

味覚刺激による自律神経機能の反応について

(第2報)味覚刺激による唾液腺の反射性活動 及び脳波の変化について

星野かほり, 島村 宗夫

(平成9年10月2日受理)

Non-Invasive Measurements of Autonomic Nervous Phenomena Induced by Taste Stimuli Part 2 Electrophysiological Analysis of Salivary Gland Secretion and Electroencephalogram

Kaori HOSHINO and Muneo SHIMAMURA

(Received on October 2, 1997)

はじめに

味覚刺激によって生体に色々の変化が現れることは既に幾つかの報告がある^{1), 2), 3)}。その多くは消化管など身体内部の変化であって、それらの計測にあたっては被験者に何らかの苦痛を与え計測上容易でないものが多い。我々ではできるだけ非侵襲により被験者に負担が少なく、客観的表示を心がけ既に末梢循環の動態を計測する光電脈波 photoelectrical plethysmogram (PTG) の変化を報告してきた⁴⁾。それによると味覚刺激によるPTGの変化は殆どの場合、末梢血管の収縮であり、味の種類によって甘味が最も弱く、苦味が最も強く、塩、酸味はその中間であり、辛味については個人差が大きく、人によってはPTGの変化は強い場合もあったが、なかには殆ど変化のみられない例もあった。他の自律神経機能については必ずしも明らかではない。

そこで今回は唾液腺の分泌活動を電気的变化として記録し、また脳波の変化、特に α 波ブロックと β 波の現れ方を同時記録し、味覚刺激による自律神経機能の反応を調べた。

対象および方法

1. 対象

被験者としては本学の健康女子学生(年齢21~22才)6名を対象とし、実験の目的・方法を充分理解した上でお互いを被験者として記録を行った。

2. 方法

被験者を安楽椅子に安静閉眼覚醒状態で腰掛けさせ、脳波記録用に銀塩化銀の皿電極(Ag-AgCl)を前額部と両側の耳介に電極糊を介して装着した。そのうち一側の耳介を不関電極とし他側を接地電極とした。

唾液腺活動の記録には、各唾液腺の口腔内開口部付近に銀線電極を、顎下及び耳下腺上の顔面皮膚表面に銀円形小型電極を電極糊を介してそれぞれ装着した。

増幅記録には脳波計(日本電気三栄製, 1A64型)を用い、それぞれの時定数は脳波で0.3秒、唾液腺で1.5秒又は0.3秒とし、filterの周波数は30Hz・15Hzを用いた。増幅度はそれぞれの現象が最も見やすい状態となるよう調節した。紙送りのスピードは主に1.5cm/secとしてペン書き記録を行った。

刺激の種類について、味刺激は甘、塩、酸、苦の四基本味に辛味を加えた5種類とし、その他に暗算、連想、音刺激などの負荷を行った。溶液の濃度は一般に味覚検査で用いられる濃度⁵⁾とし、20%蔗糖溶液、10%食塩水、2%酢酸液、0.5%塩酸キニーネ、辛味は市販のタバスコを蒸留水で希釈したものを用いた。舌上への滴下は各味について、それぞれ最大の味覚感受性を持つ領域にスポイトを用い2~3滴滴下した。暗算刺激は2~3桁の四則演算とし、連想は記憶による条件反射的な反応の有無、精神的な負荷での反応の様子を見るために、被験者が実験前に摂取した食物や、一般的に味のはっきりとしていると考えられる物などの中からランダムに負荷を行い、音刺激は主に手音で行った。

実験室は室温26~27℃とし、被検者の周りを衝立など

で囲い、外部からの刺激がなるべく混入しないようにした。

実験の手順としては、被検者に電極を装着し安静閉眼覚醒状態にある事を確認した後、暗算、連想、音刺激などを負荷し、体動、緊張、筋電図、交流などのartifactが混入しないことを確認し、味覚刺激をランダムに行った。

記録が安定している状態で被験者に開口を指示し、開口による反応が治まった事を確認し、味溶液を舌上に滴下した。滴下後は開口したまま反応の記録を10~15秒間行い、記録者の指示で閉口させ閉口によるartifactの混入を避けるようにした。閉口後は10~15秒間記録をした後、味が口内に残らないように蒸留水で十分うがいさせた。

この様な操作を1シリーズとし、各味それぞれについて2~3回程度繰り返し記録を行った。

成 績

1. 唾液腺の電気現象について

図1に塩味刺激による顎下腺の電気的変動, ESG: electro-salivatio-gram と脳波の同時記録の1例を示す。食塩水の2滴を舌上に滴下させた際の変化であり、顎下腺の電位に変動がみられている。開口に伴う基線の動揺があり続いて平坦な直線が続く。味刺激により上向きの3峰性電位変動(反射性電位)それに続いて小振幅の電位変動(後電位)とがみられる。さらに十数秒後閉口に伴う基線動揺がみられている。脳波上には α 波が継続して現れており、塩味刺激によって一過性の α 波のブロックと β 波の出現とが数秒間みられている。上述のように唾液腺の電気現象と脳波とは同時に記録したが、便宜的に以下に別々にまとめて記載する事とする。

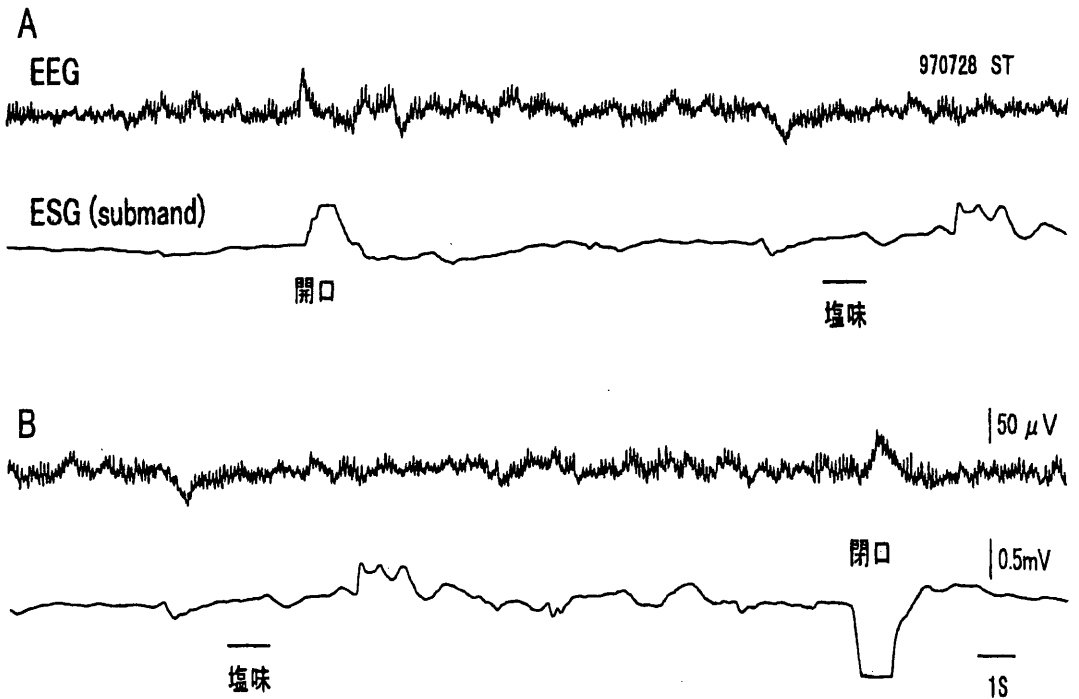


図1 塩味刺激による脳波と顎下腺の電気現象の変化について

前額部の脳波と舌下と顎表面から記録した顎下腺の電位変動の同時記録である。開口及び閉口による一過性電位変動(artifact)と舌上への塩味刺激による電位変動がみられている。全容を示すためAとBの一部を重複してあげてある。詳細は本文参照。

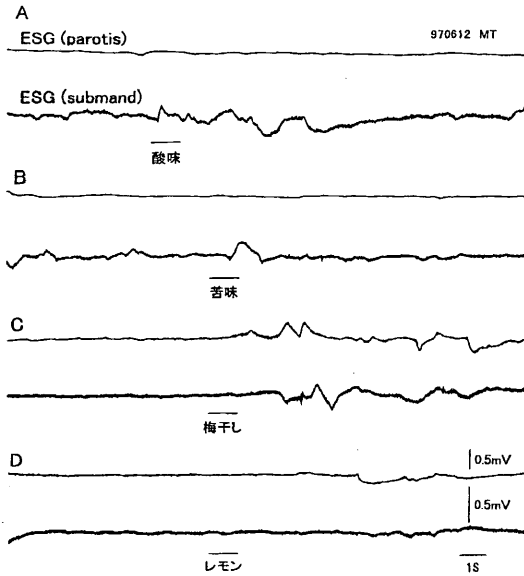


図2 味刺激による耳下腺，顎下腺の電気変動について
銀線電極を口腔内舌下と頬の内側におき，銀円型皿電極を顔面皮膚上の耳下腺上(parotis)と顎下腺上(submand)において記録した電位である。味刺激後(酸，苦)と連想(梅干し，レモン)による変化の同時記録である。電位変動は主に顎下腺にみられている。詳細は本文参照。

1) 唾液腺の電位変動の記録部位による違い

銀線電極2本をそれぞれ舌下の顎下腺の開口部と頬の内側の耳下腺の開口部におき，更に銀塩化銀の皿電極2個を顔面皮膚上の顎下腺上と耳下腺上において，それぞれの組合せによって顎下腺と耳下腺の電位変動を記録した。味刺激(酸味，苦味)と連想刺激(梅干し，レモン)，を加え両腺の電位変動の一例を図2に示した。酸味刺激によっては顎下腺の活動がみられ，耳下腺のそれは殆どみられなかった。苦味についても同様であったが，梅干しを連想させた際には両腺の活動がほぼ平行してみられた。同じ連想でも「レモン」では電位変動が殆ど認められなかった。これらの現象には同一被験者については再現性があった。6例すべてに上記と同様の反応が現れたわけではなく，特に連想によるそれには個体差が大きかった。しかし共通しているのは，顎下腺の電位変動は大きく，耳下腺のそれは常に小さいか殆ど変動はみられなかったことである。従って以下の実験は顎下腺を中心に記載することとする。

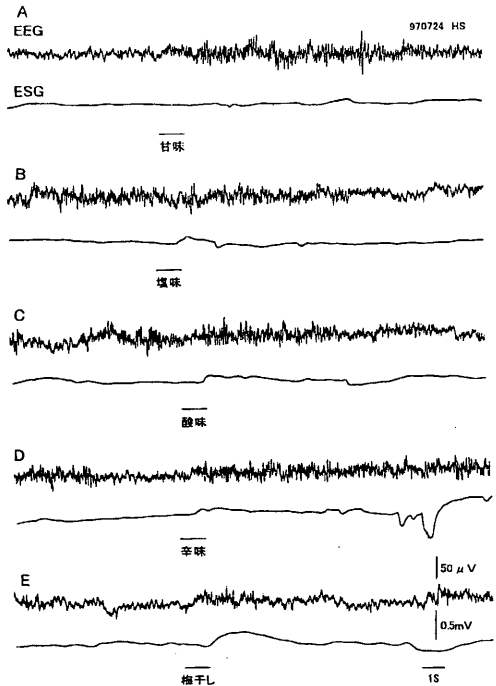


図3 味覚刺激による脳波と顎下腺の電位変動について
この例では刺激前の脳波は α 波と β 波の混じった波形である。味覚刺激によって α 波は消失し速波様の高振幅の脳波とわずかながら筋電図が混入している。これは味刺激による顔面の表情筋の反応を反映している。連想(梅干し)による α 波ブロックと β 波の出現は7，8秒続いているのがみられている。

2) 味の種類による顎下腺の電気変動について

図3に1例を示すが，味の種類によって顎下腺の電気変動に違いがみられた。甘味刺激によっては殆ど電気変動はみられなかったか，或いは変化があっても低振幅であり，また持続時間も短かった。このような反応はほぼ全例に共通していた。

塩味刺激によっては顎下腺活動は既に図1でも示したが，この例(図3B)でも低振幅ながら認められた。

酸味については顎下腺の分泌に伴う数個の電位変動が記録された。最も高振幅の電位は刺激直後のもので約 $150\mu V$ ありそれに続き低振幅の電位変動が数個続き，その後は平坦な電位であった。また，この図3には示さなかったが，苦味刺激によっても唾液腺の活動が低振幅ながら認められた(図2参照)。辛味に関しては電位変動がみられるが個体による違いが大きく活動電位が非常に大きく現れる例，或いは殆ど現れない例など一定していなかった。連想刺激では図2にも示したがこの例でも(図3E)「梅干し」と言えばそれに対する電位変動が大

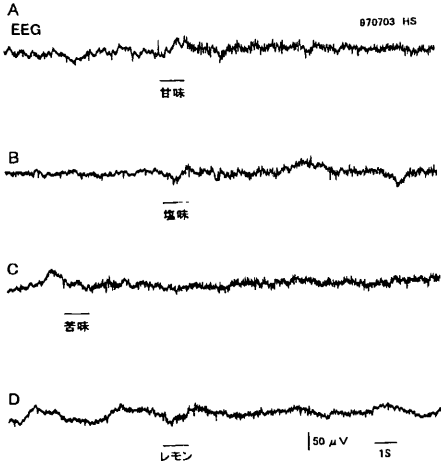


図4 味覚刺激の種類による脳波の変化について
3種類の味刺激によりともにも α 波の減少と β 波の出現とがみられている。同様の変化は連想(レモン)によってもみられている。

大きく現れていた。

2. 脳波の変化について

味覚刺激によって現れる脳波の変化は、主に α 波の抑制(α -blocking)と β 波の出現とであった。図1に既に示したように、律動的に現れていた α 波が塩味刺激によって α 波の出現率が減少し代わって低振幅速波(β 波)が5、6秒間みられている(α 波ブロック)。

刺激前の閉眼安静覚醒状態での脳波は被験者によって違い、10Hz前後の α 波が優位のものが多かったが、なかには律動的な α 波がみにくい例もあり、また、1例(MF)であるが、律動的な α 波に θ 波が混在していた例があった。味の種類による α 波ブロックの程度は違い、図4に1例を示すように苦味で最も強くまた長時間続いており、甘味などでは比較的短時間であった。レモンを思い浮かべるなど連想による α 波ブロックは一般に弱く、この例(図4D)でも弱かった。

1例ではあるが図5に示すように甘味刺激により α 波がブロックされるのではなく却って律動的に高振幅で現れる例があった。他の味覚刺激(塩味)によっては α 波がブロックされていて、甘味刺激によってのみ律動的な α 波が誘発されるということになる。これには再現性があり、被験者は甘味は好きであり心地よいと答えている。

α 波に θ 波が混在している被験者の脳波は味覚刺激によって θ 波が誘発されているようにみられる(図6A-C)。

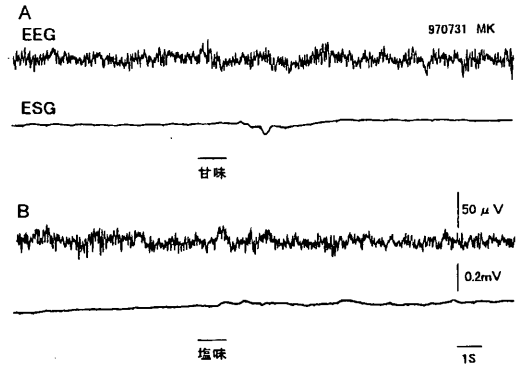


図5 甘味刺激による α 波の出現について
この例MKは甘味刺激によって α 波が律動的に現れた例である。塩味に代表される他の味刺激によっては反対に α 波の消失と β 波の出現とであった。

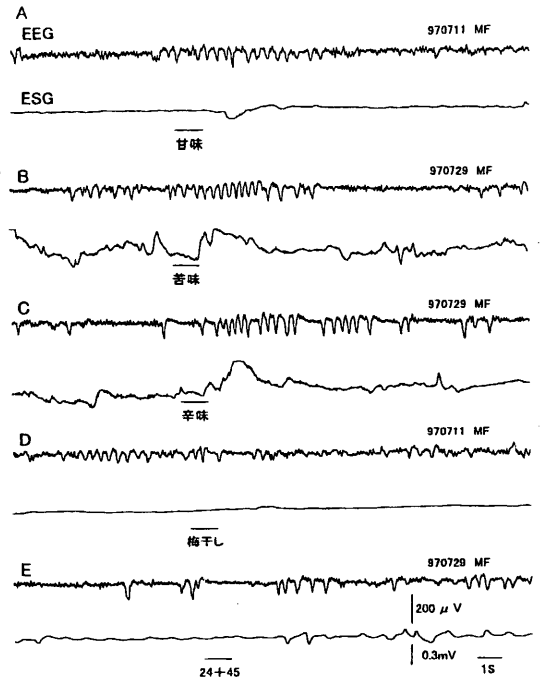


図6 味刺激などによって誘発される θ 波について
安静時の脳波の基本波は α 波であるが、味覚刺激によって α 波の減少と θ 波の出現がみられる。連想(梅干し)、暗算などでは θ 波の出現は必ずしもみられなかった。

これに対して連想とか暗算などでは、 α 波のブロックと β 波の出現は見られたものの必ずしも θ 波の出現は著明ではなかった。この θ 波は前頭部から記録され(Fm θ)、後頭部からは記録されず、後頭部は律動的な α 波が著明な基礎波で、味刺激によって α 波の消失と β 波の出現とがみられた。

3. 味刺激による唾液腺の活動及び脳波の変化の違いについて

表1に味刺激の種類と6名の被験者の両反応の程度を段階評価したものを掲げた。段階評価はそれぞれの被験者について α 波ブロックの程度、持続時間及び速波(β 波)の現れ方などを参考に3段階に分けた。また、唾液腺の活動は電位の振幅及び持続時間などを参考に同じく3段階に分けた。個体差があるが、共通しているのは酸味に対する反応は両現象とも概して強く、甘味に対する反応は弱かった。塩味、苦味に対する反応はその中間であり、辛味に対しては個体差が大きかった。

表1 味覚刺激による唾液腺の活動及び脳波に及ぼす反応強度

被験者 刺激	ST	HS	MK	MT	MF	RK
甘味	+	+	+	+	+	+
塩味	++	+	++	+	+++	++
酸味	+++	++	++	++	+++	+++
苦味	+	+	+	+	++	++
辛味	++	+	++	+	++	++
暗算	-	±	±	±	+	+
連想	±	±	±	+	+	+
音刺激	±	-	+	±	+	+

被験者 刺激	ST	HS	MK	MT	MF	RK
甘味	+	+	++	+	++	+
塩味	++	++	+++	+++	++	++
酸味	+++	++	+++	+++	+++	+++
苦味	++	+++	+++	+++	+++	++
辛味	++	+++	+++	+++	+++	++
暗算	++	+	++	++	+	+
連想	++	+	++	+	++	+
音刺激	+	+	++	++	+	++

唾液腺の活動と脳波の変化は多くの場合平行した反応を示しているが、苦味、辛味では脳波の変化の方が唾液腺の活動に比べ概して強かった。当然の事ながら暗算などを負荷した際には唾液腺の活動は弱かった。

考 察

1. 唾液腺の分泌活動と電気現象について

一般的に腺が分泌活動をするときと腺流と呼ばれ分泌細胞から排出管の方向に流れる電位変動が現れる。上皮流の一種とみられている⁶⁾。唾液腺の場合にも電流の流れがみられている。分泌量と電流変化の間には比例関係があり、分泌量の多い場合には電位変化も大きいことが知られている⁷⁾。これらは分泌細胞の分泌活動に伴う一種の活動電位であり⁸⁾、多くの分泌細胞の電位の集合されたものとみられている。一般に電位変動は分泌液より持続時間は短い⁹⁾。

唾液腺の分泌活動を見る方法としては排出口から出る唾液を小さなカップを排出口にあて集めるとか、排出管内に細管を入れて集める方法などがとられ、分泌時の変動と集められた量の両方を計測している⁹⁾。これにはカップを固定しなければならないなど操作上複雑である。そこで今回は電位変動を記録する方法によって唾液腺の分泌活動に伴う活動を調べた。この方法は唾液量などを知ることはできないが、腺の活動を知る手段としては簡便であり非侵襲という目的には適している。ただ注意しなければならない点は口内、舌などの動きはもとより、味刺激として用いる溶液を直接口腔内の電極に加えないことである。我々の場合そのような恐れのある場合にはartifactとして計測の対象から除くようにした。

2. 反射性味覚性唾液分泌について

味刺激による唾液の分泌は舌咽神経、迷走神経のインパルスが脳に達し、味覚として知覚され、その結果が交感神経を介して現れた現象としてみることが出来る¹⁰⁾。

もし、求心性神経(舌味蕾からの)、反射中枢、遠心性神経さらに唾液腺という最短の反回路があるとしても、その活動は一般に弱く、多量の分泌につながることは少ない。それは一般に自律神経機能は全身性の反応であるとされていることから類推される¹¹⁾。また既に報告してある我々の脈波plethysmogramによて調べた末梢循環の成績でも⁴⁾、味刺激によって現れる末梢血管の縮小の現れるまでの潜伏時間も数100ミリ秒を必要としていることから最短神経回路によって表された現象でなく、より多くの神経機構を含んだ現象とみられる。

そのことは今回の実験に於いて脳波に α 波ブロックがおこり、その程度が強い場合、唾液腺の活動が高かったことから推定される。

味刺激による唾液の分泌活動は刺激直後に起こる変化と(反射性分泌)⁹⁾, その後に続く持続した反応(後電位)とがあるが, 今回は主に前者を対象とし, 後に続く長い反応は参考にとどめ, 評価の直接の対象とはしなかった。それは複雑なメカニズムによることと, 他のプレチスモグラム, GSRの反応などと対応させるためであった。

3. 味刺激と脳波の変化

今回の実験に於いて, 味刺激によって脳波の α 波ブロックが一過性に起こることがわかった。このことは脳内で何らかの知覚処理が起こっていることを物語っている。酸味などによる α 波ブロックの持続時間が長かったことなどは感覚性入力が大きかったことに基づくことが考えられる。今回の実験のみでは脳内での処理機構の詳細は明らかではないが, 味刺激による脳内活動を知る手掛かりが得られたものと思われる。

今回の実験で甘味刺激によって個人差はあったが, α 波が却って良く現れた例があった。閉眼安静状態の脳波記録であり, 他の味刺激では α 波ブロックが生じていたにもかかわらず, 甘味には α 波が高振幅で出現頻度も高く現れた。被検者はその直後の感じとして心地よい甘さであったと言っている。大変興味深い現象である。最近 α 波は色々と言われている。ヨガの達人は α 波が出やすく, また精神統一が良くできた状態では同様であり, ハングライダーなど教官で飛び出しに際しうまくいった際には α 波ブロックではなく, リズミカルな α 波が見られることなどが知られている。一例ではあるが前頭部から味刺激によって θ 波(Fm θ)が一過性に誘発され, 同時に後頭部からは α 波のブロックと β 波の出現が見られた。大変興味深い現象であるが, その発現機序は不明で今後の検討にまたなくてはならない。

4. 味刺激の客観的評価

今回は唾液腺の分泌活動と脳波の α 波ブロックの度合いを対象に味の種類とそれらの反応について調べた。

最も強い反応を示したのが酸と苦味であり, 塩味は弱く, 甘味に対する反応は最も弱かった。辛味については個人差が大きく, 強く反応する人と殆ど反応を示さない人とがあった。後者の例は辛味は好きである人が多かった点があげられる。

辛味は味の四元味の中には入らず, 暑いhotという別の刺激と考えられていることもあり, 当人の嗜好とも関連した味刺激とは別の反応とみれば, 味覚の他覚的評価

の対象からははずした方がよいのではないかと考えられる。

味覚刺激による反応は日差は比較的小さいが連想による例えば「梅干し」「レモン」「カレーライス」などの質問に対する反応は最近の記憶(経験)が影響しているように感じた。被検時の近くで摂取した食事の影響が残っているようで, 他の日の検査では反応が違い, 日差があることが分かった。同時に個体による嗜好とも関連していた。

既にPTGを用いての末梢循環の減少を報告してきたが, 今回の唾液腺の活動と脳波に対する影響との間に共通性があり, 酸, 苦, では強く, 甘味で最も弱く, 塩味に対する反応は弱かった。さらに味覚性発汗などを加え総合的に味覚の他覚的評価をはかりたいと考えている。

要 約

味覚刺激による唾液腺の反射性電気現象と前頭部脳波を健康女子について調べた。

味覚刺激には甘(蔗糖), 塩(食塩), 苦(塩酸キニーネ), 酸(酢酸)及び辛(タバスコ)を用い, 2~3滴を舌上に滴下する方法によった。

味覚刺激による唾液腺(顎下腺)の電気現象は多くの場合初期の電位の変動(反射性活動)とそれに続く, 小刻みな不規則な電位変動(後電位)とであった。

これらの電気変動は味の種類によって異なり, 甘味刺激では殆ど変動がみられない例が大多数であった。これに対して最も大きな電位変化は酸味であり, 数100 μ Vに達するものもあった。塩, 苦味による電位変動は酸味に比べやや軽微であった。辛味に対する電位変動は個体差が大で, 強い例, 殆ど電位変動がみられない例などであった。

味刺激による脳波の変化は多くの例は一過性の α 波の消失, β 波の出現とであった。 α 波の消失時間は数秒間であり, その持続時間に味の種類により, 長短があった。即ち苦味では最も長く, 酸, 塩味ではやや短く, 甘味では α 波blockは殆どみられなかった。一部の例ではあるが甘味刺激によって却って α 波がリズミカルに良く現われるようになった。味刺激による α 波ブロックの程度と唾液腺の電気現象との間にはある程度の相関があり, 両者の間に何らかの関連があるものと考えられた。

謝 辞

本研究は平成7年度及び平成8年度卒論生の皆さんの協力のもと、特に平成9年度卒論生、桑田路子、田島美幸、筒木忍、鈴木英子、深野百恵、小島涼子の皆さんと共同して行ったものであり、感謝の意を表したいと思います。

なお本研究の一部は大学院特別研究費（平成7～9年）によって行われました。ここに謝意を表したいと思います。

参考文献

- 1) 佐藤昌康：味覚・嗅覚の科学，朝倉書店，(1972)
- 2) P.J.Hornnes, CKühl, J. T. Hoist, K. B. Lauritsen, J.F.Rehfeld, and T.W.Schwartz :*Metabolism*. 29 : 777(1980)
- 3) Guyton A.C. : Textbook of Medical Physiology. W.B. Saunders, Philadelphia, London, (1976)
- 4) 島村宗夫，星野かほり：味覚刺激による自律神経機能の反応について（第1報）光電脈波による末梢循環の解析．東京家政大学研究紀要， 37, 51-58 (1997)
- 5) 苫米地幸之助編著，木元幸一，宇津木良夫，平戸八千代，江澤郁子，出海みどり：栄養生理学実験，建帛社，pp1～7，(1993)
- 6) 本川弘一：電気生理学，岩波書店，(1952)
- 7) Iwama, K. and Shinjo, T.: A method for leading of action currents from human salivary gland and for recording velocity of secretion. *Tohoku J, exp. Med.*,52: 223-229 (1950)
- 8) Shinjo, T.: The action currents and secretion of human parotid gland, *Tohoku J, exp. Med.*, 52 : 231-240 (1950)
- 9) 桑沢隆補：同時記録による左右両側および耳下腺－顎下腺の味覚反射性唾液分泌の電気生理学的研究．東女医大誌， 63, 400～408 (1993)
- 10) 河村洋二郎，山本隆，藤原季子，他2名：各種呈味増強物質による味覚－唾液分泌反射に関する研究．阪大歯学雑誌， 25, 179-185 (1986)
- 11) 入来正躬：交感神経系地域性反応．医学のあゆみ， 98, 255-261 (1976)
- 12) 石原務，出海光子：Fm θ と想像的課題．臨床脳波， 17, 381-384 (1975)