部をいかなる強さで機械的に刺激しても、閉口反射は全く生じなかった。こ

こは左右の口蓋堤の交わる部位であるが、粘膜の隆起は存在していない。

以上のことから、機械的刺激により閉口反射を誘発させる部位である口蓋堤においては、前部からは反射は起こりにくいが、中部から後部にかけての範囲からは反射が高率に生じ、またこの範囲においては反射の閾値も低いことが明らかになった。

2. 口蓋堤の機械的刺激により誘発される側頭筋活動および顎運動

前記の閉口反射の閾値を求める実験においては、刺激毛で機械的刺激を加えているので、側頭筋の収縮はわずかに見られるものの、実際の下顎の動きはほとんど認められない。そこで綿球を用いて口蓋堤をより強く刺激し、実際に生ずる顎運動と側頭筋の筋電図を観察した。Fig. 3はそれらの記録を示したものである。

Fig. 3 Jaw closing reflex elicited by mechanical stimulation of the palate shelf. Mechanical stimulus was applied with a small cotton pellet. In each record the top trace represents EMG of the temporal muscle and the lower the jaw movement. Jaw closing appears as a downward deflection. A: Transient jaw closing elicited by rubbing stimulus to the palate shelf. The arrow indicates beginning of the stimulus. B and C: Effects of pressure stimulus. In C, prolonged application of pressure elicits two distinct excitatory responses at the beginning and at the end of the stimulus.

綿球を用いて口蓋堤に触刺激を加えると、Fig. 3A に見られるように、刺激直後、同側の側頭筋に強い興奮が生じ、その after effect が約1秒間ほど続いた。この筋活動に同期して、メカノグラム上にも一過性の閉口運動が記録された。次に同じ綿球を用いて数 g の強さで口蓋堤に圧刺激を加えると、Fig. 3C に示されるように、刺激の開

始時と終了時の2つの時点に、触刺激の場合と同様の側頭筋活動および閉口運動が誘発された。しかし加圧中にはこれらの反応は弱まっている。これは筋活動の抑制によるものと考えられる。

刺激開始時および終了時に誘発されるこのような閉口反射は、口蓋堤への加圧時間を短くした場合にも同様に観察された。Fig. 3B はそのときの記録を示したものである。この例では刺激の開始時および終了時の2相の筋活動は著明ではないが、メカノグラム上ではわずかにびれとなって、側頭筋が2段階の収縮をしていることがわかる。このような on-off response は、口蓋堤を綿球で触刺激した場合にも認められることがあった。その場合の側頭筋活動と閉口運動は、綿球が口蓋堤に触れた瞬間および口蓋堤から離れた瞬間の2つの時点に対応して生じた。また刺激毛を用いて口蓋堤を刺激した場合に観察される側頭筋の収縮も、2つの時点に対応して起こった。

以上のことから、口蓋堤に弱刺激として触刺激を加えると、反射性の側頭筋活動および閉口運動が誘発されるが、強刺激として圧刺激が加えられた場合には加圧中の反応は弱くなり、このとき筋活動が抑制をうけているものと考えられる。

口蓋堤刺激により生ずる側頭筋の収縮は刺激側だけに観察され、このとき下顎がわずかに刺激側に偏位しながら閉口運動が起こるので、この閉口反射は同側性であることが示唆される。そこで反射誘発時に両側の側頭筋より記録される筋電図を観察したところ、Fig. 4A に示されるように、一側の口蓋堤の刺激により同側の側頭筋にのみ強い興奮が誘発された。このとき反対側の側頭筋にもわずかに興奮が認められたが、その差は非常に大きかった。一方、開口筋である下顎下制筋にも Fig. 4B に示されるように、非常にわずかではあるが閉口筋活動が induce された。しかし下顎下制筋自体には注目されるべき変化は認められなかった。

口蓋堤刺激により、以上に述べた閉口反射が誘発されるだけでなく、閉口運動の直後に一過性の舌運動が見られることがあった。このとき刺激側あるいは反対側の舌縁から舌尖部にかけて収縮が起こり、舌全体がわずかに咽頭側へ倒れ込むよう

Fig. 4 Laterality of the jaw closing reflex and the reflex effect on activity of the jaw opener.

The arrow indicates stimulation side and beginning of the rubbing stimulus. A: Responses of ipsilateral and contralateral temporal muscle. B: Responses of ipsilateral temporal muscle and mandibular depressor muscle (jaw opener). Electrical activity of the jaw closing muscle is induced in the mandibular depressor muscle. But there is no noticeable responses of the mandibular depressor muscle in itself.

RT: Right temporal muscle, LT: Left temporal muscle, T: Temporal muscle, MD: Mandibular depressor muscle.

な動きを呈した。

3. 反射の求心路および求心性放電

1) 反射の求心路

カエルの口蓋粘膜には、顔面神経の枝である R. palatinus と、三叉神経の枝である R. palato-nasalis (R. pal.-nas.) が分布している⁶⁾。前者は口蓋の後方より出て前方に向かって走り、口蓋粘膜のほぼ全域に分布するが、後者は眼挙筋の腱膜を貫いて口蓋の前方に出た後に、口蓋堤およびその周囲に分布する。この両神経は終末部で吻合している。

閉口反射の求心路を確かめるため、両神経の切断実験を行った。Fig. 5A は神経切断前の対照例であり、綿球で口蓋堤を触刺激したときに生ずる側頭筋活動である。Fig. 5B は R. palatinus 切断後の反応であるが、筋活動は少し弱まっているものの、切断前と大きくは変わらない。しかし R. pal.-nas. 切断後には、Fig. 5C に示されるように反射は完全に消失した。それゆえ、閉口反射の求心路は R. pal.-nas. であることが判明した。

Fig. 5 Effects of palato-nasal nerve and palatal nerve dissections on the jaw closing reflex.

Stimulus was applied by rubbing the palate shelf. A: Before dissection. B: After dissection of the palatal nerve. C: After dissection of the palato-nasal nerve.

2) 反射の求心性放電

口蓋堤刺激により誘発される閉口反射は一過性であり、反射の閾値は極めて低いので、この反射は低閾値の速順応性受容器の興奮により生ずることが示唆される。この点を明らかにするために、口蓋堤と R. pal.-nas. を含めて切り出した標本を用い、この標本上で口蓋堤を機械的に刺激した場合に生ずる求心性放電を観察した。

口蓋堤に分布する神経である R. pal.-nas. の神経幹より記録された求心性放電を Fig. 6A に示す。綿球を用いて口蓋堤に圧刺激を加えると、Fig. 6Ab に見られるように、加圧時および除圧時に比較的振幅の大きい速順応性のユニットの興奮が生じたが、加圧中には小さい振幅を有する遅順応性のユニットの緊張性放電が観察された。また刺激毛を用いて反射の閾値の強さで刺激した場合 (Fig. 6Ac) にも同様に、加圧時および除圧時と加圧中とでは、振幅および順応性の異なるユニットの放電が認められた。

口蓋堤の圧刺激時には、刺激開始時および終了時の2つの時点にのみ閉口反射が誘発されることは前述したが、求心性放電においてもこの例に示されるように、2つの時点に生ずる放電と加圧中に見られる放電とは明らかに異なっている。さらに標本上の口蓋堤を綿球で触刺激した場合 (Fig. 6Aa) にも、放電の時間経過は短いものの、綿球

Fig. 6 Afferent discharges recorded from nerve trunk and single units of the palato-nasal nerve. A: Afferent discharges recorded by rubbing (a) or pressing (b) the palate shelf with a cotton pellet, or by pressing the palate shelf with a nylon thread (c, stimulus intensity 0.05g, von Frey type). B: Afferent discharges recorded from single units. In these cases, pressure stimulus was applied with a nylon thread.

Fig. 7 Reflex effects of electrical stimulation of the palato-nasal nerve on activity of the temporal muscle and the mandibular depressor muscle (jaw opener). In all records, duration of each pulse is 0.1msec. Stimulus frequency A: 10Hz, B: 20 Hz, C: 30Hz. Excitation of the temporal muscle is elicited by weak stimuli (0.4V) at a frequency above 10Hz. Activity of the temporal muscle is clearly inhibited during the strong stimulation (0.9V) at a frequency above 20Hz. Electrical activity of the jaw closing muscle is induced in the mandibular depressor muscle. But there is no remarkable responses of the mandibular depressor muscle in itself. (cf. Fig. 4B)

が口蓋堤に触れた瞬間、および口蓋堤から離れた瞬間に対応して速順応性のユニットが興奮し、2峰性の求心性放電が生ずることがあった。口蓋堤の触刺激時には閉口反射が時として on-off response を呈することは前項で述べたが、そのような2相性の反応は、この2峰性の放電に対応して生ずるものである。

以上の結果より、この閉口反射は、口蓋堤に分布する閾値の極めて低い、速順応性を示す触受容器の興奮により誘発されることが明らかになった。

刺激毛を用いて標本上の口蓋堤を刺激し、そのとき R. pal.-nas. の神経線維より別々に分離・記

録される求心性放電の例を Fig. 6B に示す。ここでは種々の順応性を示すユニットの興奮が観察される。

4. 求心性神経の電気刺激により誘発される閉口筋の興奮および抑制

閉口反射の求心路は R. pal.-nas. であることが前記の実験結果より明らかになっている。そこで同神経を電気刺激した場合に誘発される閉口筋および閉口筋の活動を観察し、口蓋堤の機械的刺激により生ずる筋活動と比較した。刺激の強さと頻度を変えたときの反射効果が Fig. 7 に示されている。なお刺激電圧は0.9V および0.4V とし、強弱二様の刺激を行った。

20Hz の刺激頻度において、刺激電圧0.4V の弱刺激を加えた場合 (Fig. 7B左) には、約10msec の潜時で側頭筋の反射性活動が生じ、刺激中には緊張性の興奮が誘発された。そして刺激後には after effect が残り、しばらく興奮が持続した。この側頭筋活動は、刺激中の興奮および刺激後の after effect が著明である点において、口蓋堤の触刺激により誘発される筋活動 (Fig. 3A) に類似している。次に同じく20Hz の刺激頻度で0.9V の強刺激を加えると (Fig. 7B 右)、刺激中には同頻度弱刺激の場合に比べてスパイクの数が非常に少なく、かつ振幅も小さい弱い興奮しか起こらなかった。しかし刺激後にはスパイクの数および振幅が増し、刺激中よりも強い興奮が見られた。刺激後に生じたこの興奮は、弱刺激後に観察される after effect と同様にしばらく持続した。

刺激電圧の違いによるこのような側頭筋活動の差異は、刺激頻度を高めた場合には、より顕著となった。例えば30Hz の刺激頻度において神経を弱刺激した場合 (Fig. 7C 左) には、20Hz の弱刺激の場合と同様のパターンで側頭筋の緊張性興奮および after effect が誘発されたが、強刺激を加えた場合 (Fig. 7C 右) には、刺激開始時に1—2発のスパイクが生ずるのみで、刺激中には筋活動が全く生じなくなった。しかし刺激後には20Hz の強刺激の場合と同様に、側頭筋の強い興奮が誘発された。

これらのことから、神経に0.4V の弱刺激を加えると閾値の低い神経線維が興奮し、その結果反射性に側頭筋活動が誘発されるが、0.9V の強刺激が加わった場合には、側頭筋活動を抑制する高閾値の線維も興奮し、その結果、刺激中は筋活動が抑制されると考えられる。

刺激頻度が10Hz の場合、0.4V の弱刺激のとき (Fig. 7A 左) には、弱いながらも刺激中に側頭筋の興奮が生じ、刺激後もわずかにその after effect が認められる。これは20Hz の弱刺激の場合と同様のパターンの筋活動であるが、興奮する線維は20Hz の場合と同じでも、刺激頻度が低く、求心性入力量が少なくなっているため、誘発される筋活動も20Hz の場合に比べて非常に弱いものとなっている。

同じ10Hz の刺激頻度で0.9V の強刺激を加えた場合 (Fig. 7A 右) には、側頭筋活動は抑制されず、むしろ弱刺激の場合よりも興奮が強くなっている。これは同頻度弱刺激の場合には取り残されていた興奮性線維も新たに興奮に加わるようになり、その結果刺激中に生ずる筋活動が強くなるためである。この強刺激では側頭筋活動を抑制する高閾値の線維も興奮するが、10Hz の刺激頻度ではその抑制性線維の求心性入力量が少なく、それゆえ刺激中の側頭筋活動の抑制は著明ではない。しかし20Hz および30Hz の刺激頻度において強刺激が加えられた場合には、抑制性線維のインパルス数も増加して求心性入力量が多くなり、その結果刺激中は側頭筋活動が著明に抑制される。

反射が誘発されるときの開口筋活動を観察すると、Fig. 7におけるどの刺激条件の場合にも、開口筋である下顎下制筋に閉口筋の興奮および抑制の電位変化が induce された。しかし下顎下制筋自体の注目される反応は認められなかった。これは口蓋堤の機械的刺激の場合と同じ現象である。

20Hz 以上の刺激頻度において、R. pal.-nas. を0.9V の刺激電圧で強刺激すると側頭筋活動が抑制されたが、この抑制効果をより明らかにするために、強弱二様の刺激を組み合わせた次のような刺激パルス系を作り、神経の刺激を行った。この刺激は持続0.1msec、刺激頻度30Hz の45発のトレインパルスである。刺激の強さは最初の15パルスは0.4V であるが、次の15パルスは0.9V に高められ、最後の15パルスは再び0.4V に戻るようになっている。

このパルスを用いて R. pal.-nas. の電気刺激を行った場合に誘発される側頭筋活動を Fig. 8 に示す。対照として0.4V の刺激電圧で45発の弱刺激を行った場合 (Fig. 8A) には、前述の弱刺激と同様に、刺激中には側頭筋の緊張性興奮が誘発され、刺激後にはその after effect が続く。次に強弱を組み合わせたトレインパルスにより神経の刺激を行うと (Fig. 8B)、最初の0.4V の弱刺激により誘発された側頭筋活動は、刺激電圧が0.9V に変化して強刺激が加わると、ほぼ完全に抑制された。しかし刺激電圧が再び0.4V に戻った後は、

Fig. 8 Effects of electrical stimulation of the palato-nasal nerve with combined pulses on activity of the temporal muscle.

A: Control (0.1msec in duration, 0.4 V, 30Hz). B: Excitatory and inhibitory reflexes of the temporal muscle elicited by stimulation with combined pulses (0.1msec in duration, 0.4 and 0.9V, 30Hz). Discharge pattern in this case is similar to that evoked by pressing the palate shelf. (cf. Fig. 3C)

強刺激による抑制効果は多少残るものの、側頭筋活動が再び誘発され、刺激後には after effect が続くことが観察された。

以上の結果から、口蓋堤に分布する求心性神経である R. pal.-nas. を 20Hz 以上の刺激頻度で刺激するとき、刺激電圧 0.4V の弱刺激が加えられた場合には、閾値の低い、側頭筋の興奮を起こす神経線維が興奮し、その結果反射性に側頭筋活動が誘発される。しかし刺激電圧 0.9V の強刺激が加えられると、興奮性反射を起こす線維の数も増加するが、閾値の高い、抑制性の線維も興奮に参加するようになり、その結果刺激中は筋活動が抑制をうけることが明らかになった。

口蓋堤の触刺激により側頭筋の強い反射性興奮が誘発され、刺激後には after effect が認められた (Fig. 3A) が、口蓋堤に分布する求心性神経を 0.4V の刺激電圧で弱刺激した場合 (Fig. 7BC, 左) にも、それに類似した放電パターンをとる側頭筋活動が観察された。一方、口蓋堤に圧刺激を加えた場合 (Fig. 3C)、刺激の開始時と終了時に強い側頭筋活動が誘発されたが、加圧中は筋活動が弱まっており、このとき側頭筋活動が抑制をうけていると考えられた。また強弱の組み合わせられたトレインパルスで神経を刺激した場合 (Fig. 8B) に

も、それと同様の放電パターンをとる側頭筋活動が誘発された。すなわち弱刺激の加わる刺激の開始時および終了時には、筋の反射性興奮が生ずるが、刺激の途中で強刺激が加わるときには、側頭筋活動が抑制された。これらのことから、神経の電気刺激において刺激電圧 0.4V の弱刺激および 0.9V の強刺激はそれぞれ、口蓋堤の触刺激および圧刺激と同様の反射効果を誘発させることが判明した。

5. 閉口反射の中核

温血動物（ネコ）では、咀嚼筋の筋紡錘からの求心性神経線維は三叉神経中脳路核に投射するが、口腔領域からの知覚性の線維も一部はこの核に投射することが明らかにされている⁹⁻¹¹⁾。また口腔内の機械的刺激により咀嚼筋に効果を及ぼす反射のうち、実際にこの核を経由するものも報告されている⁴⁾。そこで本実験で用いたカエルにおいても、温血動物の場合と同様に、反射中枢に三叉神経中脳路核が含まれるかどうか検索した。そのため Kemali らのカエルの脳地図¹²⁾を参考にして種々のレベルで中枢切断を行い、反射消失の有無を調べた。なお切断は脳幹の正中から右側で行った。

口蓋堤の機械的刺激により誘発される側頭筋活動を、中枢切断の前後において記録した結果を Fig. 9 に示す。対照例として中枢切断前に口蓋堤を触刺激したときの側頭筋の反射効果が Fig. 9A に示されている。第一切断として視葉（中脳）の尾側 $1/3$ の部位、すなわち三叉神経中脳路核と三叉神経運動核の間で切断を行ったところ、Fig. 9B に示されるように反射効果はわずかに減少してはいるものの、切断前と比べてあまり大きな変化はなかった。なおこの切断では、三叉神経の知覚根より中脳路に入る線維および中脳路核から運動核に至る線維が連絡を絶たれる¹³⁾。

この切断の次に小脳の尾側レベルで第二切断を行い、知覚根より運動核に入る線維を切断したところ (Fig. 9C)、当然のことながら切断側の側頭筋の緊張が低下して、閉口反射は全く消失した。しかしこの切断後に反対側である左側の口蓋堤を刺激したところ、以然として左側の反射は残っていた (Fig. 9D)。それゆえ、中枢切断による右側

Fig. 9 Effects of right hemisection of the brain stem on jaw closing reflex.

Mechanical stimulus was applied by rubbing the right palate shelf. First section was made between the mesencephalic and the motor nucleus of the trigeminal nerve. Second section was made at the caudal level of the motor nucleus. A: Control. B: After the first section. C: After the second section. D: Contralateral response after section of the right brain stem. In this case, mechanical stimulus was applied to the left palate shelf.

Hemisph.: Hemisphere of the cerebrum, N.V.: Trigeminal nerve, V.mes.: Nucleus of the mesencephalic root of the trigeminal nerve, V.mot.: Motor nucleus of the trigeminal nerve.

の反射の消失は、動物の全身状態の悪化によるものではない。

実験終了後に脳幹の組織標本を作製し、切断部位を確認した。Fig. 10は切断の実際例を示したものである。Torus semicircularis と Nucleus isthmiの間には三叉神経中脳路を構成する線維束が存在する¹³⁾が、第一切断ではここが確実に切断されている。また第二切断は三叉神経運動核の尾側で行われたことが明らかである。

中枢切断後の反射効果を示す Fig. 9 において、三叉神経中脳路の切断後の効果を示すBの記録が、対照例であるAの記録に比べて反射効果がわずかに減少している。それゆえ、この閉口反射の中枢に三叉神経中脳路核が含まれることを完全に否定することは出来ない。しかしこの反射弓は、大部分が三叉神経の知覚根より運動核に至る神経回路であることが判明した。

考 察

1. 閉口反射の抑制

閉口反射の抑制を考察するにあたり、まず閉口反射そのものの起こり方について触れておく。10 Hz の刺激頻度において刺激電圧0.4V のトレインパルスで神経を弱刺激すると (Fig. 7A 左)、側頭

Fig. 10 Oblique section of the brain stem to which Fig. 9 relates, showing the location of the two transections.

Section in the present figure was made obliquely in order that the cells of the mesencephalic root and the motor nucleus of the trigeminal nerve might be included in the plane. A: Motor nucleus of the trigeminal nerve, B: Granular layer of the cerebellum, C: Nucleus isthmi, D: Torus semicircularis, E: Optic ventricle, F: Stratum album profundum, G: Cells of the mesencephalic root of the trigeminal nerve. Carbol-Thionin staining.

筋の興奮を起こす神経線維が興奮し、その結果非常に弱いながらも側頭筋の反射性興奮が誘発される。この刺激の後には after effect が続いた。次に20Hzで0.4Vの弱刺激を加えた場合 (Fig. 7B 左) には、10Hzの弱刺激のときに比べ、著しく強い側頭筋活動が生じた。しかし刺激頻度を30Hzに高めて弱刺激しても (Fig. 7C 左)、反射効果は20Hzの場合よりもわずかに強まるだけである。それゆえ、弱刺激により誘発される側頭筋の興奮性反射は、刺激頻度が10-20Hzの間において反射効果の増加が著明である。

次に刺激電圧0.9Vの強刺激により、閾値の高い求心性線維の興奮を新たに加えてやる。20Hzの刺激頻度において、0.9Vの刺激電圧のトレインパルスで神経を強刺激した場合 (Fig. 7B 右) には刺激中は筋活動が抑制をうけるので、同頻度弱刺激の場合に比べてわずかな興奮しか誘発されなかった。しかし反射性興奮の after effect は著明で長い。このことは抑制効果の持続時間が短いことを意味している。刺激中に見られるこのような抑制効果は、刺激頻度を30Hzに高めた場合 (Fig. 7C 右) には顕著となり、刺激の最初に1-2発のスパイクが生ずるものの、刺激中には側頭筋活動が全く誘発されなくなった。ゆえに側頭筋活動の抑制効果は、0.9Vの刺激電圧で刺激頻度が20-30Hzの間で著しく増加することがわかる。

以上のことをまとめると、次のように述べる事が出来る。すなわち側頭筋の興奮は、低閾値の線維を低頻度で刺激した場合に誘発されるが、側頭筋活動の抑制は高閾値の線維を、より高い頻度で刺激することにより生ずる。それゆえ、閉口反射および閉口反射の抑制の効果が最もよく現れる求心性情報の条件は、互いに異なることが判明した。

本実験において、カエルの口蓋堤に分布する求心性神経の電気刺激により、口蓋堤の触刺激の場合と同様の閉口筋の興奮反射だけでなく、閉口反射の抑制という形で閉口反射も誘発されることが確認された。顎口腔領域に分布する求心性神経の電気刺激において、刺激の強さにより誘発される顎反射が異なることは、温血動物においても報告されている。例えば無麻酔除脳ネコにおいて、下

眼瞼、上唇、鼻翼および上顎歯肉に分布する眼窩下神経の弱い電気刺激により、反射性に側頭筋活動が誘発されるが、刺激を強めると逆に閉口反射が生ずる¹⁴⁾。

2. 反射に関与する口蓋堤の受容器

温血動物の歯肉、歯根膜、舌などの口腔内諸組織には、非常にさまざまな形態を有する神経終末が豊富に分布しており¹⁵⁾、ここは生体のうちで感覚が鋭敏な場所となっている¹⁶⁾が、このことはカエルにおいても同様であると考えられる。例えば島田ら¹⁷⁾は、カエルの口蓋粘膜は下腿部や背側の皮膚に比べて動き受容器の受容野が著しく狭いことを報告している。

また一般に、口腔内部の奥の部位より口唇に近い方が口腔感覚が鋭敏であるが、このことは口腔内に入った物体を生体にとって必要なものと不要なものに区別し、有害物が咽頭部に達する前に発見してそれを除去するために都合よく働く¹⁸⁾というように合目的に解釈されている。カエルにおいても口腔の奥の口蓋粘膜よりも、口蓋粘膜の前方において、機械的刺激に対する生体の反応を起こす口蓋堤が存在していることは、合目的である。

口蓋粘膜の一部である口蓋堤の触刺激により閉口反射が誘発され、圧刺激により逆に閉口筋活動が抑制をうけると考えられたが、同様の顎反射は温血動物の口蓋粘膜刺激によっても生ずることが報告されている¹⁹⁾。そこでカエルの口蓋堤刺激により誘発される反射と、温血動物の口蓋粘膜刺激により生ずる反射とを比較してみる。

Thexton¹⁹⁾は、除脳ネコの口蓋粘膜の前方部に一過性の機械的刺激を加えると、同一の刺激部位より一過性の閉口反射あるいは開口反射が誘発されることを報告した。その場合、加える刺激が弱いときには閉口反射が、また刺激を強めた場合には開口反射が生ずることが認められている。Thextonは、このような一過性の反射は順応の非常に速い動き受容器の興奮により誘発されるものであろうと考察している。

一方、本研究におけるカエルの口蓋堤刺激により生ずる閉口反射も、反射の閾値および口蓋堤の触刺激や圧刺激時に誘発される反射の時間経過な

どから、極めて低閾値で速順応性を示す触受容器の興奮により誘発されると考えられた。このことは、口蓋堤に機械的刺激を加えた場合に生ずる求心性放電の時間経過を観察することにより、确实となった。さらに口蓋堤に分布する求心性神経の電気刺激の結果より、低閾値の神経線維の興奮により側頭筋の反射性興奮が誘発されることが確かめられた。それゆえ、綿球で口蓋堤に圧刺激を加えた場合に神経幹より記録される求心性放電 (Fig. 6 Ab) において、加圧時および除圧時に見られる振幅の大きいスパイクは、低閾値のユニットの興奮によるものと考えられる。

Thexton¹⁹⁾は同じく除脳ネコを用いた実験において、口蓋粘膜前方部への持続的な圧刺激により、閉口反射が持続的に起こることを報告している。その後この閉口反射は閉口筋活動の抑制によって生ずるものであり、閉口筋活動を伴わないことが、目²⁰⁾によって報告された。このような閉口筋活動の持続的な抑制に関与する受容器は、遅順応性の圧受容器であろうと目²⁰⁾は述べている。

本実験においても、口蓋堤への圧刺激は、これらの報告と同様に閉口筋活動を抑制すると考えられた。このことは、強弱の組み合わせられたトレインパルスで神経を電気刺激した場合に誘発される側頭筋活動と、口蓋堤の圧刺激により生ずる筋活動が類似していることから示唆される。すなわち口蓋堤への圧刺激の途中、あるいはトレインパルスにおいて弱刺激から強刺激が変わるときには、あらかじめ誘発させておいた側頭筋活動が弱められた。さらに、神経を強刺激した場合には、高閾値の線維が興奮し、その結果側頭筋活動が抑制されることが明らかである。これらのことから、綿球で口蓋堤に圧刺激を加えた場合に神経幹より記録される求心性放電 (Fig. 6 Ab) において、加圧中に見られる振幅の小さなスパイクは、高閾値のユニットの興奮によるものと思われる。

温血動物の場合と同様に、カエルにおいても口腔内は感覚が鋭敏であることは既に述べた。またカエルの口腔内において、ネコの口蓋粘膜の前方部と同じような部位の刺激により、ネコの場合と同様の顎反射が誘発された。さらにその反射に関与する受容器もネコの場合と似ていることが、本

実験の結果より明らかとなった。これらのことは、カエルにおいても温血動物の場合と同様に、口腔刺激により顎運動が反射的に調節されていることを示すものである。

3. 温血動物における閉口反射との比較

本実験において、カエルの口蓋粘膜の前方に存在する口蓋堤の機械的刺激により、閉口反射が誘発された。温血動物においても口腔内の機械的刺激あるいは同部に分布する神経の電気刺激により、同様の閉口反射が生ずることが明らかになっている。例えば Goldberg³⁾や Funakoshi ら⁴⁾は、歯根膜刺激により閉口反射が誘発されることを報告した。そのほか除脳ネコにおいて、硬口蓋への弱い機械的刺激^{1, 19)}、あるいは下眼瞼、上唇等に分布する眼窩下神経の弱い電気刺激¹⁴⁾によっても閉口反射が生ずることが知られている。これらの報告より、三叉神経第2枝、第3枝の支配領域である顎口腔領域において、同じような部位の刺激により、類似した顎反射が誘発されることが理解される。

Goldberg³⁾はヒトの上顎中切歯の叩打あるいは同部の歯根部歯肉の電気刺激により、咬筋に一過性の反射性興奮が誘発されることを報告した。彼はこの反射の受容器は歯根膜およびその周囲の歯肉に存在することを確認し、この反射を歯根膜—咬筋反射と名付けた。また Funakoshi ら⁴⁾はラットの上顎中切歯の機械的刺激により、閉口筋に短潜時で一過性の fast response と、潜時が長く緊張性の経過をとる slow response が誘発されることを観察している。この fast response は、Goldberg の報告した反射と同じものである。

本研究におけるカエルの口蓋堤刺激により誘発される閉口反射は、これら温血動物の歯根膜刺激により生ずる閉口反射に類似するものである。そこでこれらの反射を時間経過の面より比較を行ってみる。反射の潜時においては、口蓋堤に分布する求心性神経を電気刺激した場合、約10 msec の潜時の後に筋活動が生ずるのに対し、歯根膜刺激時の fast response および slow response の潜時はそれぞれ約7 msec, 約20 msec である。ゆえに本反射の潜時の長さはこれら2つの反応の潜時の中間の値をとっている。

筋活動の時間経過を調べると、口蓋堤を触刺激した場合には側頭筋に強い興奮が生じ、その後、興奮は徐々に減衰してゆくが、after effect は約1秒間続く。これに対し、歯根膜刺激により誘発される fast response は瞬時の興奮であり、slow response は緊張性の経過をとる興奮である。それゆえ筋活動の時間経過においても、本反射はこれら2つの反射の中間的な長さをとることがわかる。

本実験の結果より、機械的刺激により閉口反射を誘発させる部位は上顎および下顎に存在したが、特に上顎の口蓋堤においては機械的刺激の閾値が低かった。また上顎においては口蓋堤以外からは閉口反射は誘発されないで、この反射は口蓋堤にのみ特異的な反射である。カエルの口腔粘膜を水刺激した場合にも閉口反射が誘発されると報告されているが²¹⁾、口蓋堤の機械的刺激により生ずるこの閉口反射は、それとは異なるものである。

次に、本実験により明らかになったカエルの口蓋堤刺激により誘発される閉口反射と、温血動物の歯根膜刺激により生ずる閉口反射の生理的意義を考えてみる。温血動物は、摂食時にまず口腔の前方に位置している歯で獲物などをくわえて口に保持するが、そのとき歯に加わる機械的刺激により歯根膜内の受容器が興奮し、その興奮が中枢へ伝えられて、歯根膜感覚として知覚される。またこの摂食時には歯根膜—咬筋反射が働き、より強い咬合力がかかるように閉口筋が制御されると考えられる。

両生類も捕食時には歯を用いるという報告もある²²⁾。しかしカエルの歯は無数にはあってもそれらは非常に小さく、かつ口唇のすぐ内側の溝の底部に存在する。それゆえカエルの歯は獲物の捕獲のような実際の機能はほとんど果たしていないものと考えられる。また、カエルの歯には歯根膜は存在しないので、たとえ歯に機械的刺激が加わったとしても、それが歯根膜感覚として知覚されることはない。しかし舌によって口腔内に取り込まれた獲物は、まず口腔の前方で口唇の近くにおいて、歯列に沿って隆起している口蓋堤に接触する可能性が強く、これにより口蓋堤の受容器が興奮

し、その結果、歯根膜感覚に似た口腔感覚が生ずると考えられる。またこの口蓋堤に機械的刺激が加わった場合、温血動物の歯根膜刺激の場合と同様に閉口反射が誘発されることは、本実験より明らかである。

次に、捕えられた獲物の体の一部が口腔外にはみ出た場合を考えると、最初は口腔内に取り込まれた獲物が口蓋堤に接触して閉口反射が生ずるが、閉口してゆくにつれて口蓋堤には圧刺激が加わるようになり、閉口筋活動が抑制される。しかしこの抑制により口蓋堤への圧刺激が終了すると、閉口反射は on-off response を呈すので、その時点で再び反射性閉口が誘発されるであろう。そしてこのような閉口反射の誘発時には、獲物などを咽頭側へ送り込むような舌の運動も生ずるので、これらの運動の交互の繰り返しのうちに、獲物などが口腔内に完全にに取り込まれるようになると思われる。

一方獲物が小さい場合は、それを口腔内に完全に取り込んだ後に閉口および嚥下が起こるが、このとき上唇と口蓋堤の間に存在する溝に下顎骨体部が入り込むようになるので、口蓋堤の外側面に機械的刺激が加わる可能性もある。それゆえ、このような閉口や嚥下の場合にも閉口反射が働いている可能性もある。

本実験の結果より、この閉口反射は同側性であり、刺激の加えられた側の口蓋堤と同側の側頭筋にのみ強い興奮が誘発された。このとき下顎がわずかに刺激側に偏位しながら閉口運動が起こった。またこの閉口反射の直後に、舌が咽頭側へ倒れ込むような動きを呈した。これら一連の反応は、この閉口反射が捕食あるいは嚥下などの口腔機能時に働くものであることを示唆する。

以上のことから、口蓋粘膜の一部である口蓋堤は、上顎歯列の内側において歯列に沿って隆起して存在しており、歯根膜を持たない歯の近傍にあって、あたかも歯根膜感覚と同様の口腔感覚を司っているものと考えられる。それゆえ、両生類であるカエルの口蓋堤は温血動物の歯根膜に似た機能を果たしていることになり、このことは比較生理学的に興味あることである。またこの口蓋堤から温血動物の歯根膜や口蓋粘膜刺激の場合と同

様の顎反射が誘発されることを考え合わせると、カエルの口蓋粘膜前方の辺縁部に存在する口蓋堤には、温血動物の歯根膜や口蓋粘膜からの反射に類似した反射が濃密に存在していると考えられる。

4. 閉口反射の中樞

歯、歯周組織、口腔粘膜などの諸器官からの求心性情報は主に三叉神経知覚核に投射されるが、一部は三叉神経中脳路核にも投射されることが知られており^{9,10}、このことに関する解剖学的な裏付け¹¹⁾もなされている。

Funakoshi ら⁴⁾はラットの歯根膜刺激により、閉口筋に潜時の異なる2相の誘発筋電図が観察されることを報告している。その研究によって、潜時の長い slow response は三叉神経知覚核より三叉神経運動核に至る多シナプス性の反射であるが、短潜時の fast response はこれとは別に、三叉神経中脳核を経て三叉神経運動核に至る単シナプス性の反射弓をとることが明らかにされた。

三叉神経中脳路核の比較解剖学的研究によれば、ここに存在する大きな細胞は脊椎動物の全てにおいて観察され、またその組織学的特徴、局在および末梢からの線維連絡は比較的一様であるので、この神経要素は魚類からヒトに至るまで同類のものと考えられている²³⁾。それゆえカエルの場合も温血動物と同様に、口腔領域からの求心性情報が三叉神経中脳路核に伝導される可能性が考えられたので、カエルの閉口反射においても、温血動物における報告と同様に反射中枢に三叉神経中脳路核が含まれるかどうか検索した。このため中枢切断実験を行った。切断の部位は、カエルにおける三叉神経中脳路の走行に関する解剖学的記載に基づいて決定した。しかし第一切断で三叉神経中脳路核に入る線維およびここから出る線維の切断を行ったが、長い after effect を有する側頭筋の反射効果は、ほとんど変わらずに残った。それゆえ、本反射の反射弓には三叉神経中脳路核はほとんど含まれない。

カエルの三叉神経の知覚線維は中枢内で瀰漫性に終わっており、尾側方向へは腰椎のレベルまで下降している²⁴⁾。一方、三叉神経知覚核の前駆者である細胞は三叉神経根の入口付近に散在してお

り²⁵⁾、三叉神経運動核は小脳の直下で広い範囲に存在している¹²⁾。これらの解剖学的記載に基づいて小脳の尾側レベルで第二切断を行い、知覚根より運動核に入る線維を断ったところ、当然ではあるが反射は消失した。

以上の結果より、本反射の反射弓には三叉神経中脳路核はほとんど含まれないと考えられる。それゆえ本反射の反射弓は、その大部分が三叉神経の知覚根より運動核に至る神経回路であることになり、これは Funakoshi ら⁴⁾の報告における、潜時の長い slow response と同様の回路であると考えられる。

結 論

1) カエルの口蓋粘膜前方の辺縁部に存在する粘膜の隆起(口蓋堤)に触刺激を加えると、閉口反射が誘発された。この閉口反射は同側性であった。またこの反射は、上顎においては口蓋堤以外からは起こらず、口蓋堤にのみ特異的な反射であることが判明した。

2) 閉口反射の最小の閾値は約0.05gであった。口蓋堤の各部における反射の閾値の分布を調べると、口蓋堤の前方部よりも中央から後方にかけての部位の方が、反射の閾値が低かった。

3) この閉口反射は極めて閾値の低い、速順応性を示す触受容器の興奮により誘発された。

4) 本反射の求心路は三叉神経第2枝の枝、R. palato-nasalis であることが明らかになった。

5) R. palato-nasalis の電気刺激において、刺激電圧0.4vで弱刺激した場合には低閾値の線維が興奮し、その結果口蓋堤の触刺激の場合と同様の側頭筋活動が誘発された。この反射効果は刺激頻度が10-20Hzの間において、著明に増加した。

6) 刺激電圧を0.9Vに高めて神経の強い電気刺激を行うと、高閾値の線維も興奮するようになり、その結果側頭筋活動が反射性に抑制された。この抑制効果は20Hz以上の刺激頻度において著明であった。それゆえ、閉口筋の興奮反射および抑制反射の効果が最もよく現れる求心性情報の条件は、互いに異なることが明らかになった。

7) 口蓋堤に圧刺激を加えた場合には、神経の強い電気刺激のときと同様に、側頭筋活動が抑制

と考えられた。

8) 閉口反射の中枢には、三叉神経中脳路核はほとんど含まれないことが確認された。

9) カエルの口蓋堤は、その存在する位置およびその機能の面で、温血動物の歯根膜に類似していた。それゆえ、カエルの口蓋堤刺激により誘発されるこの閉口反射は、温血動物の歯根膜—咬筋反射に似た反射であると考えられる。

謝辞：稿を終えるに臨み、終始懇篤なる御指導ならび

に御校閲を賜った口腔生理学教室島田久八郎教授に深甚なる感謝の意を表するとともに、御指導と御校閲を賜った小児歯科学教室野田 忠教授に衷心より感謝いたします。また本研究を進めるにあたり、終始御援助下さいました佐藤清作、高橋義弘両氏をはじめとする口腔生理学教室の皆様、および御協力下さいました小児歯科学教室の皆様に感謝いたします。

本論文の要旨は、第24回および第25回歯科基礎医学会総会（1982年10月：横浜、1983年10月：福岡）において発表した。

抄録：カエルは上顎に非常に多くの小さな歯を持っており、それらは上顎の歯列を形成している。しかしカエルの歯には歯根膜は存在しない。口蓋粘膜は上顎歯列の内側において、口蓋堤と呼ばれる隆起を形作っている。本実験において、著者は口蓋堤より生ずる新しい顎反射を見出した。口蓋堤に存在する閾値の低い、速順応性の動き受容器に機械的刺激を加えると、一過性の閉口反射が誘発される。しかし高閾値の遅順応性の動き受容器を機械的に刺激した場合には、逆に閉口筋活動が抑制された。また口蓋堤に分布する求心性神経の電気刺激によっても、機械的刺激の場合と同様の反射が誘発された。すなわち神経を刺激電圧0.4Vで弱刺激すると、刺激の持続する間、閉口反射が観察される。しかし刺激電圧を0.9Vに高めて強刺激した場合には、あらかじめ誘発させておいた閉口筋活動が抑制をうけることが明らかになった。

口蓋堤は触刺激に対する感度が非常に良く、顎運動の反射的調整に関与している。また口蓋堤の役割と歯根膜のそれとは、機能的に類似している。カエルにおいて観察された閉口反射は、温血動物における歯根膜—咬筋反射に似た反射であることが考察された。

文 献

- Sherrington, C. S.: Reflexes elicitable in the cat from pinna vibrissae and jaws. *J. Physiol. (Lond)*. **51**: 404-431, 1917.
- Kawamura, Y. and Fujimoto, J.: A study on the jaw opening reflex. *Med. J. Osaka Univ.* **9**: 377-387, 1958.
- Goldberg, L. J.: Masseter muscle excitation induced by stimulation of periodontal and gingival receptors in man. *Brain Res.* **32**: 369-381, 1971.
- Funakoshi, M. and Amano, N.: Periodontal jaw muscle reflexes in the albino rat. *J. Dent. Res.* **53**: 598-605, 1974.
- Hannam, A. G. and Matthews, B.: Reflex jaw opening in response to stimulation of periodontal mechanoreceptors in the cat. *Archs. Oral Biol.* **14**: 415-419, 1969.
- Gaupp, E.: Anatomie des Frosches Zweite Abteilung Lehre vom Nerven-und Gefäss System, Zweite Auflage, S. p. 137-146, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1899.
- Gaupp, E.: Anatomie des Frosches Erste Abteilung Lehre vom Skelet und vom Muskelsystem, Dritte Auflage, S. 131-134, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1896.
- Gaupp, E.: Anatomie des Frosches Dritte Abteilung Lehre von den Eingeweiden, dem Integument und den Sinnesorganen, Zweite Auflage, S. 13-14, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1904.
- Corbin, K. B. and Harrison, F.: Function of mesencephalic root of fifth cranial nerve. *J. Neurophysiol.* **3**: 423-435, 1940.
- Jerge, C. R.: Organization and function of the trigeminal mesencephalic nucleus. *J. Neurophysiol.* **26**: 379-392, 1963.
- Corbin, K. B.: Observations on the peripheral distribution of fibers arising in the mesencephalic nucleus of the fifth cranial nerve. *J. Comp. Neurol.* **73**: 153-177, 1940.
- Kemali, M. and Braitenberg, V.: Atlas of the Frogs Brain, Springer Verlag, Berlin, 1969.
- Weinberg, E.: The mesencephalic root of the fifth nerve a comparative anatomical study. *J. Comp. Neurol.* **46**: 249-405, 1928.
- Thexton, A. J.: Jaw opening and jaw closing reflexes in the cat. *Brain Res.* **66**: 425-433, 1974.
- Dixon, A. D.: Sensory nerve terminations

- in the oral mucosa. *Archs. Oral Biol.* 5 : 105-114, 1961.
- 16) Jenkins, J. N.: *The Physiology and Biochemistry of the Mouth*, p. 568, Blackwell, Oxford, 1978.
- 17) 島田久八郎, 北田泰之, 真貝富夫, 亀田和夫: 口腔粘膜および皮膚の動き受容器の受容野と閾値. *新潟歯学会誌* 6 : 1-9, 1976.
- 18) 河村洋二郎: *口腔生理学*, p. 90-94, 永末書店, 京都, 1973.
- 19) Thexton, A. J.: Oral reflexes elicited by mechanical stimulation of palatal mucosa in the cat. *Archs. Oral Biol.* 18 : 971-980, 1973.
- 20) 目 岩男: 口蓋圧刺激により誘発される開口反射の神経機序に関する研究. *齒基礎誌* 23:548-562, 1981.
- 21) Nomura, H. and Kumai, T.: A jaw closing reflex evoked by water stimulation on the oral mucosa of the frog. *J. Physiol. Soc. Jpn.* 45 : 501, 1983.
- 22) Moore, J. A.: *Physiology of the Amphibia*, p. 101-104, Academic Press, New York, 1964.
- 23) Piatt, J.: Origin of the mesencephalic V root cells in amblystoma. *J. Comp. Neurol.* 82 : 35-53, 1945.
- 24) Wallenberg, A.: Die kaudale Endigung der bulbo-spinalen Wurzeln des Trigemini, Vestibularis und Vagus beim Frosche. *Anat. Anz. Bd.* 30, S. 564-568, 1907.
- 25) Ariens Kappers, C. U., Huber, G. C. and Crosby, E. C.: *The Comparative Anatomy of the Nervous System of Vertebrates, Including Man* Vol. 1, p. 380-388, Hafner publishing company, New York, 1967.