

[原 著]

耳下腺唾液分泌と電位変動について

I. 舌酸刺激時における耳下腺唾液中のイオン (Na^+ , K^+ , Cl^- , H^+) 濃度および分泌速度の変化と電位変化との関係

猪股孝四郎, 玉川 恭子, 高桑 光代,
倉橋 昌司, 中村 治雄.

東日本学園大学歯学部口腔生理学講座

(指導: 猪股孝四郎教授)

A Study on the Parotid Salivation and the Change in Electrical Potential

I. Relationships among the Changes in the Concentration of Ions (Na^+ , K^+ , Cl^- , H^+) and the Flow Rate of Parotid Saliva, and the Change in Parotid Electrical Potential when Parotid Salivation is Induced by Sour Stimulation on Tongue

Koshiro INOMATA, Kyoko TAMAGAWA, Mitsuyo TAKAKUWA,
Masashi KURAHASHI, and Haruo NAKAMURA

Department of Oral Physiology, School of Dentistry,
HIGASHI-NIPPON-GAKUEN UNIVERSITY

(Director: Prof. Koshiro INOMATA)

Abstract

It is well known that the tongue is stimulated with a sour taste stimulation, the flow rate of parotid saliva increases, and the concentrations of ions in parotid saliva and parotid electrical potential change.

In this report, the relationships among the changes in the concentrations of ions (Na^+ , K^+ , Cl^- , H^+) and the flow rate of parotid saliva, together with the change in parotid electrical potential were studied in human parotid salivation induced with sour (3% tartaric acid) stimulation on the tongue.

1) Maximum flow rate of parotid saliva (ca. 4 ml/min) was seen approximately 20

受付: 昭和58年9月30日

本論文の要旨は第2回東日本学園大学歯学会総会(昭和58年3月)において発表した。

- sec after the tongue stimulation, and about 5 min after stimulation, the flow rate returned to the initial level.
- 2) The Na^+ concentration before stimulation was about $4 \text{ mEq}/\ell$, and about 40 sec after stimulation it increased to about $75 \text{ mEq}/\ell$, and returned to the initial level 12 min after stimulation.
 - 3) The Cl^- concentration before stimulation was about $30 \text{ mEq}/\ell$, and about 25 sec after stimulation it increased to about $58 \text{ mEq}/\ell$, and returned to the initial level 16 min after stimulation. The time courses of Na^+ and Cl^- concentrations were not in parallel.
 - 4) The K^+ concentration before stimulation was about $45 \text{ mEq}/\ell$, and after stimulation it gradually decreased, and was about $25 \text{ mEq}/\ell$ 90 sec after stimulation. Twenty min after stimulation the K^+ concentration returned to the initial level.
 - 5) pH before stimulation was 6.3, and 1 min after stimulation, it increased to 7.4 and this value was maintained for about 5 min. After that, pH gradually returned to the initial level.
 - 6) The electrical potential was deflected to the negative side by stimulation, and maximum deflection was seen about 10 sec after stimulation. The electrical potential returned to the initial level 45 sec after stimulation.
 - 7) We could not find parallel correlations among the changes in the concentrations of Na^+ , Cl^- , K^+ , H^+ and the flow rate of parotid saliva, and the change in parotid electrical potential.

Key word: Sour stimulation on tongue, parotid saliva, parotid electrical potential

緒 言

唾液の分泌時に電位変動が見られることについて Bayliss & Brodford (1885)¹⁾ が論及して以来多くの研究がある。Lundberg²⁾ は猫舌下腺については anion 殊に Cl^- が分泌電位を起す原因であろうと想定していた。またこれに反して今井^{3,4)} Yoshimura⁵⁾ は K^+ の動きがこの電位に関係していると述べている。さらに Petersen⁶⁾ は Na^+ も関与しているのではなかろうかと述べている。これらの Cl^- , K^+ , Na^+ はいずれにしても腺の細胞膜の透過性に関係して、その結果電位を生ずるという考え方に立っている。そこで唾液中のイオンの濃度の変化と電位

の変化を同時に記録することによって、ある種のイオン濃度変化と電位との深い関係が見出せるのではなかろうかと考えて、 K^+ , Cl^- , Na^+ , H^+ の濃度変化と電位の変動経過を同時に記録し、さらに分泌速度も併記して唾液腺の電位変化の起源を解明しようと試みてこの実験を行った。

実験方法

被験者は48才男子で、舌背から舌縁を酒石酸で刺激したとき、耳下腺唾液の分泌に伴う電位変動と H^+ , Na^+ , K^+ , Cl^- の濃度および分泌速度の関係をみた。このときの結果は実験を何度くりかえしてもほぼ同じような結果が得られたの

で、そのうちの一例について述べる。まずこれらの測定法を Fig. 1 に示す。これを見てもわかるように電位変動と pH の変動は連続的に記録したが Na^+ , K^+ , Cl^- 等の濃度および分泌速度は、ある期間の貯溜した唾液を用いて測定した。

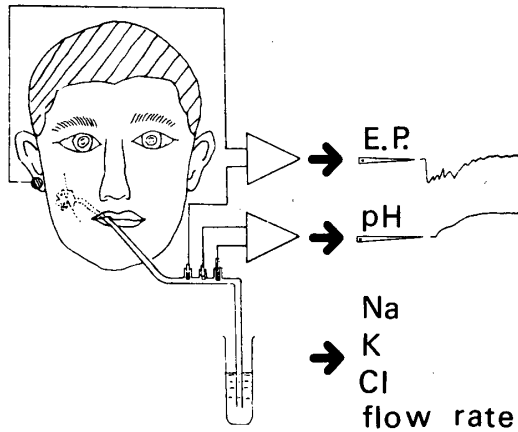


Fig. 1 Schematic representation of experimental method.
E. P. : Electrical potential.

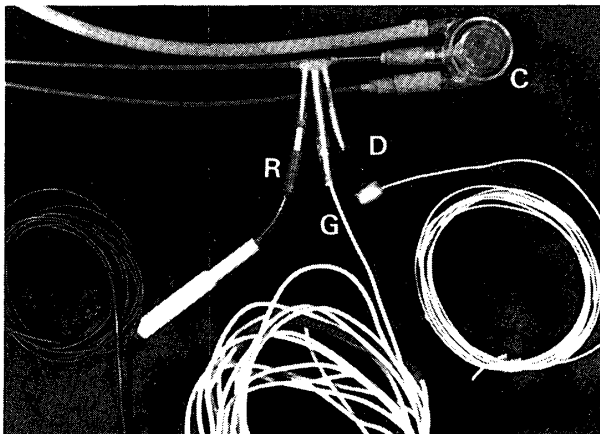


Fig. 2 C : Suction capsule
D : Different electrode
G : Micro glass pH probe
R : Micro reference electrode for pH

これに用いる唾管と電極の類を Fig. 2 に示した。電位変化を記録するためには不分極電極 ($\text{Ag}-\text{AgCl}$) を用い、これに直接唾液が接しないように電導性の寒天と脳波用電極糊を中間に用いた。またこの電極が唾管に装置されている所 (D) と唾管の唾液採取部 (C) とは細い糸で連絡しており、唾液の中に気泡が混入しても電気的には連絡を断たないような注意を行っている。pH を測定する電極の直径は 1.6mm で、そのとき用いる比較電極の直径も 2.0mm で比較的細い

ものである。これら関電極、pH 電極、比較電極 (pH 用) を Fig. 3 に示す。このときの pH 測定用の関電極の位置は唾液を導く管の所にその先端部が突出しているように装置してある。

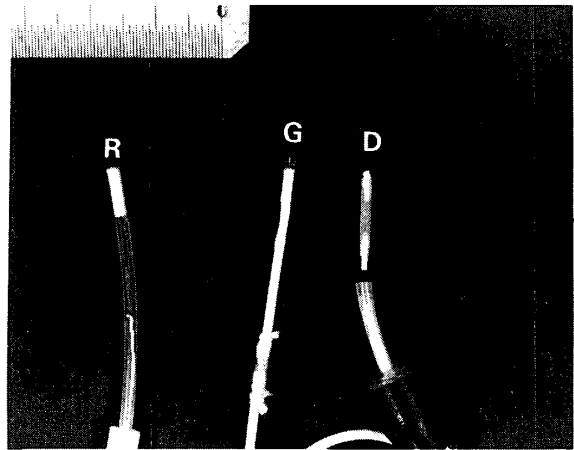


Fig. 3 D : Different electrode
G : Micro glass pH probe
R : Micro reference electrode for pH

Na^+ , K^+ の測定には臨床検査用の Corning 社 460 を用いた。また、 Cl^- を測定するときは常光社の CHLORIDOMETER C-50 で測定した。分泌速度は貯溜唾液の量と貯溜に要した時間から計出した。

刺激用の酒石酸は 3% で、これに綿棒を入れ十分に浸してから舌背を塗布するようにした。これは約 0.4ml の溶液が口腔内に入ったことになる。被検者は特に精神的に安静にしていることが必要である。

結 果

上述の実験方法で得られた結果を Fig. 4 に示す。pH および電位変動経過 (E. P.) は連続記録であるが、この時に分泌される唾液を時間で区切って貯溜し、それを用いて測定したのが分泌速度 (flow rate)、および Na^+ , Cl^- , K^+ の濃度である。したがって、これら後者の四つの測定は連続的に行なわれたものではない。分泌速度について見れば 10 秒から 25 秒の間に分泌された分泌速度が一番多く、約 5 分後にはほぼ安静時の分泌速度になっている。次に Na^+ 濃度につ

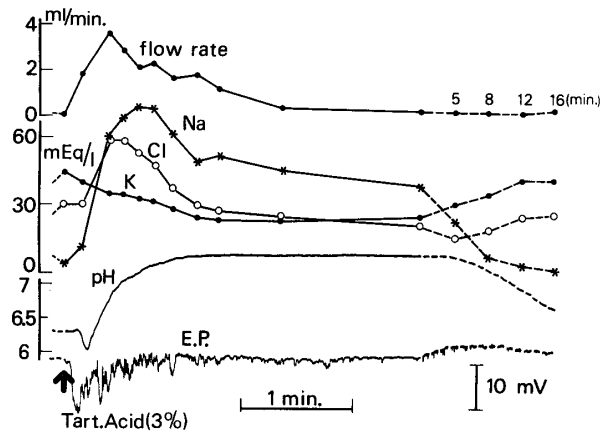


Fig. 4 Simultaneous recording of the flow rate, the concentrations of Na^+ , K^+ , Cl^- , pH and E. P. (electrical potential)

いてみれば安静時は 4 mEq/l くらいであるが、刺激をすると急激に増加し、25秒後には約 60 mEq/l になり、約40秒後にはさらに増加し、約 75 mEq/l くらいになる。刺激約12分後にはほぼ安静時の含有量になっている。 Cl^- 濃度は安静時には約 30 mEq/l であるが、刺激後約25秒では約 58 mEq/l となり、約1分後には刺激前の値を示している。刺激後5分で最小値 (15 mEq/l) を示しているが、その後やや増加して、刺激約16分後にはほぼ刺激前の値を示している。 K^+ の濃度については安静時は 45 mEq/l くらいであるが、刺激後は漸次減少し約90秒くらいで最低値 25 mEq/l くらいになり刺激約3分後にはやや増加し、12分でほぼ安静時の値に回復している。

次に pH は安静時では約 6.3 を示していたが刺激後は約10秒くらいで pH は約 6.0 くらいまで下がりその後は再び上昇して、刺激1分後には pH は約 7.4 を示し、これが約5分まで続きその後は漸次減少して刺激後16分でほぼ安静時に回復している。

次に電位の変化を見ると、刺激後電位は(一)側に変化し、7~8秒でもっとも低い電位を示すが刺激後約45秒でほぼ刺激前の電位に回復しているが1~2分この刺激前の電位を保っている。刺激後約3分ぐらゐると逆に電位は上昇

しはじめ、5~8分で最も上昇し、その後は再び減少し、12~16分ぐらゐで刺激前の電位になっている。

考 察

Fig. 4における唾液の分泌速度が10秒から25秒の間で最も分泌量が多いことは、猪股⁷⁾、猪股ら^{8, 9)}の結果と一致している。

次に Na^+ , K^+ , Cl^- の濃度についての Shannon¹⁰⁾ らの報告と比較すると、実験方法では刺激物として酸とレモンを用いたり、また唾液の分泌量は10分間を一区切りとして測定している点是我々の実験とは異なっている。しかし Na^+ と Cl^- の濃度について彼我の結果を比較してみると刺激前よりも刺激後の方が唾液中に多く含まれていることや、 K^+ 濃度は逆に減少しているということは我々の結果と似ている。さらに Na^+ 濃度は刺激前は 3.5 mEq/l のものが刺激後は 60 mEq/l くらいにまで増していることもまた我々の結果とよく似ている。しかし彼らの場合の時間経過は我々とでは違う点は考慮を要する所である。即ち我々の実験結果によれば Na^+ 濃度の含有量の頂点時は刺激後25秒でほぼ刺激前の量にもどっている。このように違うことの原因ははっきりしないが刺激物の差や実験方法の差異によるためなのかも知れない。 Cl^- 濃度では刺激後25秒で頂点に達し、その後一時刺激前よりも低い値を示すが刺激約16分後にはほぼもとにもどっている。要するに Na^+ と Cl^- の濃度は必ずしも平行した変化を示さず、また変化する量も両者には著しい差が見られることもある。このことは分泌されるときは NaCl として分泌されるのではなく、むしろ Na^+ , Cl^- は別々に分泌されていると考えた方がよいのではないかと思われる。

K^+ 濃度は刺激後約90秒くらいで最低値になり約3分後にはもとに回復している。この増減は必ずしも Na^+ 濃度と鏡像的關係にはない。

唾液の pH の変化については、分泌量と pH の変化について調べたものは^{11,12)} あるが、唾液分泌の時間経過と pH の関係を直接的に記録したものはない。我々は分泌唾液の導出管内に直接 pH 電極を入れて、この変動経過を記録した。刺激後 pH は一時的に 0.3 くらい酸性の方向に変動するが何回かの実験結果の中にはこの様な変化が見られない場合もあったが、このような現象が見られる原因は現在のところよくわからない。

次に電位の変化であるが、動物を被験体とした報告^{3,4,13,14)} は多くあるが、被験体がヒトであるものは比較的少ない^{8,15)} しかし、動物を用いた場合、彼ら^{3,4,13,14)} は電位の変動経過を三つの形に分けられるとしているが岩間ら¹⁵⁾ によればヒトの場合は大きくゆっくりと変動する電位と、小さくて比較的早く変動する電位が加重してみられると報告している。また我々の記録にしても岩間ら¹⁵⁾ のような変動がみられる。先の猪股ら⁸⁾ の記録波形は今回の報告と逆の方向になっている。このことは今後問題となる点であるが、今回はこの事実を記載するにとどめる。

このように、各イオンの増減と電位変動との間には Fig. 4 からわかるように直接的関係は見られないが、もし、Lundberg²⁾ が主張するように、Cl⁻ が電位変動に及ぼす原因であるとするならば、このイオンの変動経過と電位変動の経過が似ていると彼の説を理解するには非常に都合が良い。しかし我々の記録したものではありません。これと同じように、K⁺, Na⁺ の濃度についてもいずれもイオンの変動経過と電位変動経過とは似た経過は示していない。このような各イオンの変化と電位等とは直接的には関係がなく、このように両者を比較して考えることが無意味なのかも知れない。しかし、今までは主に Cl⁻, Na⁺, K⁺ 等についてのみ考えていたが、その他の Ca²⁺, リン酸イオン、炭酸イオン等も併せて考える必要が

あるのかも知れない。これらのことは今後に研究を行い、再検討したい。

結 論

舌背を 3% の酒石酸で刺激し、耳下腺唾液の分泌時に伴う電位変化と H⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻ 等の濃度および分泌速度の関係をみた。

1) 耳下腺の分泌速度は酸刺激後、急激に上昇し 10 秒から 25 秒の間、一番多くなり、約 5 分後にはほぼ安静時の分泌速度に戻った。

2) Na⁺ 濃度は安静時では 4 mEq/l ぐらいであるが刺激後急に増加し 40 秒後には約 75 mEq/l になり、12 分くらいで安静時の含有量に戻っている。

3) Cl⁻ 濃度は安静時には約 30 mEq/l であるが刺激後約 25 秒では 58 mEq/l となり刺激後約 16 分で安静時の濃度に回復している。

4) K⁺ 濃度は安静時においては 45 mEq/l くらいであるが、刺激後は漸次減少し約 90 秒くらいで最低値 25 mEq/l になりその後ゆっくり増し、約 12 分後には安静時の濃度に回復している。

5) pH は安静時には約 6.3 を示しているが、刺激 1 分後では 7.4 を示し、この値が約 5 分間続き、その後漸次減少して 16 分後にはほぼもとの値に回復している。

6) 電位の変動は刺激後約 10 秒くらいで頂点を示し、約 45 秒後には安静時の電位に戻っている。しかし、上述のいずれのイオンもこの電位と似たような変動経過を示さなかった。

参 考 文 献

1. Bayliss, W. M. & Brodford, J. Rose : Journal of Physiology, 6; 13-16, 1885. (Proceeding of the physiological society 1885)
2. Lundberg, Anders : The mechanism of establishment of secretory potentials in sublingual gland cell, Acta physiol. scand., 40; 35-58, 1957.
3. 今井雄介 : 犬顎下腺分泌に関する研究 第 1 報 顎

- 下腺分泌とその電気生理, 日本生理誌. 27 ; 304—312, 1965.
4. 今井雄介: 犬顎下腺分泌に関する研究 第2報 唾液分泌及び分泌電位に及ぼす灌流液イオン交換の影響と分泌時の腺組織のイオン出納について, 日本生理誌. 27 ; 313—324, 1965.
 5. Yoshimura, Hisato: Secretory mechanism of saliva and nervous control of its ionic composition, Schneyer and Schneyer: Secretory mechanism of salivary glands, 56—74, Academic Press, New York 1967.
 6. Petersen, O. H. : The dependence of the transmembrane salivary secretory potential on the external potassium and sodium concentration, J. physiol., 210 ; 205—215, 1970.
 7. 猪股孝四郎: 微量液体の測定及びその記録装置の試作, 岩手医誌. 27(5); 494—497, 1975.
 8. 猪股孝四郎, 高松隆常: 耳下腺からの唾液の分泌量, 分泌速度, 電位変動を同時に記録する方法, 日大歯学. 56(3); 469—472, 1982.
 9. 猪股孝四郎, 玉川恭子, 伊藤克之, 中村治雄, 倉橋昌司: Straingauge を用いた簡便な耳下腺分泌量測定装置の試作, 歯基礎誌. 24; 553—557, 1982.
 10. Shannon, I. I., Suddick, R. P. and Dowd, F. J. : Saliva : Composition and Secretion, Howard, M. M. : Monographs in Oral Science Vol. 2, 1—103, S. Karger, Basel 1974.
 11. Dawes, C. and Jenkins, G. N. : The effects of stimuli on the composition of saliva in man, J. physiol. 170 ; 86—100, 1974.
 12. 高岡渉: 唾液の酸塩基平衡に関する研究 第1報 唾液の酸塩基平衡と血液の酸塩基平衡, 日本生理誌. 14 ; 504—513, 1952.
 13. Lundberg, Anders : The electrophysiology of the submaxillary gland of the cat, Acta physiol. scand., 35 ; 1—25, 1955.
 14. Ichioka, M., Shimizu, H. und Shimizu, T. : Elektrische Reaktion einzelner Submandibular-drüsenzellen auf salzigen und sauren Geschmacksreiz bei der Ratte, Zeitschrift für Biologie, 115 ; 1—8, 1965.
 15. Iwama, K. and Shinjo, T. : A method for leading off action currents from human salivary gland and for recording velocity of secretion, Tohoku journal of experimental medicine, 52 ; 223—229, 1955.