

〔原著〕 松本歯学 12: 7~11, 1986

key words: 舌反射 — 顎反射 — 反射性放電 — カエル

カエル舌咽神経電気刺激による反射性 放電の発火様式と潜時の比較

野村浩道, 鈴木宏和

松本歯科大学 口腔生理学教室 (主任 野村浩道 教授)

Comparison of Firing Patterns and Latencies of Reflex Discharges Elicited by Electrical Stimulation of Glossopharyngeal Nerve in the Frog

HIROMICHI NOMURA and HIROKAZU SUZUKI

*Department of Oral Physiology, Matsumoto Dental College
(Chief: Prof. H. Nomura)*

Summary

Reflex neural discharges recorded in the branch of the trigeminal nerve innervating the submental muscle, following electrical stimulation of the glossopharyngeal nerve, exhibited temporal facilitation, after-discharge and fluctuant long latency, whereas those recorded in the hypoglossal nerve did not. These facts suggest that the reflex pathway of the nostril-closing reflex is more complicated than that of the linguo-hypoglossal reflex in the frog.

結 言

カエルの舌および口蓋には, 少なくとも2種類の味覚受容器が分布しており, それぞれ異なる反射運動に関与していることがわかっている。その1つは, "水受容器"とよばれる味覚受容器で, この受容器の興奮は三叉神経に反射性放電を出現させて頤下筋, 下顎下筋, 翼突筋および咬筋の一部を収縮させ, 反射性鼻孔閉鎖運動を発現する^{4,6)}。いま1つは, 苦味物質 (塩酸キニーネ, プリシンなど), アルコール (プロパノールなど), 酸および高張塩溶液などで興奮する味覚受容器で, この受容器の興奮は舌下神経に反射性放電を出現させ

て内舌筋, 頤舌筋および舌骨舌筋を収縮させ, 反射性舌折り畳み運動を発現する⁷⁾。

この2つの反射運動は, 前者が持続性(緊張性)であるのに, 後者は一過性(相動性)である点で, 発現様式が著しく異なっている。この応答様式の違いの原因の1つは, 受容器の興奮様式の違いであることがわれわれの研究によってわかっている⁵⁾。すなわち, 単離した単一茸状乳頭神経標本を用いて, 100 mM NaCl 溶液に溶かした 5 mM CaCl_2 および 0.5 mM QHCl (塩酸キニーネ) に対して発現する求心性放電を調べると, 前者では振幅の大きい持続性放電が, 後者では振幅の小さい一過性の放電が出現するからである。しかし一般には運動ニューロンの発火頻度, 発火様式(発火パターン), 持続時間などを決めるのは運動

ニューロンおよび神経回路網の特性であり¹⁾、この2つの反射の反射様式の違いの原因として、運動ニューロンや神経回路網の違いも関係しているかも知れない。そこで本研究では、この点を明らかにするため、求心神経を電気刺激することによって両反射弓の入力の条件を一定にし、両反射の遠心性放電の発火様式、発火持続時間および潜時などを比較することとした。

材料と方法

実験に用いた材料はトノサマガエル (*Rana nigromaculata*) で、体重 12~15 g のものを用いた。先ずエーテルで麻酔し、上腕神経を両側性に切断し、脊髓尾側部を針で破壊して四肢を不動化した。これらの処置は、カエルが麻酔から醒めたあと大きく動くのを防ぐためのものである。ついで、0.5%MS222 を 0.2~0.3 ml 腹腔内注射し、三叉神経下顎枝、顔面神経下顎枝および舌咽神経を剖出し、また、舌下神経を両側性に切断して舌を引き出せるようにし、カエルを背位にして標本台上に載せ、舌を引き出して広げ、ピンで固定した。

電気刺激は舌咽神経または顔面神経下顎枝に与え、反射性放電は三叉神経下顎枝の頤下筋枝および咬筋枝および舌下神経の頤舌筋=内舌筋枝で導出した。電極には銀線または白金線双極電極を使用した。電気刺激の強度は 0.5~1.0 V、持続時間は 0.3 ms とした。

実験温度は 23~25℃ であった。

結 果

1. 単発刺激と頻数刺激の効果

単発刺激を舌咽神経に与えたとき、舌下神経では頻数刺激を与えたときと同程度の反射性放電が生じる^{2,3)}が、三叉神経では反射性放電が生じにくい⁴⁾。そこで、本研究では、頻数刺激を与えて刺激効果を比較することとした。

Fig. 1 は、左側の舌咽神経を電気刺激したときに生じる左右の三叉神経頤下筋枝および舌下神経内舌筋=頤舌筋枝の反射性放電を示す。どちらも 5 Hz の頻度で刺激しているが、舌下神経ではどの刺激に対しても同程度の大きさの反射性放電が発生しているのに対し、三叉神経では次第に反射性放電の大きさが増加している。この図に示す例では、同側の三叉神経頤下筋枝に反射性放電が発現

するのは 7 発目からであり、反対側の同神経枝では 8 発目からである。また、どちらも 20 発目位まで徐々に大きくなり(時間的加重)、それ以上ではほぼ最大に達している。一方、舌下神経の方は反って 1 発目の放電の方が 20 発目ぐらいの放電より大きい。またこの図からわかるように、両反射放電とも反対側に放電は生じているものの、三叉神経の方は 20 発目ぐらいからは左右の差がほとんどなくなるのに対し、舌下神経の方では反対側の放電は終始極めて微弱である。すなわち前者では両側性に反射性放電が発現するのに対し、後者ではほぼ片側性にしか発現しない。また三叉神経頤下筋枝の反射性放電では、刺激直後のバーストのあと次の刺激までの間かなりの放電の発生しているのが認められる(後発射)が、舌下神経の反射性放電ではわずかである。

Fig. 2 は、舌咽神経をそれぞれ約 2 Hz および 7 Hz で電気刺激したときの両側の三叉神経頤下筋枝における反射性放電である。同側性反射性放電は 2 Hz 刺激では 6 発目から、7 Hz では 8 発目から生じ、反対側反射性放電は 2 Hz 刺激では 11 発目から、7 Hz 刺激でも 9 発目から生じている。このことは反射性放電が発生するためには頻度とは無関係に、ある一定回数の刺激が必要なことが示唆される。

この図からわかるように、刺激を中断してもしばらくの間は放電が続く。この放電は刺激と刺激の間に発生する放電と相同のもののようにみえる。

2. 反射の潜時

上述したごとく、舌下神経に発現する反射性放電は単発刺激によっても発現するので反射の潜時を単発刺激によって求めることができるが、三叉神経頤下筋枝に発現する反射性放電は単発刺激では発現しにくいので、反射の潜時は、同一画面に一定数の掃引が行える、いわゆるラスター画面に反射性放電を画き出して求めることとした。

Fig. 3 はその 1 例を示す。舌下神経の反射性放電(A)も三叉神経頤下筋枝の反射性放電(B)も舌咽神経を 5 Hz の電気刺激して得たものである。いずれの画面も上から下に向かって 16 回掃引して最後に時標が記録されているが、刺激はいずれも 3 発目から与えられている。両反射放電の潜時に関してつぎのごとき差異が認められる。(1)舌下神経の

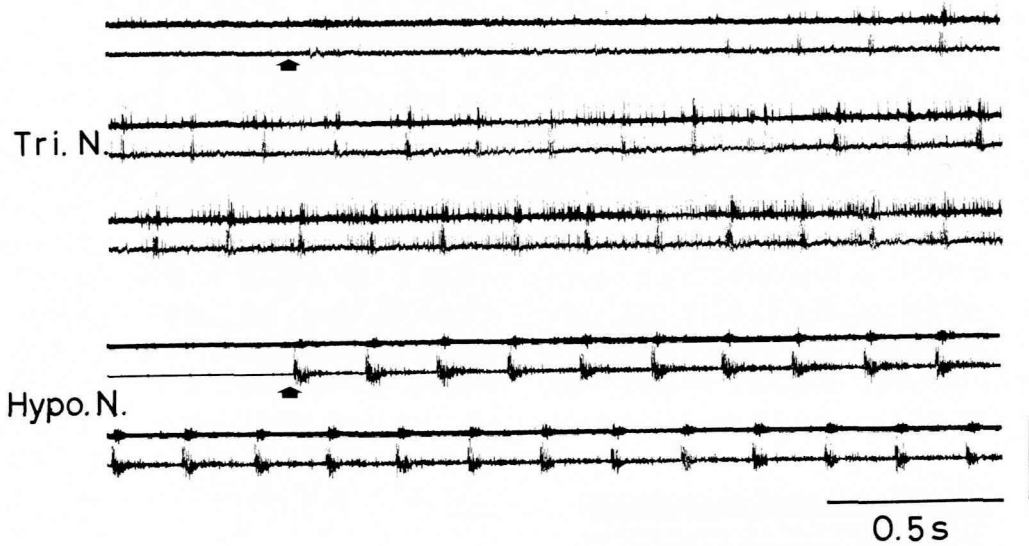


Fig : 1 Reflex discharges recorded in the branch of the trigeminal nerve innervating the submental muscle (Tri. N.) and in the branch of the hypoglossal nerve innervating the genioglossal and intrinsic tongue muscles (Hypo. N.) following electrical stimulation of the glossopharyngeal nerve. Upper and lower traces in each record indicate the reflex discharges elicited in the contralateral and ipsilateral nerve stimulation, respectively. Vertical bar at the right corner indicates 1mV. Upward arrows in the figures indicate the beginning of stimulation.

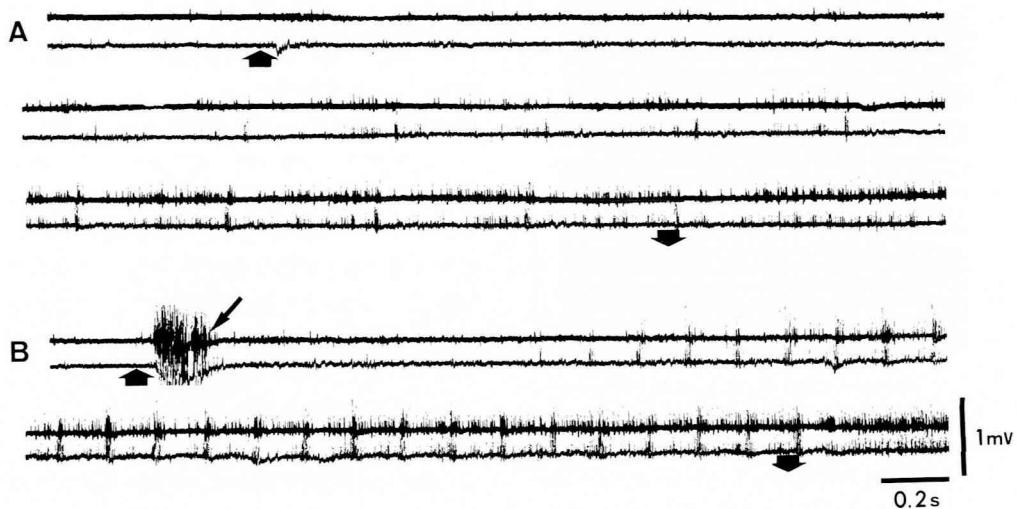


Fig : 2 Reflex discharges recorded in the branch of the trigeminal nerve innervating the submental muscle following electrical stimulation of the glossopharyngeal nerve at approximately 2 and 7 Hz. Upward and downward arrows in the figures indicate the beginning and cessation of electrical stimulation, respectively, and an oblique arrow indicates a spontaneous discharge.

反射性放電の潜時のばらつきは少ないが、三叉神経の方はばらつきが大きく、また放電そのものも間欠的である。(2)舌下神経の反射性放電の潜時は第1発目が短かく、2発目から僅かではあるが徐々に延長するが、三叉神経では逆に次第に短縮する。(3)最小潜時も、また平均潜時も三叉神経の反射性放電の方が舌下神経の反射性放電より長い。

比較のため、舌咽神経を電気刺激したときの舌下神経頭舌筋=内舌筋枝および三叉神経頭下筋=下顎下筋枝に発現する反射性放電のほかに、三叉神経上顎神経および眼神経および顔面神経内下顎枝を電気刺激したときの三叉神経咬筋枝に発現す

る反射性放電についても潜時の測定を試みた。三叉神経咬筋枝は2~3本の小さい分枝として咬筋に入るが、どの枝が咬筋のどの部分を支配するか確めてないため詳細については後報に譲りたいが、顔面神経内下顎枝を電気刺激したときには、三叉神経頭下筋枝でみられたような潜時の一定しない反射性放電がみられたものの、三叉神経上顎神経や眼神経を電気刺激したときには、舌下神経に発現した反射性放電のような潜時の一定した反射性放電がみられた。ただし潜時は舌下神経のものより多少長いようにみえた。三叉神経上顎神経や眼神経には味覚神経線維は含まれていないのに対し、顔面神経内下顎枝には含まれているので、この違いは求心神経線維が味覚神経線維か、機械的受容器からの感覚神経線維による違いによるものであろう。

考 察

反射の潜時：Thexton⁹⁾は、除脳ネコを用いて三叉神経眼窩下神経を電気刺激したときの側頭筋および顎二腹筋に発現する反射性筋電図を調べ、潜時は5~6 msに過ぎないと述べている。これに対しカエル口腔一顔面反射ではもっとも潜時の短いもの(舌咽神経を電気刺激し、舌下神経舌骨舌筋枝で導出)でも平均約8.4 msであった³⁾。このカエルにおける長い潜時は冷血動物と温血動物の差に基づくものであろう。

本研究で見いだされた舌咽神経を電気刺激して三叉神経頭下筋枝で導出した反射性放電の潜時は舌下神経頭舌筋=内舌筋枝で導出したものより長かった。このことは、反射の神経回路が鼻孔閉鎖反射と舌一舌下反射で異なり、前者の方がより長径路となっているためと考えられる。すなわち、舌一舌下反射は哺乳類で2シナプス性であることがわかっている⁸⁾ので、延髄孤束核の2次感覚ニューロンの軸索は直接舌下神経核ニューロンに投射して興奮性シナプス結合をしていると考えられるが、鼻孔閉鎖反射の方は延髄孤束核の2次感覚ニューロンは介在ニューロンで中継されたのち三叉神経運動核ニューロンに投射すると考えられる。

Travers & Norgren¹⁰⁾によると、三叉神経運動核ニューロンは主に3つの部位から求心性投射を受けているという。第1は三叉神経上核である。

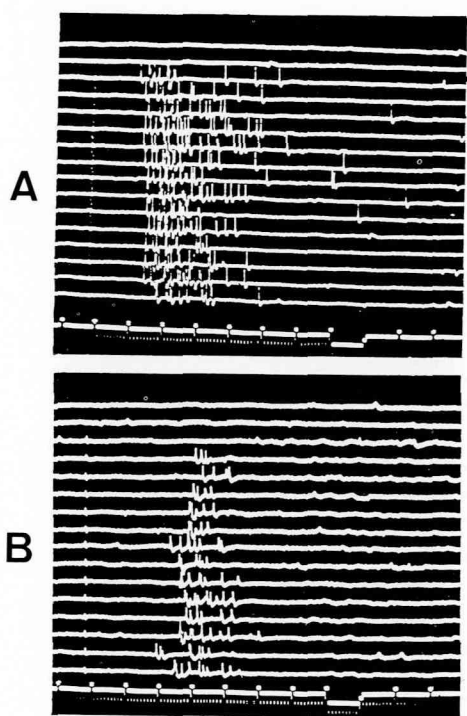


Fig. 3 Unitary reflex discharges in the branch of the trigeminal nerve innervating the submental muscle (A) and in the branch of the hypoglossal nerve innervating the genioglossal and intrinsic tongue muscles (B) following electrical stimulation of the glossopharyngeal nerve applied contralaterally and ipsilaterally, respectively. Time signals indicate 1ms and 10ms, and vertical bar at the right corner indicates 1mV.

しかし、このニューロンは抑制性であり、カエル鼻孔閉鎖反射では顕著な抑制効果はみられないので、この核は反射回路には含まれていないと考えられる。第2は橋の結合腕傍核であり、第3は内側延髄網様体である（ただし、前者についてはカエルにおける存在は不明）。この両部位とも孤束核ニューロンから軸索を受けており、カエル鼻孔閉鎖反射回路における孤束核と三叉神経運動核の間にある介在ニューロンのある部位の可能性をもつ。この点については今後の生理学的研究による検討を必要とする。

カエル口腔顔面反射のうち、上顎神経電気刺激による閉口反射には反射の抑制がみられる¹¹⁾。この反射の抑制には三叉神経上核が関与していると考えられる。また、本研究で詳細には検討されなかったが、上顎神経や眼神経の電気刺激では三叉神経咬筋枝に潜時の比較的短い、一定潜発性の反射性放電の生じるらしいことがわかった。このことは三叉神経運動核ニューロンに三叉神経主知覚核からの直接的投射のあることを示唆する。この2つの示唆はいずれも Traver & Norgren¹⁰⁾ の見いだした事実と一致する。しかし、この点についても今後の生理学的検討を必要とする。

文 献

- 1) Burke, R. E. (1981) Motor Units: anatomy, physiology, and functional organization. Handbook of Physiology, Sect. 1, Vol. 2, 1st ed., 345—422. Amer. Physiol. Soc., Bethesda, U. S. A..
- 2) 香西博之 (1974) 蛙舌下神経の反射性放電. 九州歯会誌, 29: 210—221.
- 3) Kumai, T. (1981) Reflex response of the hypoglossal nerve induced by chemical stimulation of the tongue and electrical stimulation of the glossopharyngeal nerve in the frog. Jpn. J. Physiol. 31: 625—637.
- 4) Nomura, H. and Kumai, T. (1981) Reflex discharge evoked by water stimulation on the frog tongue. Brain Res. 221: 198—201.
- 5) Nomura, H. and Kumai, T. (1982) A specific chemoreceptor to the linguo-hypoglossal chemoreflex of the frog. Jpn. J. Physiol. 32: 683—687.
- 6) Nomura, H. and Kumai, T. (1984) Jaw-closing reflex elicited by water stimulation of oral mucosa in the frog. Jpn. J. Oral Biol. 26: 259—261.
- 7) 野村浩道, 鈴木宏和 (1985) カエル味覚性舌反射に及ぼすアルコール, アミノ酸および苦味物質の刺激効果. 松本歯学, 11: 18—21.
- 8) Porter, R. (1967) The synaptic basis of a bilateral lingual-hypoglossal reflex in cats. J. Physiol. 190: 611—627.
- 9) Thexton, A. J. (1974) Jaw opening and jaw closing reflexes in the cat. Brain Res. 66: 425—433.
- 10) Travers, J. B. and Norgren, R. (1983) Afferent projection to the oral motor nuclei in the rat. J. Comp. Neurol. 220: 280—298.
- 11) 山崎博史 (1983) 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. 歯基礎誌, 25: 1057—1072.