

〔原 著〕

舌背酸刺激時の耳下腺唾液中のイオン濃度と  
蛋白質量, 及び分泌速度の変動

吉田 昌江, 猪股孝四郎, 鈴木 光代  
星 和明, 倉橋 昌司

東日本学園大学歯学部口腔生理学講座

(主任: 猪股孝四郎 教授)

Changes in the ions and protein concentrations and  
flow rate of parotid saliva by tongue sour stimulation

Masae YOSHIDA, Koshiro INOMATA, Mitsuyo SUZUKI  
Masaaki HOSHI, Masashi KURAHASHI

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

(Prof: Koshiro INOMATA)

**Abstract**

Changes in the concentrations of ions ( $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ), total protein, amylase activity and flow rate of parotid saliva were observed by tongue stimulation with 3% tartaric acid various intervals in a subject after about one hour rest. The results may be summarized as follows:

- 1) After about one hour rest state, the values of each item were  $K^+$ : 42-56mEq/l,  $Cl^-$ : 8-28mEq/l,  $Na^+$ : 1-10mEq/l, total protein: 5.7-11mg/ml, amylase activity:  $2-6.5 \times 10^3 U/ml$  and flow rate: 0.03-0.05ml/min.
- 2) The changes were classified into two groups based on the recovery from peak to rest values.

One group showed short recovery times ( $\text{Cl}^-$ : 20min.,  $\text{Na}^+$ : 8min. and flow rate: 2min. ) and the other group had rather longer recovery times ( $\text{K}^+$ : 40min., total protein: 55min. and amylase activity: 40min.).

The differences between these two groups were clear when the stimulus intervals were 30 sec. to 5 min..

- 3) When the tongue was stimulated every 15 sec. all items showed first responses, after that, the all vallues except the flow rate remained unchanged.
- 4) Different values in ions and protein concentrations and amylase activity were observed when the flow rate was similar before and after stimulation.
- 5) The recovery time of the responses of protein concentration and amylase activity to stimulation was about one hour, and a rest period of more than one hour is necessary to analyze the concentration of total protein and amylase activity in parotid saliva.

**Key words**: saliva inos, saliva protein, tongue stimulation, saliva flow rate

## 緒 言

刺激唾液の中に含まれている種々なイオンの量やタンパク質の量については多くの報告がみられる。しかし、これらの報告は必ずしも一致した結果になっていない<sup>1-3)</sup>。この理由の一つとして考えられるのは、刺激の方法が報告者によって異なっているためなのかも知れない<sup>1-4)</sup>。さらに、刺激の種類や刺激の強さの違いによっても、そこに含まれているイオンの量やタンパク質の量の割合が異なると報告されている<sup>5)</sup>。このようなことから、我々は酒石酸の一定の濃度の刺激のみを用いて、刺激の間隔を種々に変えたときに、耳下腺唾液中に含まれているイオンの濃度やタンパク質の濃度が、刺激後の経過時間とともにどのように変化するかについて比較検討したので、ここに報告する。

## 実験方法

被験者は53歳男子、口腔及び全身的疾患はなかった。耳下腺唾液の採取には腺の開口部にLashley型の採唾管装置を吸引し装着して用いた。刺激には3%酒石酸を唾管装着と同側の舌背か

ら舌縁に綿棒にて塗布(約0.4ml)した。これらの実験はすべて食後約1時間経た午後1時頃より始めた。同じ日の実験では刺激の間隔は変えなかった(例えば5分間隔の刺激の実験を行う場合は、その日はそれ以外の刺激間隔の実験は行わなかった)。

まず、唾管装着が確実であることを確認した後、1時間の安静を経て、舌刺激の実験を開始した。刺激の間隔は60分、20分、5分、1分、30秒、15秒の場合について行った。唾液は0.2~0.3ml毎に連続的に採取した。この中に含まれる $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、総タンパク等の各濃度及びアミラーゼ活性を測定し、これらの変化を比較検討した。

$\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ 濃度は炎光光度法、 $\text{Cl}^-$ 濃度は電量滴定法(沈殿滴定法)を用い測定した。また、総タンパク濃度はLowry法、アミラーゼ活性は青色澱粉法で測定した。唾液分泌速度は唾液の重さを測定し、比重を1と仮定してml/minで表示した。

## 実験結果

Fig-1は刺激後、連続的に60分にわたって採

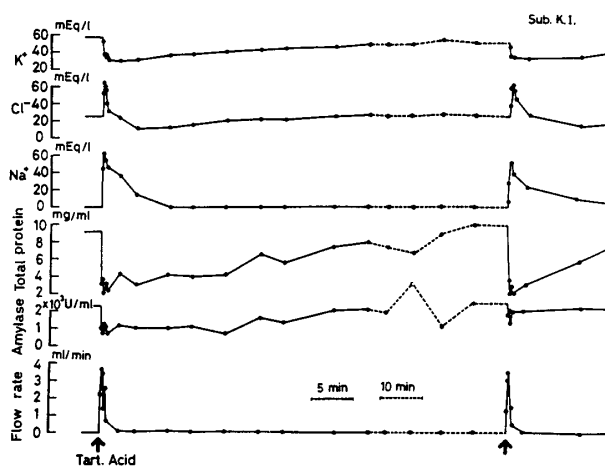


Fig. 1. Changes in the concentrations of ions ( $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ) and total protein and amylase activity and flow rate at 60 min. stimulus intervals.

取し、その後再度刺激し、さらに、約10分間採取を続けた結果を示す。

耳下腺唾液中の $K^+$ 濃度の変動経過をみると、舌背刺激前(安静時)には、約55mEq/lであったものが、刺激後約1分で最低値30mEq/lを示し、その後はゆっくりと回復し約50分で、ほぼ刺激前の値に戻った。次の刺激でもやはり約35mEq/lに減少し、その後約10分でやや回復した。

$Cl^-$ 濃度については安静時に約25mEq/lを示したが、刺激後約15秒で65mEq/l位まで急に上昇した。約2分後には安静時の値を示したが、その後も減少を続け、4分後には最低値12mEq/l位を示した、その後はゆっくりと回復し、約30分で元の値に戻った。次の刺激でも同様な経過を示した。

$Na^+$ 濃度については安静時にはその濃度は低く、1mEq/l位であった。刺激後約20秒で60mEq/l位まで急に上昇したが、約8分後には安静時の値に戻った。

総タンパク濃度は刺激前では約9mg/mlを示していたが、刺激後約15秒で最低値約2mg/mlを示し、その後は緩徐に増加し、約50分で安静時の値まで回復した。次の刺激では濃度の減少

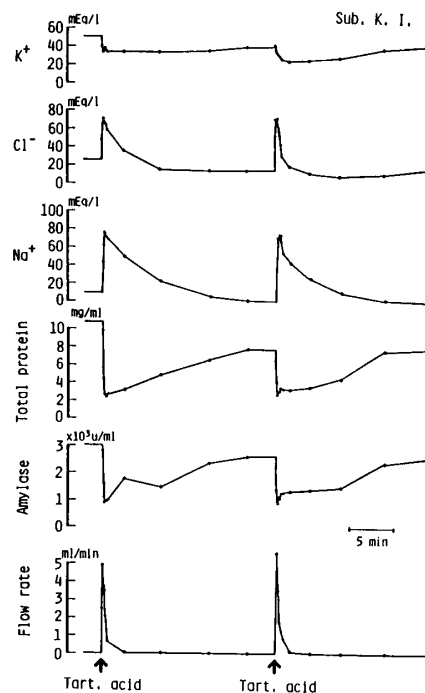


Fig. 2. Changes in each item at 20 min. stimulus intervals.

経過は同じであったが回復はやや早かった。

アミラーゼ活性は安静時には約 $2.4 \times 10^3 U/ml$ であるが、刺激で減少し約15秒後で最低値 $0.8 \times 10^3 U/ml$ まで下り、その後は徐々に増加し、約40分で刺激前の値に戻った。次の刺激では最低を示す経過はほぼこれと同じであったが、その後の経過は多少異なっていた。唾液の分泌速度は刺激後約10秒で最大約3.5ml/minになり、2~3分で安静時の値に戻った。

Fig-2は刺激間隔を20分としたときの結果を示す。安静時における各物質の濃度については、当然のことではあるがFig-1の場合とほぼ同じであるが、安静時の $Na^+$ 濃度のみは約10mEq/lとやや多かった。刺激後の各物質の濃度の変動についてもまた、Fig-1の20分迄の経過とほぼ同じであった。即ち、 $K^+$ 濃度について見れば20分の時点では40mEq/lであり、 $Cl^-$ 濃度では16mEq/l、 $Na^+$ 濃度は2mEq/l、総タンパク濃度では8mg/ml、アミラーゼ活性は $2.2 \times 10^3 U/ml$ であった。ここで再度刺激を与えると各物質は、初めの刺激と同じような変化値を示した。

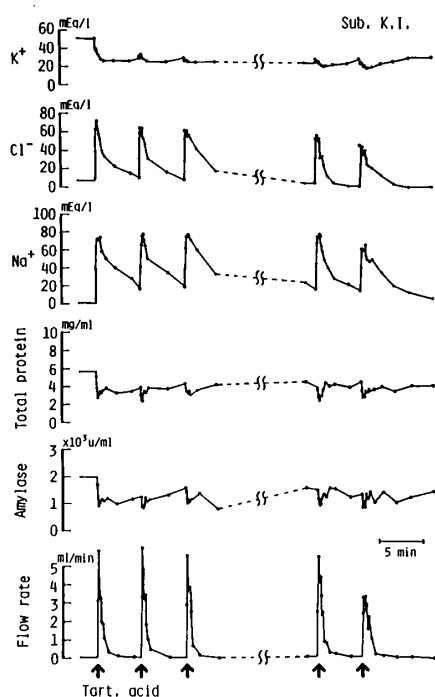


Fig. 3. Changes in each item at 5 min. stimulus intervals.

Fig-3には刺激間隔を5分としたときの結果を示す。安静時の各物質の濃度はFig-1及びFig-2の場合ほぼ同じであった。K<sup>+</sup>濃度については再度の刺激以後の刺激時に多少変化するが、ほぼ25mEq/l位を保つようになった。

Cl<sup>-</sup>濃度は各刺激では60mEq/l位まで上昇し、刺激後の5分間ではほぼ安静時の濃度の値まで戻った。Na<sup>+</sup>濃度についてもやはり各刺激では70mEq/l位まで上昇しているが、各刺激後の5分間では安静時の値まで戻らず、約20mEq/l位まで下がるだけでCl<sup>-</sup>濃度とは少し異なった。総タンパク濃度とアミラーゼ活性の変化を見ると、初めの刺激で両者とも減少し、その後の各刺激時にも多少変化した。総タンパク濃度ではほぼ3.5mg/mlの濃度を保持していた。またアミラーゼではほぼ $1.2 \times 10^3$ U/mlの活性を保持していた。唾液の分泌速度をみれば、刺激ごとに(最後の刺激を除く)ほぼ5.5ml/minまで分泌が増加し、各刺激後2~3分ではほぼ安静時の分泌速度に戻った(但し図の点線の部分では刺激を5~6回続けていた)。

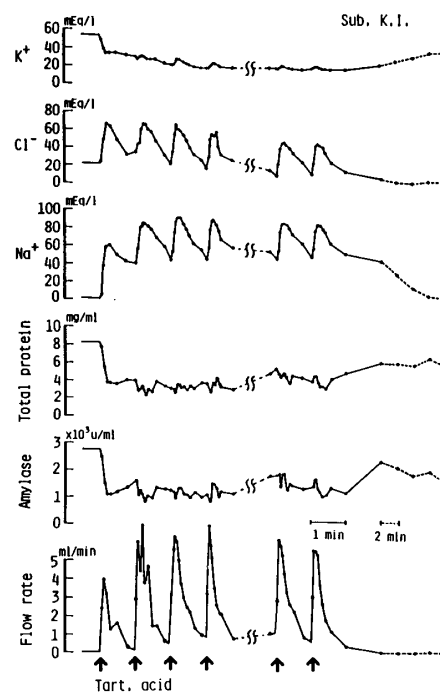


Fig. 4. Changes in each item at one min. stimulus intervals.

Fig-4には刺激間隔をさらに1分と短くしたときの結果を示す。一見するとFig-3の場合と似ているのであるが、K<sup>+</sup>濃度については各刺激に対する応答性はFig-3の場合よりやや不明確になっていたが、濃度の変動経過はFig-3の場合とほぼ同じであった。Cl<sup>-</sup>濃度については、刺激時の最大値は初めの刺激では60mEq/lを少し越えるが、刺激の回数を増やすとやや低下する傾向にあった。これと同様に刺激後の1分間に示す最低値もやや減少する傾向であった。Na<sup>+</sup>濃度については、初め刺激の最大値よりも2~3回刺激した時の値の方がやや増加していた。その後の刺激に対しては変化しない。刺激後の1分間に減少する最低値は約40mEq/lでその後の各刺激に対してもほぼこの値を示していた。総タンパク濃度及びアミラーゼ活性はFig-3の場合とほぼ同じ経過を示した。

Fig-5には刺激間隔を30秒としたときの結果を示す。安静時の各物質の濃度は上述の場合とほぼ同じであった。また、刺激後の各物質の変動経過はFig-4の場合とほぼ同じであった。分

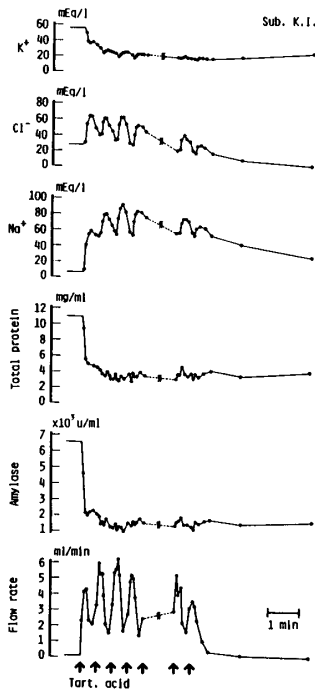


Fig. 5. Changes in each item at 30 sec. stimulus intervals.

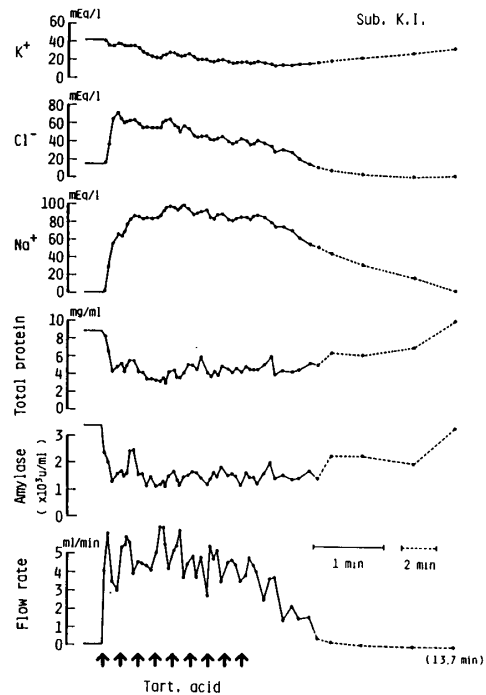


Fig. 6. Changes in each item at 15 sec. stimulus intervals.

泌速度については各刺激後には、安静時の値にまでは戻っていなかった。

Fig-6には刺激間隔を15秒としたときの結果を示す。この刺激間隔では分泌速度以外では刺激に対する応答性は殆どみられなくなった。K<sup>+</sup>濃度については安静時約40mEq/lであるが、約1.5分刺激を続けると20mEq/l位に減少している。Cl<sup>-</sup>濃度について刺激開始後約10秒位で70mEq/lまで上昇したが、その後はやや減少し、最後の刺激の頃(2分後)には約40mEq/l位まで減少した。Na<sup>+</sup>濃度は刺激が始まってから60秒位まで上昇を続け、その時の値は100mEq/lであるが、その後は刺激が続く間は90mEq/l位の濃度を保っていた。総タンパク濃度とアミラーゼ活性はともに刺激開始後10秒位で最低値になり刺激が続く間は総タンパク濃度で約4mg/ml前後の値を示している。またアミラーゼ活性では約1.5×10<sup>3</sup>U/ml前後の値が続いていた。分泌の刺激に対する応答性もあまり明確とは言えなくなった。

## 考 察

唾液の中に含まれている種々な物質の濃度と分泌速度(量)との関係を研究するには現在まで大きく分けて二つの実験方法がある。一つは唾液の分泌速度を一定にするようにして、舌刺激を種々に変化させ、その唾液中に含まれている物質の濃度を調べる方法である<sup>1)</sup>。他方は刺激の強さを一定にして、その後分泌される唾液量が経過する時間とともに変化し、同時に、その中に含まれている種々な物質の濃度がどのように変化するかを調べる方法である<sup>2,4)</sup>。我々も今迄に後者の方法を行った研究について報告してきた<sup>6,7)</sup>。今回の方法は、さらに刺激の間隔を変化させたときに、唾液及び唾液中の種々な物質は刺激後の経過時間とともにどのように変化するかについて検索したものである。

刺激間隔を60分としたときにはFig-1で示すように、初めの刺激と次の刺激によって起こる変動経過は似ているが、まったく一致するということとはなかった。この理由の一つとして考え

られるのは、この両刺激を同様な刺激を行ったとしても、刺激効果は必ずしも同じでないかも知れない。事実、刺激による分泌速度は2回ともほぼ同じであるが、分泌の総量は1回目の方が少し多い。このような差が両方の刺激に対する差となって現れるのかも知れないが詳しい事は不明である。またアミラーゼ活性の経過をみると最初の刺激後45分頃と50分頃に現れている急激な変化は測定に問題があるのかも知れないが、他の実験例ではこのような急激な変化が見られなかった。この両者を併せ考えると、最初の舌刺激と次の刺激の両方の刺激効果はほぼ同じと考えるのが妥当と思われる。

次に刺激間隔を20分としたときの結果を60分の場合と比較すると (Fig-2とFig-1), Fig-1の初回刺激時の20分経過したときの時点における種々な物質の濃度とFig-2の初回の刺激の20分経過時点のそれぞれの物質の濃度とほぼ同じであった ( $K^+$ , 総タンパク濃度, アミラーゼ活性は安静時の値に戻っていない)。しかし、20分後に2回目の刺激を行うと初回刺激時の最大変化値とほぼ同じ値を示していた。

次にFig-3, 4, 5についてみると、各々の刺激に対して応答が明らかなのは、 $Cl^-$ や $Na^+$ 濃度及び分泌速度であったが、あまり明らかでないのは、 $K^+$ 及び総タンパク濃度, アミラーゼ活性等である。したがって、この前者をC群, 後者をK群の二つに分けることが出来ると考える。このような現象を理解するのに、C群に属するものは一般に腺房部から分泌されるという説を併せ考えると理解し易い。K群についてみるとこれを理解するのに好都合の説は見当らない。

Fig-6については、刺激間隔は15秒で、この間隔では上述のいずれの物質も各刺激に対しての応答性は明らかでなくなった。しかし、このような刺激間隔は我々が食物を咀嚼している状態に近いのかも知れない。C群の三つを詳細に比較すると、いずれの物質の間にも多少の差異が

認められた。即ち $Cl^-$ は刺激の初期に濃く漸次うすくなる。 $Na^+$ 濃度はこれよりもやや遅れて最大になり、刺激が続く間はほぼ一定の濃さを保っている。この両者とも各刺激に対する応答性は、ほぼ消失している。しかし、唾液の分泌速度はこの刺激間隔でも応答性は少し残っている。これらのことから、この三つの物質が腺房を透過するのは、それぞれ多少異なった様式があるのかも知れない。

K群については、総タンパク濃度とアミラーゼ活性はほぼ同じ経過を示している。しかし、安静時におけるこの両者の濃度を比較すると総タンパク濃度が高いからといって、必ずしもアミラーゼ活性が高いとはかぎらない。

また、上述の実験結果からもわかるように、同じ分泌速度であっても唾液を採取する時期と刺激時との関係によっては、その唾液の中に含まれる物質の濃度とは明らかに差が見られた。即ち、舌刺激の前後の唾液の分泌速度がほぼ同じであっても、その唾液の中に含まれる物質に濃度の差がみられた。このことは他の被験者についても同様の傾向がみられた。

## 結 論

被験者を60分間安静にし、その後舌背酸刺激を60分～15秒間で種々な間隔で刺激した。そのとき耳下腺から分泌される唾液の中に含まれている種々な物質の濃度やアミラーゼ活性等の変動経過を調べ、これらの相互関係について検索した。その結果を次のようにまとめた。

- 1) 被験者を60分間安静にしたときの耳下腺唾液中の各濃度についてみると、 $K^+$ では42～56mEq/l,  $Cl^-$  : 8～28mEq/l,  $Na^+$  1～10mEq/l, 総タンパク : 5.7～11.0mg/ml, アミラーゼ活性 :  $2\sim 6.5 \times 10^3$ U/ml, 分泌速度 : 0.03～0.05ml/minであった。
- 2) 刺激後、安静時の状態に戻るのに比較的早い群 ( $Cl^-$ 濃度 : 約20分,  $Na^+$ 濃度 : 約8分,

分泌速度：約2分，これらをC1群と称した)と遅い群 (K<sup>+</sup>濃度：約40分，総タンパク濃度：約55分，アミラーゼ活性：約40分，これらをK群と称した)とに分けることができる。特に，刺激間隔が5分～30秒間ではこの両群の区別が明確に現われた。

- 3) 刺激間隔が15秒になると，唾液中のいずれの物質も，刺激に対して明確な応答性がなくなってくるが，分泌速度にはその応答性が比較的残っている。しかし，K<sup>+</sup>，Cl<sup>-</sup>，及びNa<sup>+</sup>の各濃度の変動経過には共通性を見いだすことは難しくなる。一方総タンパク濃度とアミラーゼ活性のそれぞれの変動経過は似ている。
- 4) 刺激前後における分泌速度が同じであっても，唾液の中に含まれている物質の濃度には明らかな差が見られることが判明した。
- 5) 上述のように唾液中のK<sup>+</sup>濃度，Cl<sup>-</sup>濃度，特に総タンパク濃度やアミラーゼ活性を測定する場合は安静時間を60分以上にした方が良いと思われる。

## 謝 辞

本論文の発表にあたり，仲尾恵美子助手の御援助に感謝する。

## 文 献

1. Dawes, C. and Jenkins, G. N.: The effects of different stimulation the composition of saliva in man. *J. physiol.*, 170; 86-100, 1964.
2. Blomfield, J., Rush, A. R. and Allars, H. M.: Interrelationships between flow rate, amylase, calcium, sodium, potassium and inorganic phosphate in stimulated human parotid saliva. *Arch. oral Biol.*, 21, : 645-650, 1976.
3. Froehlich, D. A., Pangborn, R. M. and Whitaker, J. R.: The effect of oral stimulation on human parotid salivary flow rate and alpha-amylase secretion. *Physiol. Behav.*, 41; 209-217, 1987.
4. Dawes, C.: Stimulus effects on protein and electrolyte concentrations in parotid saliva. *J. Physiol.*, 346; 579-588, 1984.
5. Dawes, C.: The effects of flow rate and duration of stimulation on the concentration of protein and the main electrolytes in human parotid saliva. *Arch. oral Biol.*, 14; 277-294, 1969.
6. 猪股孝四郎, 玉川 恭子, 高桑 光代, 倉橋 昌司, 中村 治雄: 耳下腺唾液分泌と電位変動について, I. 舌酸激時における耳下腺唾液中のイオン (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>) 濃度および分泌速度の変化と電位変化との関係, *東日本歯誌*, 2; 15-20, 1983.
7. 猪股孝四郎, 高桑 光代, 岩瀬 恭子, 倉橋 昌司: 耳下腺唾液分泌と電位変動について, III. ヒト耳下腺の分泌電位とその唾液中のイオン (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 濃度との関係, *東日本歯誌*, 3; 47-53, 1984.