

## 歯根膜感覚情報がラット副腎髄質機能に及ぼす影響

池田圭介, 真貝富夫\*, 高橋義弘\*, 山田好秋\*, 河野正司

新潟大学歯学部歯科補綴学第一講座

\*新潟大学歯学部口腔生理学講座

[受付: 平成9年4月7日]

### Effect of afferent signals from the periodontal ligament on adrenal medullary function in rats

Keisuke Ikeda, Tomio Shingai\*, Yoshihiro Takahashi\*, Yoshiaki Yamada\* and Shoji Kohno

*Department of Removable Prosthodontics, School of Dentistry, Niigata University*

*\*Department of Oral Physiology, School of Dentistry, Niigata University*

[Received: April 7, 1997.]

**Key words:** adrenal sympathetic nerve activity, periodontal ligament, muscle spindle, rhythmic jaw movement, mechanical stimulation

**Abstract:** The effect of afferent signals from the periodontal ligament and muscle spindles of jaw-closing muscles on adrenal medullary function is not known. We approached this matter through analysis of adrenal sympathetic nerve activity, trajectories of jaw movements, and EMG activity of the masseter muscle recorded simultaneously in anesthetized rats. Rhythmic jaw movements (RJM) were evoked by repetitive electrical stimulation of the cerebral cortex.

There was no significant change in the adrenal nerve activity during RJM. When a 2 mm-thick wooden stick was placed between the opposing incisors during RJM, the activities of the masseter muscle and the adrenal nerve were facilitated. The facilitative response of the adrenal nerve returned to the pre-stimulus level after the wooden stick was withdrawn. After sectioning the bilateral maxillary and inferior alveolar nerves, the facilitative response to the masseteric activity due to application of the wooden stick became greatly reduced but no significant change was seen in the adrenal nerve activity. The masseteric activity increased while the jaw was stretched during RJM to increase the afferent signals from the muscle spindles; however, the adrenal nerve activity did not change significantly. Adrenal nerve activity was facilitated when pressure stimulation was applied manually to the upper incisors. The facilitative effect was much greater during repetitive stimulation to the teeth than that observed during continuous stimulation.

These results indicate that afferent signals from the periodontal ligament are responsible for the facilitation of adrenal nerve activity.

抄録 歯根膜および閉口筋紡錘からの感覚情報が副腎髄質機能に及ぼす影響を調べる目的で, 麻酔ラットを用いて副腎交感神経活動, 下顎運動および咬筋筋電図を同時記録し解析を行った。大脳皮質の連続電

気刺激によりリズムカルな下顎運動を誘発した。誘発されたリズムカルな下顎運動中、副腎交感神経活動に明らかな変化は認められなかった。リズムカルな下顎運動中に、上下切歯間に木片（厚さ2mm）を挿入し咬合させると、咬筋活動および副腎交感神経活動は増加した。木片を撤去すると、副腎交感神経活動は木片の咬合前のレベルまで戻った。あらかじめ上顎神経および下歯槽神経を両側性に切断した動物では、リズムカルな下顎運動中の木片咬合による咬筋活動の促進効果は減少し、副腎交感神経の活動には明らかな増加は認められなかった。リズムカルな下顎運動中に下顎を牽引することで筋紡錘感覚情報を増加させると、咬筋活動は増加したが、副腎交感神経活動には明らかな変化は認められなかった。また、上顎切歯に手で圧刺激を行った際には副腎交感神経活動の増加がみられ、この効果は持続圧刺激よりも反復圧刺激の方が大きかった。

以上の結果から、歯根膜感覚情報が副腎交感神経活動を増加させることが明らかになった。

## I. 緒言

食物の咀嚼に伴い、副交感神経系が興奮し唾液、胃液、膵液などの消化液の分泌がなされることが知られている<sup>1)</sup>。また、咀嚼時には交感神経系の興奮により心拍数、動脈血圧が増加することも報告されている<sup>2, 3)</sup>。これら咀嚼に伴う自律系の反応は、食物が嚥下される以前に開始されることから、咀嚼に伴う種々の刺激がきっかけになると考えられる。口腔領域への機械的刺激もそのひとつであり、主に歯根膜、咀嚼筋、顎関節および口腔粘膜からの感覚情報が関与する。口腔領域の機械的刺激によって生じる自律系の反応としては唾液の分泌<sup>4)</sup>、呼吸活動への影響<sup>5)</sup>などが報告されている。

ところで、副腎髄質から分泌される副腎カテコールアミンは循環、呼吸、代謝など数多くの自律機能において、特に交感神経系に重要な役割を演じている。三叉神経系からの感覚情報が副腎髄質の機能に及ぼす影響については、侵害性感覚情報に関しての報告がみられる<sup>6, 7)</sup>。しかし、口腔領域の機械的刺激によって生じる感覚情報が副腎髄質の機能に及ぼす影響を及ぼすかについての報告は僅かであり<sup>8)</sup>、不明な点が多い。

本研究は、歯根膜および閉口筋筋紡錘からの感覚情報が副腎髄質の機能へ及ぼす影響について調べたものである。副腎髄質からのカテコールアミン分泌は、副腎に入力する交感神経により神経性に調節されているので、本研究では副腎交感神経の活動を副腎髄質の活動の指標とした。

## II. 研究方法

### 1. 外科的処置

実験には体重250~350gのWistar系ラットを用いた。麻酔は $\alpha$ クロラロースおよびウレタンの混合溶液（50

mg/kg, 500 mg/kg）の腹腔内投与により行った。麻酔後、気管カニューレを留置し自発呼吸させた。頭部を切開して頭蓋骨にスクリューピンを植立し、このピンと歯科用レジンならびにメタルロッドで動物を腹臥位にて実験台に固定した。大脳皮質咀嚼野への電気刺激を行うために左側前頭骨の一部ならびにその直下の脳硬膜を除去し、大脳皮質を露出した。

### 2. 大脳皮質電気刺激

大脳皮質電気刺激により、咀嚼運動様のリズムカルな下顎運動を誘発した。皮質の刺激部位は Sasamotoら<sup>9)</sup>の anterior area に相当する位置とし、刺激電極には双極同心型電極を用い皮質表面に対して垂直に刺入した。皮質の電極刺入部位に頻度30 Hz、持続100 $\mu$ sの矩形波刺激を連続的にを行い、刺激電流量はリズムカルな下顎運動を誘発できる閾値強度（<80-200 $\mu$ A）とした。

### 3. 口腔内刺激

大脳皮質電気刺激により誘発された下顎運動中に以下の実験を行った。1) 上下切歯間へ木片（厚さ2mm）を挿入し、咬合させた。2) 木片の咬合に伴う歯根膜からの感覚情報を遮断するために、上顎神経および下歯槽神経を両側性に切断した動物において、上下切歯間へ木片を挿入し、咬合させた。3) 歯を接触させずに閉口筋筋紡錘からの感覚情報を増加させるために、下顎を牽引した。下顎の牽引は、下顎の切歯と臼歯部の歯間隙に木綿糸を左右にかけて手動により行った。

また以上の実験とは別に、大脳皮質刺激を行わず手動で上顎切歯への機械的刺激を行った。刺激にはストレンゲージを貼付した刺激子を用い、舌側から唇側方向に約200 gfの持続圧刺激ならびに3回/秒の反復圧刺激を行った。

### 4. 記録および解析

下顎位の変化をオトガイ部に接着したマグネットの磁気抵抗の変化として、実験台に固定した磁気センサーに

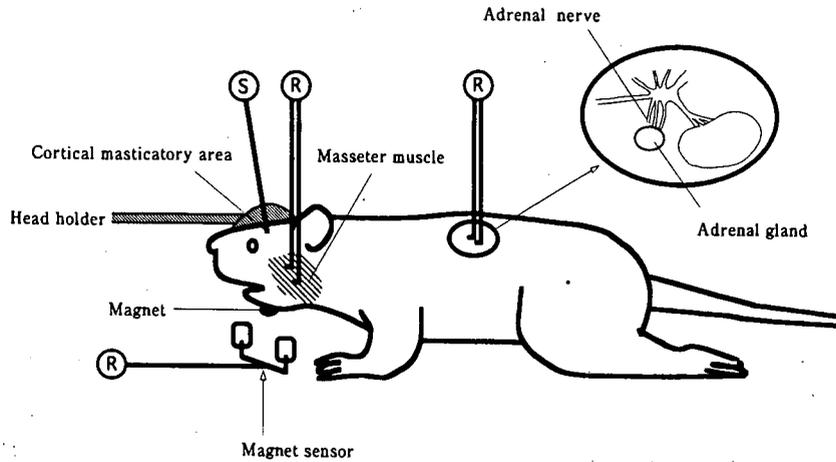


図1 実験模式図

Fig. 1 Schematic diagram of experimental set-up

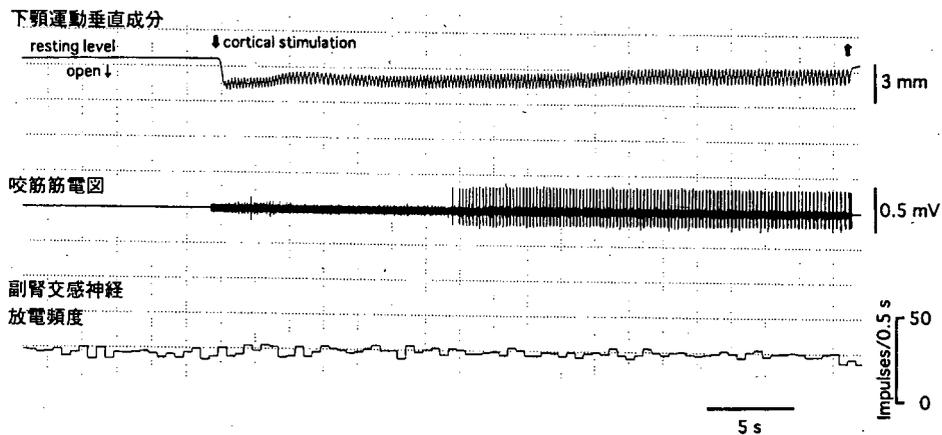


図2 大脳皮質連続電気刺激により誘発されたリズムカルな下顎運動

Fig. 2 Rhythmic jaw movements evoked by repetitive electrical stimulation of the cerebral cortex

より検出し、下顎運動垂直成分の軌跡を記録した。左側咬筋筋電図をテフロンコーティングしたステンレス線を用い双極性に導出した。副腎交感神経を剖出するために、左側背部を切開し実体顕微鏡下で左側の副腎に入力する神経叢を露出させた。このうちの一本を記録用として周囲組織から剥離した。記録用の副腎交感神経の遠心端を副腎近傍で切断し、白金電極にのせて遠心性放電活動を双極性に導出した。以上に述べた実験系を模式的に図1に示す。

副腎交感神経の放電頻度をパルスカウンターで0.5秒毎に記録した。歯根膜ないし筋紡錘からの感覚情報量の

変化が副腎交感神経活動に影響を及ぼすか否かについて、副腎交感神経の放電頻度の変化により評価した。

### Ⅲ. 結 果

図2に大脳皮質連続電気刺激により誘発された下顎運動、咬筋筋電図ならびに副腎交感神経放電頻度の同時記録例を示す。誘発された下顎運動は、毎秒およそ5回の頻度で繰り返される下顎の開閉口運動であった。この皮質誘発性の下顎運動を誘発し続けると、各ストロークの最も閉口した位置は下顎安静位付近のレベルまで達する

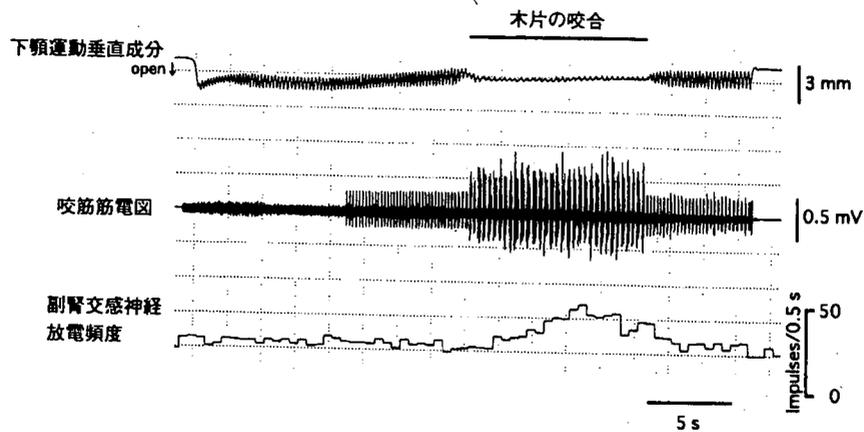


図3 上下切歯間での木片咬合が副腎交感神経活動へ及ぼす影響  
Fig. 3 Effect of application of a wooden stick between the opposing incisors during RJM on the adrenal nerve activity

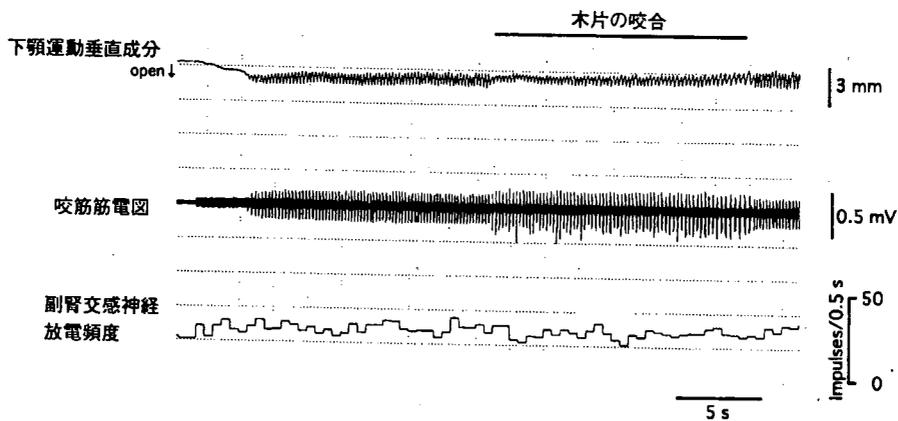


図4 上顎神経および下歯槽神経切断後の木片の咬合が副腎交感神経活動へ及ぼす影響  
Fig. 4 Effect of application of a wooden stick during RJM after sectioning the bilateral maxillary and inferior alveolar nerves on the adrenal nerve activity

が、歯の接触は認められなかった。この下顎運動中に、副腎交感神経の放電頻度には明らかな変化が認められなかった。

#### 1. 木片の咬合が副腎交感神経活動へ及ぼす影響

図3は皮質誘発性の下顎運動中に上下切歯間へ木片を挿入したときの記録例である。木片を挿入すると動物は強固に木片を咬合し、下顎運動軌跡には咬合相が認められた。木片を咬合している間の咬筋活動は増強し、副腎交感神経の放電頻度は木片咬合前に比べ徐々に増加した。木片を撤去すると副腎交感神経の放電頻度は木片咬合前のレベルまで戻った。

#### 2. 上顎神経および下歯槽神経切断後の木片の咬合が副腎交感神経活動へ及ぼす影響

図4は上顎神経および下歯槽神経を両側性に切断した動物において、皮質誘発性のリズムカルな下顎運動中に木片を挿入したときの記録例である。木片の挿入によっても、動物は木片を強く咬みこむことができず、咬筋活動は木片の咬合に伴い僅かに増加したが、その効果は神経切断しない動物に比べ弱いものであった。このとき、副腎交感神経の放電頻度は、木片を咬合させる前後で明らかな変化は認められなかった。

#### 3. 下顎の牽引が副腎交感神経活動へ及ぼす影響

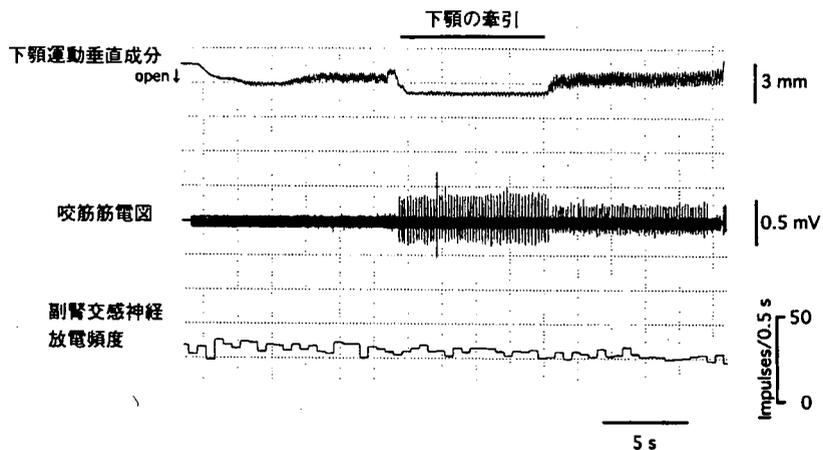


図5 下顎の牽引が副腎交感神経活動へ及ぼす影響  
Fig. 5 Effect of stretch of the jaw during RJM on the adrenal nerve activity

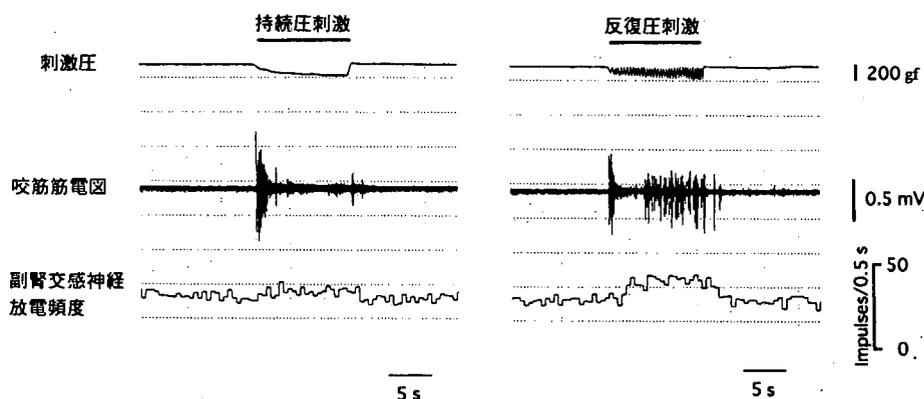


図6 上顎切歯への圧刺激が副腎交感神経活動へ及ぼす影響  
左：持続圧刺激，右：反復圧刺激  
Fig. 6 Effect of pressure stimulation to the upper incisors on the adrenal nerve activity  
Left: continuous stimulation, right: repetitive stimulation

図5は皮質誘発性の下顎運動中に下顎を牽引したときの記録例である。下顎を牽引している間咬筋活動が増強した。しかし、副腎交感神経の放電頻度は下顎の牽引前に比べて明らかな変化が認められなかった。

4. 上顎切歯への圧刺激が副腎交感神経活動に及ぼす影響

図6は上顎切歯舌唇方向への圧刺激を行ったときの記録例である。歯への圧刺激により副腎交感神経の放電頻度は増加した。しかしその効果は、持続圧刺激よりも反復圧刺激のほうが大きかった。

IV. 考 察

本研究は、歯根膜および閉口筋筋紡錘からの感覚情報が副腎髄質の機能に及ぼす影響を、副腎カテコールアミン分泌を調節している交感神経活動を記録することにより検討した。大脳皮質誘発性のリズムカルな下顎運動中に木片を咬合させると副腎交感神経活動は増加したが、この効果は上顎神経および下歯槽神経を切断した動物では認められなかった。このことは木片咬合により生じた副腎交感神経活動の増加には歯根膜からの感覚情報が関

与することを示している。閉口筋筋紡錘からの感覚情報が副腎交感神経活動に及ぼす影響については以下のように考えることができる。リズムカルな下顎運動中には、下顎位の変化に伴い閉口筋筋紡錘が活動するが、副腎交感神経活動に明らかな変化は認められなかった。上顎神経および下歯槽神経を切断した動物でも、木片咬合時には筋紡錘からの感覚情報の増加によって咬筋活動は増加する<sup>10)</sup>が、副腎交感神経活動には明らかな変化がみられなかった。さらに、下顎を牽引して閉口筋筋紡錘からの感覚情報を増加させても、副腎交感神経活動は増加しなかった。以上のことから、閉口筋筋紡錘からの感覚情報が増加しても副腎交感神経活動には影響を及ぼさないことが分かった。

歯根膜および筋紡錘以外の感覚情報が副腎交感神経活動に及ぼす影響については次のように考えられる。上顎神経および下歯槽神経を切断した動物に木片を咬合させた際、あるいは下顎を牽引した際には口腔粘膜、顎関節、腱等からの感覚情報が生じ得る筈である。しかし本実験においては、歯根膜感覚情報以外のこれらの感覚情報による副腎交感神経活動への影響はほとんど認められなかった。

手動により歯根膜の機械的刺激を行った際にみられた副腎交感神経活動の増加は、持続刺激より反復刺激のほうが大きかった。反復刺激が副腎交感神経活動の増加に有効であることは、歯根膜感覚情報の時間的加重効果の重要性を示唆している。実際の咀嚼時におこるリズムカルな咬合による歯根膜感覚情報の時間的加重効果は、副腎交感神経活動の増加に寄与すると思われる。

摂食時における感覚情報は口腔領域の機械的刺激に伴うもの以外に味覚、嗅覚、視覚などがある。Nijima<sup>11)</sup>は麻酔ラットの舌への味覚刺激が副腎交感神経活動に及ぼす影響を調べ、甘味刺激では神経活動が減少し、強い塩味刺激では増加すると報告している。このことから、摂食に伴う副腎交感神経活動の変化は、本研究で示した歯根膜からの感覚情報だけでなく、種々の感覚情報の影響を受けるものと考えられる。

## V. 結 論

咬合時に生じる歯根膜からの感覚情報は副腎交感神経活動を増加させ、副腎髓質機能を調節していることが明

らかになった。

## 文 献

- 1) 西山明徳, 丸山芳夫: 消化液の分泌, 星 猛, 藤田道也編, 新生理学大系第18巻 消化と吸収の生理学, 1-116, 医学書院, 東京, 1988.
- 2) Matsukawa, K. and Ninomiya, I.: Change in renal nerve activity, heart rate and arterial blood pressure associated with eating in cats, *J Physiol*, 390 : 229-242, 1987.
- 3) Matsukawa, K., Honda, T. and Ninomiya, I.: Renal sympathetic nerve activity and plasma catecholamines during eating in cats, *Am J Physiol*, 257 : R1034-1039, 1989.
- 4) Anderson, D. J., Hector, M. P. and Linden, R. W. A.: The possible relation between mastication and parotid secretion in the rabbit, *J Physiol*, 364: 19-29, 1985.
- 5) 山村健介, 島田久八郎, 山田好秋: 歯根膜感覚情報が呼吸活動に及ぼす影響, 歯基礎誌, 36 : 526-535, 1994.
- 6) Tuchiya, T., Nakayama, Y. and Ozawa, T.: Response of adrenal sympathetic efferent nerve activity to mechanical and thermal stimulation of the facial skin area in anesthetized rats, *Neurosci Lett*, 123 : 240-243, 1991.
- 7) Bereiter, D. A., Engeland, W. C. and Gann, D. S.: Adrenal secretion of epinephrine after stimulation of trigeminal nucleus caudalis depends on stimulus pattern. *Neuroendocrinology*, 45: 54-61, 1987.
- 8) Shingai, T., Takahashi, Y., Kobayashi, H. et al: Change in adrenal sympathetic efferent nerve activity during chewing in the rat, *Jpn J Physiol*, 43, Suppl.2: S266, 1993.
- 9) Sasamoto, K. Zhang, G. and Iwasaki, M. : Two types of rhythmical jaw movements evoked by stimulation of the rat cortex, *Jpn J Oral Biol*, 32: 57-68, 1990.
- 10) Morimoto, T., Inoue, T., Masuda, Y. et al.: Sensory components facilitating jaw-closing muscle activities in the rabbit, *Exp Brain Res*, 76 : 424-440, 1989.
- 11) Nijima, A.: Effect of taste stimulation on the efferent activity of the autonomic nerves in the rat, *Brain Res Bull*, 26 : 165-167, 1991.