

[原著] 松本歯学 7:50~53, 1981

味覚刺激によるカエル三叉神経の反射性放電

野村浩道, 熊井敏文

松本歯科大学 口腔生理学教室 (主任 野村浩道 教授)

Reflex Discharges Evoked by Taste Stimulation on the Frog Tongue

HIROMICHI NOMURA and TOSHIFUMI KUMAI

Department of Oral Physiology, Matsumoto Dental College

(Chief: Prof. H. Nomura)

Summary

In the previous study, Kumai (1981) found that pronounced reflex discharges are evoked in the hypoglossal nerve by an application of 1M NaCl, 0.5 mM quinine HCl or HCl at pH 2.5 on the frog tongue, but not by 1 mM CaCl₂ or distilled water. Zotterman (1949) suggested that the water on the frog tongue reflexly keeps the mouth closed to reduce an obvious increase of the intake of water. If this is valid, reflex discharges should be evoked in the nerves innervating the elevator muscles as the masseter and temporal muscles.

When the tongue was stimulated by tap water, no reflex discharge was evoked in the nerve innervating the masseter and temporal muscles. On the contrary, pronounced reflex discharges were evoked in the nerves innervating the submental and submaxillary muscles. This result indicates that the chemoreceptor sensitive to tap water in the frog plays a role in the nostril closing mechanism.

古くから、カエル舌には食塩、酸、キニーネなどに感受性を有する味覚器のあることが知られていた (Seo, 1931⁶⁾, Pumphrey, 1935⁵⁾) が、Zotterman (1949)⁷⁾ は、リンガー液に順応しておいたカエル舌では蒸溜水をかけると舌咽神経に大きな求心性放電が現われることを見いだした。この現象は今日、水応答とよばれ、水応答に関与する受容器と味神経線維はそれぞれ水受容器および水線維とよばれる。水線維はその後ネコ、イヌ、

ブタなどでも発見され (Liljestrand & Zotterman, 1954²⁾)、ヒトやネズミを除く哺乳動物全般に広く存在することがわかった。

Nomura と Sakada (1965)⁴⁾ は、カエル舌水受容器の性質を単一神経線維標本を用いて研究し、この受容器は蒸溜水よりは通常の淡水によく応答することを見だし、さらにその原因は通常の淡水に含まれるカルシウムイオンにあることを示した。通常の淡水には数 100 μ M のカルシウムイオンが含まれているので、カエル舌水受容器のこの特性は、通常の淡水を識別する上で極めて合

目的であるといえる。

カエル舌水受容器についての研究はその後数多く行われているが、この受容器がカエルにとってどのような生理的意義を有する受容器であるかはよく分かっていない。

Kumai (1981)¹⁾は、無麻酔のカエルを用いて、舌に味刺激を与えたときの舌下神経の反射性放電を調べ、蒸留水や 1 mM 塩化カルシウムでは反射性放電は発現しないものの、1M 食塩、0.5 mM 塩酸キニーネおよび pH 2.5 の塩酸では顕著な反射性放電が発現することを見いだした。このことは、無麻酔のカエルを用いれば水刺激による反射性放電も検出できる可能性のあることを示している。

水受容器を発見した Zotterman は、最初の論文の考察で、この受容器はカエルが水を飲まないために反射性に口を閉ざすための受容器であろうと推察している (Zotterman, 1949⁷⁾)。食塩の少ない淡水中に生活するカエルは、水を飲むとともに食塩を喪失して体内のイオン平衡を維持できなくなるので、口腔に淡水が流入してきたとき素早く口を閉ざす、一種の閉口反射が発達しているというのである。

もしこの Zotterman の推察が正しければ、カエルの舌を水刺激したとき、閉口筋である咬筋や側頭筋を支配する神経に遠心性の反射性放電が出現するはずである。そこでこの点を検討することとした。

なお、本論文の一部は短報としてすでに発表している (Nomura & Kumai, 1981³⁾)。

材料と方法

本研究に用いた材料は雄のトノサマガエル (*Rana nigromaculata*) および小型のウシガエル (*Rana catesbeiana*) である。

実験方法は、先ずカエルをエーテルで軽く麻酔してから脊髄尾側部を針で破壊した後肢を不動化し、ついで上腕神経と舌下神経を切断して、前肢および舌を不動化した。片側の舌咽神経、三叉神経、顔面神経を手術して神経放電を記録できるようにした後、カエルを合成樹脂板で作った標本台上に載せ、舌を引き出し舌全面に溶液がかけられるように軟性合成樹脂板上にピンで固定した。

電極は、短い神経分枝の場合はリンガー液を含んだ吸引電極を使用した。多くの場合は双極の

銀線電極を使用した。神経放電は、通常高入力インピーダンス前置増幅器を介して 2 現象陰極線オシロスコープに導き、連続撮影装置を用いてオシロペーパーに記録するようにしたが、3 チャンネル以上で同時記録を行うときは、高入力インピーダンス前置増幅器から 0.1 秒の時定数を有するインテグレーターを介し、ペン書きオシログラフに誘導した。

刺激溶液には通常水道水を用いたが、比較のた

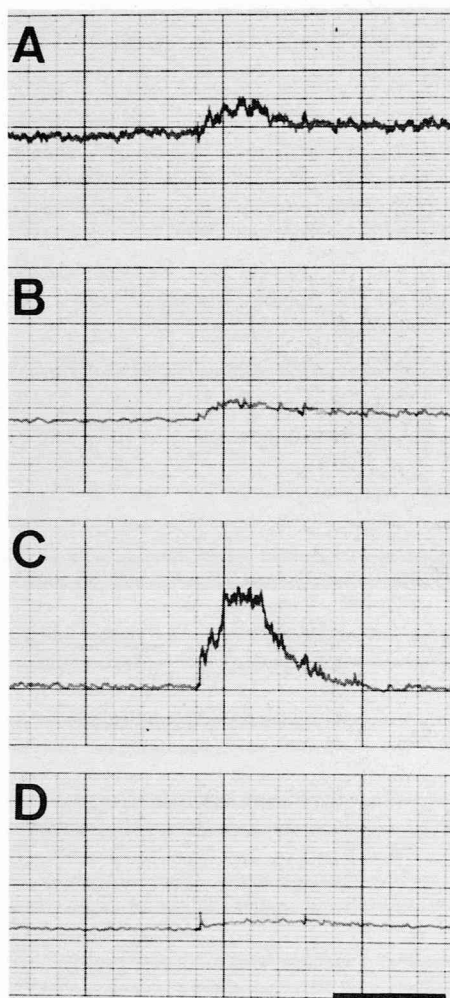


図1: カエルの舌水刺激による反射性神経放電の積分曲線

A: 三叉神経 B: 顔面神経
C: 舌咽神経 D: 舌下神経

(ただしCは求心性神経放電)

右下の横棒は時標 (10秒) を示す。積分回路の時定数は0.1秒。

め, 1M CaCl_2 , 0.5 mM 塩酸キニーネ, pH 2.5 の HCl 溶液を用いた。これら刺激溶液は, スポイトを用いて 3~4 ml を約 10 秒かけて舌全面にかけた。なお, 刺激と刺激の間には 2 分以上の間隔を置いた。

実験は, 室温 (20~25°C) で行った。

結 果

図 1 は, カエル舌に水道水をかけたときに発現した三叉神経, 顔面神経および舌下神経における遠心性の反射性神経放電および舌咽神経の求心性神経放電をインテグレーターを介してペン書きオシログラフに同時記録した一例である。この実験では三叉神経における神経放電(A)の増幅を他の 3 者 (B, C および D) の半分にしてあるので, 三叉神経における反射性神経放電の振幅は舌咽神経の求心性神経放電のおよそ $\frac{1}{2}$ もある。このことは, カエル舌を水刺激したとき, 明らかに三叉神経に反射性神経放電が発現することを示している。これに対し, 顔面神経および舌下神経に発現する反射性神経放電の振幅は小さく, 三叉神経に発現する反射性放電とは異質のもののように思え

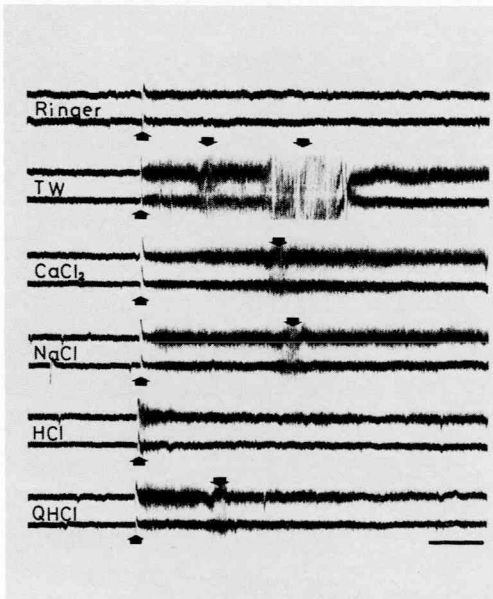


図 2 : 各種味刺激による三叉神経の反射性神経放電
 上段 : 舌咽神経の求心性神経放電
 下段 : 三叉神経の反射性神経放電
 右下の横棒は時標 (1 秒) を示す。図中の各符号については本文参照のこと。

る。しかし, この点についての検討は本研究では行わなかった。

図 2 は, 三叉神経に発現する反射性放電が味質によって異なるかどうかを検討したものである。上段が舌咽神経の求心性放電, 下段が三叉神経における反射性放電である。舌にリンガー液をかけたのでは神経放電はほとんど発現しないが, 水道水 (TW) をかけたとき, 舌咽神経に求心性放電が発現するとともに三叉神経にも顕著な反射性神経放電の発現することがわかる。なお, 下向きの矢印で示す放電はカエルが身動きをした際に現われたもので, 反射性放電ではないと考えられる。

神経放電の時間経過に注目して舌咽神経の求心性放電と三叉神経の反射性放電を比べたとき, 水道水の間はかなり密接な相関関係が存在するようにみえるが, 1M CaCl_2 , HCl (pH 2.5) および 0.5 mM 塩酸キニーネの場合, 両神経放電の間には一義的な相関関係は認められない。とくに塩酸キニーネでは, 舌咽神経に大きな神経放電が現われているにも拘らず, 三叉神経にはあまり大きな神経放電が現われていない。この原因は, 1M NaCl , HCl (pH 2.5) および 0.5 mM 塩酸キニーネは水線維以外の感覚神経線維にも大きな求心性放電を発現しているためと考えられる。

本研究で見いだされた三叉神経の反射性神経放電の役割が何であるかを調べるため, 三叉神経の各筋枝および皮枝に電極を当てて反射性神経放電の有無を調べた。その結果, 咬筋枝, 側頭筋枝および皮枝には反射性神経放電は認められなかったが, 下顎下筋枝および頤下筋枝には顕著な反射性神経放電の発現することが確かめられた。この結果から, カエル舌を水刺激すると, 下顎下筋および頤下筋に反射的に収縮あるいは緊張の生じることがわかる。なお, 標本によっては, 下顎下筋枝に周期的な遠心性神経放電のみられることがあった。この周期的な遠心性神経放電は, 呼吸運動中枢からのものと考えられる。なぜならば, 下顎下筋はカエルにおいては呼吸運動に関与する筋肉であるからである。

本研究は 9 月から 11 月にかけて, いわゆる夏カエルを用いて行ったものであるが, カエルを低温下 (10°C ぐらいあったと推定される) に数日間曝したのちは, 本研究で見いだされた舌の水刺激によって発現する三叉神経の反射性放電は認められ

なくなった。恐らく、この反射は、いわゆる冬ガエルでは起こらないのであろう。しかし、この点については、十分には確かめていない。

考 察

Zotterman (1949)⁷⁾は、カエル舌水受容器の生理的意義を、カエルが水を飲まないための閉口反射のための受容器であると推察したが、舌の水刺激によって三叉神経側頭筋枝や咬筋枝に反射性放電が認められなかったことからみて、閉口反射とは無関係であると考えられる。

カエルの下顎下筋と頤下筋の収縮は、鼻孔を閉鎖する働きがある。すなわち、両筋肉、とくに頤下筋は紡錘形の筋肉で、その腱は頤部よりやや後方で体軸に垂直に下顎骨に付着しているので、この筋肉の収縮は下顎骨弓頤部付近の幅員を短縮すると考えられる。閉口時、下顎骨弓、とくに頤部付近の幅員の短縮は下顎骨頤部を前突させ、上顎吻側部内面を前方に押し、鼻孔を閉鎖することになる。以上のことから、カエル舌水受容器の生理的意義は、カエルが水に飛び込んだときの鼻孔閉鎖反射に関与する受容器と推察される。

本研究で、舌水刺激による三叉神経の反射性放電が冬ガエルでは生じないことがわかったが、このことは、水受容器に関与する鼻孔閉鎖反射が、夏ガエルでは生じるが冬ガエルでは生じないことを意味する。この点は、自然の状態では冬ガエルは陸上で冬眠して水に入ることがないので、不自然な現象ではない。

Kumai (1981)¹⁾は、カエル舌に種々の味刺激を与えたときの舌下神経に発現する反射性放電を調べ、1M NaCl, 0.5 mM 塩酸キニーネおよび

HCl(pH 2.5)では反射性放電が現われるが、1 mM CaCl₂ で刺激したときには反射性放電がほとんど現われないことを示した。従って、舌下神経の反射性放電に関与する受容器は水受容器ではないことがわかる。本研究で、舌を 0.5 mM 塩酸キニーネおよび HCl (pH 2.5) で刺激したとき、舌咽神経の求心性神経放電と三叉神経の反射性放電の間に密接な相関関係が認められないようにみえたのは、これら味刺激が水受容器だけでなく、舌下神経の反射性放電に関与する味神経線維をも興奮させたためと考えられる。

文 献

- 1) Kumai, T. (1981) Reflex response of the hypoglossal nerve induced by gustatory stimulation of the frog tongue. *Brain Res.* (印刷中)
- 2) Liljestrand, G. and Zotterman, Y. (1954) The water taste in mammals. *Acta physiol. Scand.* 32: 291-303
- 3) Nomura, H. and Kumai, T. (1981) Reflex discharge evoked by water stimulation on the frog tongue. *Brain Res.* (印刷中)
- 4) Nomura, H. and Sakada, S. (1965) On the "water response" of frog's tongue. *Jpn. J. Physiol.* 15: 433-443
- 5) Pumphrey, R. J. (1935) Nerve impulses from receptors in the mouth of the frog. *J. Cell Comp. physiol.* 6: 457-467
- 6) Seo, A. (1931) Vergleichende physiologische Studien über die Chemoreceptoren des Frosches. *Jap. J. Med. Science III Biophysic.* 2: 249-255
- 7) Zotterman, Y. (1949) The response of the frogs taste fibres to the application of pure water. *Acta physiol. Scand.* 18: 181-189