

[原著論文]

鼻腔閉鎖による基本味閾値の変化

蘆田一郎、宮岡洋三

キーワード： 味覚、嗅覚、味覚閾値、基本味液

Influence of Nasal Closing on Thresholds for Basic Taste Solutions

Ichiro Ashida, D.Agr., Yozo Miyaoka, Ph.D.

Key words: taste, smell, taste threshold, basic taste solutions

要旨

味覚と嗅覚との関連を示す知見は多いが、その多くが両感覚の閾上刺激を用いてきた。本研究では、鼻腔の気流遮断による味覚への影響を閾値の測定によって検討した。今回は、四基本味（甘味、塩味、酸味、苦味）およびうま味の検知閾と認知閾について、鼻腔の「両側開放」、「片（左、右）側閉鎖」、および「両側閉鎖」という3条件間で比較した。得られた主な知見は、次の3点であった。(1)酸味を除く4味質において、鼻腔の閉鎖は味覚閾値を上昇させた、(2)うま味の閾値上昇は特に顕著であった、(3)片側の鼻腔閉鎖は味覚閾値に影響せず、左右差もなかった。「風味」とは一見無縁と見られる四基本味やうま味についても、嗅覚情報の影響を受けることが示唆された。

I 目的

味覚と嗅覚との間には、密接な関連のあることが示唆されている。古くは、嗅覚の冷遮断によってカブラとリンゴやジャガイモの風味が区別できなくなるとの報告がある¹⁾。また、エチル・ブチレートのような有

臭無味の物質においてもその濃度を上げると味を呈するようになるとの報告もある²⁾。味覚と嗅覚の密接な関連を示す類似の研究でも、認知閾よりも強い刺激、すなわち「閾上刺激」の使用による「知覚強度 (perceived intensity)」の測定をおこなっている³⁻⁶⁾。また、これらの研究では、「風味」を含めて明らかに匂のある味溶液、すなわち閾上強度の材料を使用している。他方、いわゆる四基本味液のように、閾値レベルにおいて匂を呈さない味溶液を使用した研究は数少ない。その一研究では、「鼻つまみ」の操作によってうま味の感受性が低下することが明らかとなった⁷⁾。また、ラットを用いた実験から、鼻腔への硫酸亜鉛注入による嗅覚障害によって味溶液と蒸留水の識別能力が消失することが明らかとなった⁸⁾。これらの研究では、四基本味液などの味質判定や識別への嗅覚情報の関与が示唆されるものの、健常者の味覚閾値がどの程度変化するのかは明らかでない。本研究では、健康成人を対象として、鼻腔閉鎖によって生じる四基本味およびうま味の検知閾と認知閾の変化を定量的に検討する。

蘆田一郎 新潟医療福祉大学 医療技術学部 健康栄養学科
[連絡先] 〒950-3198 新潟市島見町1398番地
TEL・FAX : 025-257-4414
E-mail : asida@nuhw.ac.jp

II 材料および方法

本研究では、嗅覚遮断の味覚閾値に対する影響を、いわゆる四基本味およびうま味について調べた。材料として用いた呈味物質は、ショ糖（甘味；関東化学，特級）、塩化ナトリウム（塩味；関東化学，特級）、酢酸（酸味；関東化学，試薬特級）、キニーネ塩酸塩（苦味；ナカライ，特級）およびグルタミン酸ナトリウム（うま味；シグマ）の5種類であった。これらの呈味物質を蒸留水に溶かして、味刺激として使用した。予備実験の結果に基づいて、それぞれの濃度を表1に示すように調整した。第1セッションにおいて味覚閾値が逸脱する被験者があったため、第2および第3セッションにおいては、苦味およびうま味の濃度段階を変更した（表1）。

嗅覚および味覚に異常のない健康成人男女（18～22歳）を被験者とした。その内訳は、男性11名と女性37名の計48名であり、複数群に重複参加した被験者を含めた延べ人数は65名であった。被験者は5種の味質に対応する5群へ無作為に分け、各群の構

成人数を10～15名とした（うち12名は2群に重複したが、3群に重複する被験者は無かった）。なお、48名の被験者中、男全員と女2名に喫煙習慣があったものの、本研究では特に別扱いはしなかった。嗅覚機能については、T&Tオルファクトメーターを用いて検査した結果、全員が正常な嗅覚閾値を有すると判断された。味覚機能については、被験者への聞き取りにおいて障害の訴えはなく、正常と推定された。

味覚閾値の測定は全口腔法により行った。すなわち、それぞれの味質に関する各濃度の溶液20ccを紙コップに取り、全量を口に含ませて、およそ2秒間口腔全体に行き渡らせた後に吐き出させた。刺激の呈示は、低濃度から順次高濃度へと移行した。本研究では、味覚の検知閾ならびに認知閾を測定した。ここでは、蒸留水との差異を感知できる最低濃度を検知閾とし、明らかに味質が感知できる最低濃度を認知閾とした。いずれの閾値とも口頭にて報告させた。各試行終了後に、水道水で口腔内を洗浄するよう被験者に求め、試行間の間隔を約3分

表1 呈味溶液の濃度段階

濃度段階	甘味	塩味	酸味	苦味(1)	苦味(2)	うま味(1)	うま味(2)
	スクロース ($\times 10^{-2}$ M)	塩化ナトリウム ($\times 10^{-2}$ M)	酢酸 ($\times 10^{-4}$ M)	キニーネ塩酸塩 ($\times 10^{-5}$ M)	キニーネ塩酸塩 ($\times 10^{-5}$ M)	グルタミン酸ナトリウム ($\times 10^{-3}$ M)	グルタミン酸ナトリウム ($\times 10^{-3}$ M)
1	0.50	0.35	1.30	0.20	0.10	0.75	0.75
2	1.00	0.40	1.90	0.80	0.20	3.10	2.16
3	1.50	0.45	2.60	1.40	0.80	5.45	3.57
4	2.00	0.50	3.20	2.00	1.10	7.80	4.98
5	2.50	1.00	3.90	2.50	1.40	10.15	6.39
6	3.00	1.50	5.20	3.10	1.70	12.50	7.80
7	3.50	2.00	6.50	3.90	2.00	14.85	9.21
8	4.00	2.50	7.80		2.50		10.62
9		3.00			3.10		
10		3.50			3.90		
11		4.00			4.60		
12		4.50					

数値の単位は、モル濃度である。表中の「苦味(1)」と「苦味(2)」および「うま味(1)」と「うま味(2)」は使用した溶液濃度の2段階（本文「材料および方法」に述べた理由による）。

とした。なお、被検者にはあらかじめ調査する味質の種類を知らせた。

本研究の主題である嗅覚遮断による味覚閾値の変化は、次の手続きに従って調べた。すなわち、鼻腔の条件を「両側開放」「片(左・右)側閉鎖」「両側閉鎖」と設定し、それぞれの条件下における閾値を調べた。ここで、鼻腔の閉鎖には綿球を使用した。被検者が不快感を訴えた場合には、鼻腔を被検者自身の指で強く圧迫させた。被検者毎に1日につき1セッションの実験をおこない、各セッションでは上記の全条件について味覚閾値を調べた。各被検者当り3セッションを実施したが、第1および第3セッションにおいては鼻腔条件を「開放→右側閉鎖→両側閉鎖→左側閉鎖→開放」の順序とし、第2セッションでは「開放→左側閉鎖→両側閉鎖→右側閉鎖→開放」の逆順とした(すなわち、開放条件はそれぞれのセッションの最初と最後に1回ずつ実施した)。セッション間には、少なくとも3日の間隔を置いた。

得られた実験データについて、基本統計量を算出するとともに、鼻腔開閉の味覚閾値に対する影響を検討した。すなわち、a)各セッションの最初と最後に行った鼻腔開放条件、b)鼻腔開放および閉鎖条件、c)左側閉鎖および右側閉鎖条件の三者について着目し、それぞれ対応のあるt検定を用いて有意差の検定を行った。

III 結果

それぞれの味質に関する各鼻腔条件における検知閾および認知閾を図1から5に示す。図1AとBには甘味の検知閾と認知閾を、以下同様に塩味、酸味、苦味、うま味について図示した。図1から5では、各鼻腔条件での閾値を平均値と標準誤差にて示した。

甘味(図1AとB)については、3セッ

ションとも両開放条件下における検知閾および認知閾には差がなかった。図1AとBでは、両側閉鎖条件を表す中央部分が凸となっているので、閉鎖条件下では味覚閾値が相対的に高かった。しかしながら、統計的検定の結果では、第1セッションの検知閾($t=2.45$, $p<0.05$)を除いて有意差は認められなかった。

塩味(図2AとB)については、第2セッションにおいて、検知閾の開放-閉鎖条件間に有意差($t=3.93$, $p<0.01$)が認められた。一方、同じ第2セッションの検知閾については、二つの開放条件間の差も有意($t=3.15$, $p<0.01$)であった。その他の条件については、いずれも有意差は認められなかった。

酸味(図3AとB)については、被検者間における閾値のバラツキが、検知閾よりも認知閾で大きかった。第3セッションの検知閾でのみ、開放条件間の差が有意($t=1.85$, $p<0.01$)であり、その他の条件間に有意差は認められなかった。

苦味(図4AとB)については、第1セッションでは開放条件間における認知閾のみに有意差($t=2.90$, $p<0.01$)が認められた。開放-閉鎖条件間における第3セッションの検知閾($t=2.41$, $p<0.05$)と第2セッションの認知閾($t=2.47$, $p<0.05$)にも有意差があった。また、左右差については、第1セッションの認知閾で有意($t=2.81$, $p<0.05$)となった。特に第2および第3セッションの図は、両側閉鎖の場合を頂点とする山型を示した。

最後に、うま味(図5AとB)については、全体として苦味の場合と同様の凸型を呈した。開放条件間には有意差がなく、開放-閉鎖条件間で第2セッション($t=3.12$, $p<0.01$)と第3セッション($t=3.19$, $p<0.01$)の検知閾および第2セッション($t=2.97$, $p<0.01$)と第3セッション($t=4.11$, $p<0.01$)の認知閾で、それぞれ有意差が検出された。

鼻腔閉鎖による基本味閾値の変化

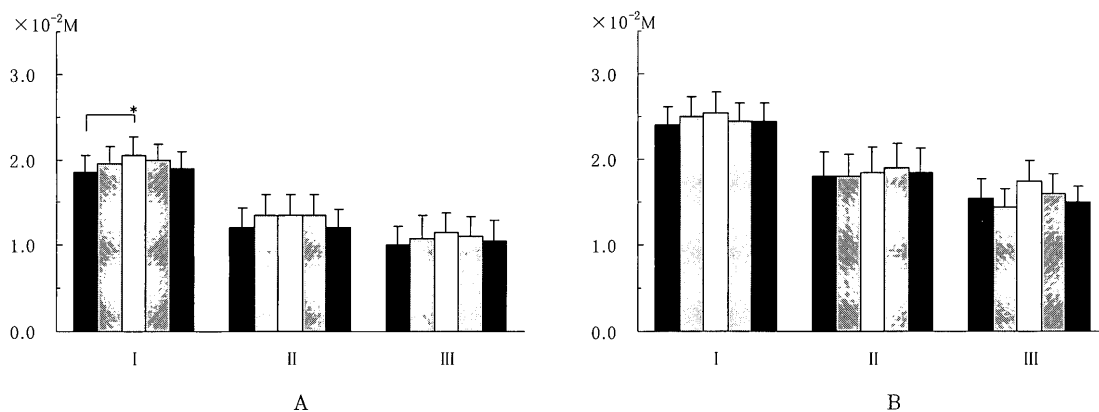


図1 甘味に関する検知閾(A)および認知閾(B)

I、II、III：第1、第2、第3セッション、バーの色：鼻腔条件（黒塗り：両側開放、右下り斜線：右側閉鎖、白抜き：両側閉鎖、右上り斜線：左側閉鎖）、*： $p < 0.05$ 、**： $p < 0.01$

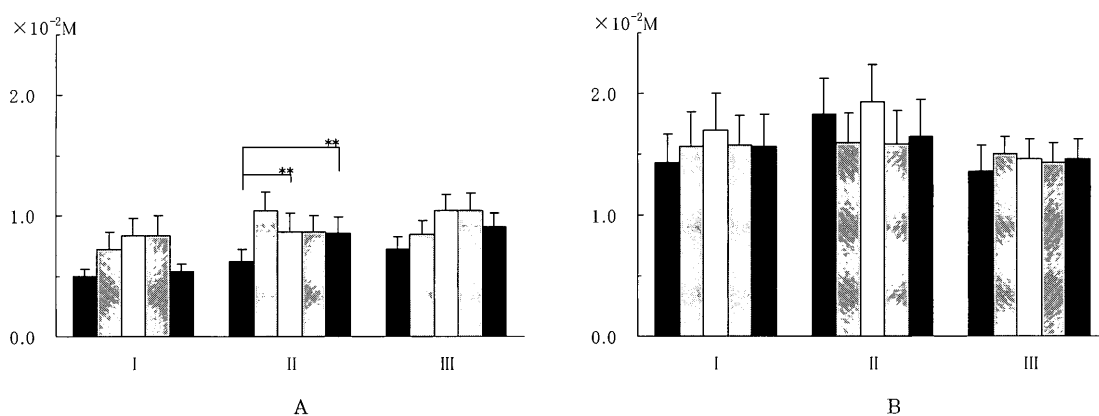


図2 塩味に関する検知閾(A)および認知閾(B)

図1に同じ

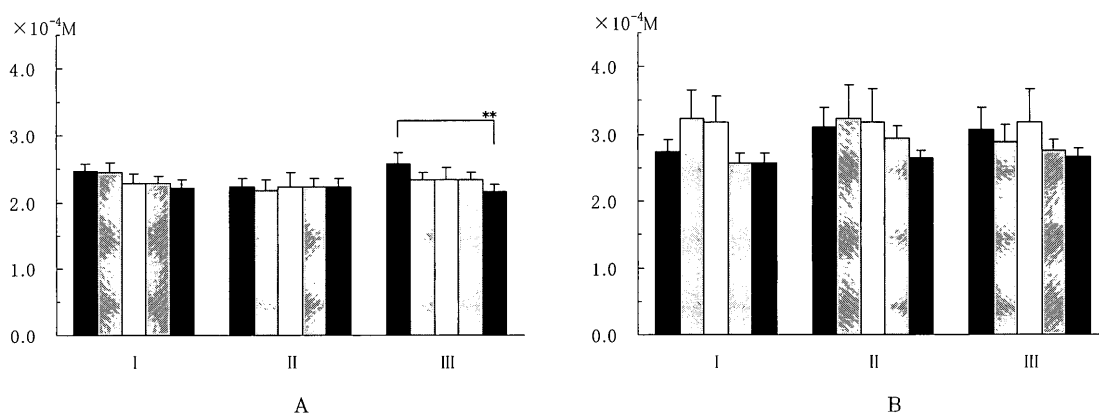


図3 酸味に関する検知閾(A)および認知閾(B)

図1に同じ

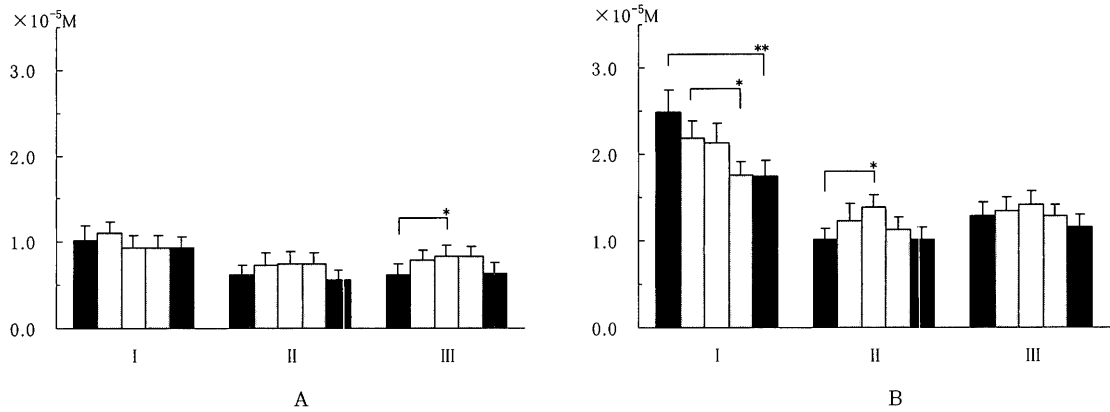


図4 苦味に関する検知閾(A)および認知閾(B)

図1と同じ

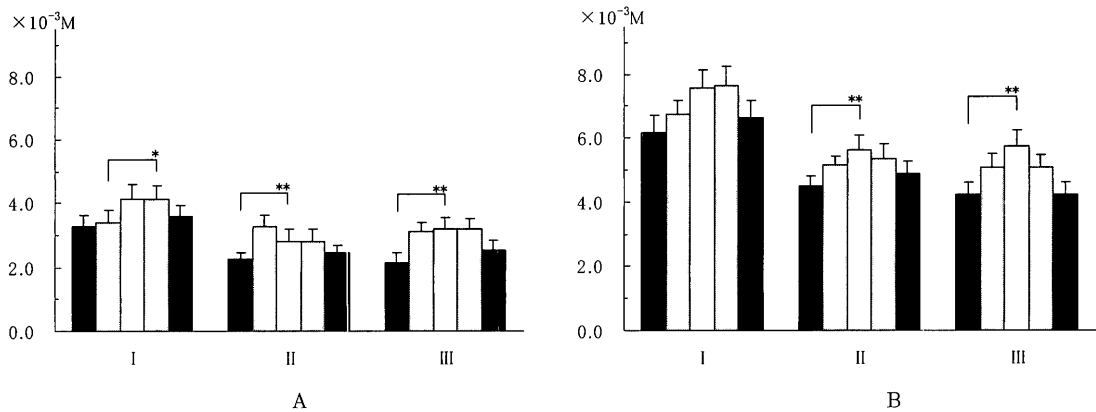


図5 うま味に関する検知閾(A)および認知閾(B)

図1と同じ

また、第1セッションの検知閾でのみ左右閉鎖条件間に有意差 ($t=2.80$, $p<0.05$) が認められた。

IV 考察

本研究でえられた四基本味およびうま味の検知閾と認知閾 (図1~5) は、これまでの報告と大きく異ならなかった⁹⁾。したがって、今回実施した味覚閾値の検査法は妥当であったと考えられる。実施した3セッションの中でも、第2ならびに第3セッションでえられたデータがより信頼性が高いと推測される。理由として、a) 予備実験を実施したにもにかかわらず、苦味とうま味については、第1セッションの閾値測定に

おいて予め用意した濃度段階から逸脱する被検者が出た (表1参照)。b) 第1セッションでは、被験者の実験場面に対する慣れが不十分で、精神的な緊張のあった可能性がある。味覚検査という主観的な判断を求める作業では、精神的な緊張がデータに影響を与えるものと予想される。これらの事情を考慮して、主として第2ならびに第3セッションで得られた結果を考察の対象とした場合、2セッションからの主な知見は以下の三点にまとめられる。1) 酸味を除いた4味質において、程度の違いはあるものの、鼻腔の閉鎖によって味覚閾値が上昇した (図1, 2, 4, 5)、2) 味覚閾値の上昇した4味質の中では、うま味の閾値上昇が最も顕著

であり（図5）、次いで苦味（図4）、塩味（図2）、甘味（図1）の順序であった、3）左右いずれかの鼻腔閉鎖による味覚閾値への影響は弱く、かつその多くでは左右差がなかった。

主な知見の1）にある通り、鼻腔閉鎖は味覚閾値の上昇、すなわち味覚感受性の低下のみを引き起こした。類似の実験手続きを採った数少ない既報⁷⁾では、鼻腔閉鎖によって味覚判定能力の上昇と下降が見られたとある。本研究との相違は、実験手技の差違とデータ処理法に基づくと考えられる。すなわち既報では、集団としての味覚判定能力を評価するために、各被験者に3段階に調整された味溶液から最高濃度と最低濃度を求める一種の順位法が採用された。したがって、鼻腔閉鎖が味覚判定能力に影響することは検出できるものの、閾値の変化までを評価することは困難であった。一方、本研究では7～12段階の濃度に調整された味溶液（表1）を用いて、被験者毎の正確な閾値を求めた。すなわち本研究は、鼻腔閉鎖が味覚に及ぼす影響を検知域および認知域の両方を用いて評価した初めての報告である。またデータ処理法についても、残念ながら既報では厳密な統計処理を実施しておらず⁷⁾、味覚判定能力の上昇と下降の有意性のみを論じている。一方、本研究では、通常用いられている対応のあるt検定によって検討を加えている。

味覚閾値の上昇を引き起こした一因として、鼻腔内の気流停止による嗅粘膜刺激の消失が挙げられる。食物の咀嚼時には、食塊が舌などにある味蕾を刺激して生じる味覚とともに、食塊に由来する臭気が嗅粘膜を刺激して嗅覚も生じ、これらの味覚と嗅覚とが相まって「風味」を形成するとされる。一般的に、嗅粘膜への適刺激となる物質は分子量がおよそ300以下とされており¹⁰⁾、今回使用した呈味物質の中でショ糖とキニーネ

塩酸塩を除いて分子量の点からは適刺激となり得る（表1）。本研究では、口腔内へ入った基本味溶液の一部が温められて気化し、後鼻腔を経由して嗅粘膜を刺激したと考えられる。このような機序を説明する実験として、単独で呈示しても嗅覚と味覚は生じない閾下濃度の匂物質（ベンズアルデヒド）と味溶液（サッカリン）を使用し、それらを同時に与えると嗅覚の閾値下降が起きたと報告されている⁶⁾。すなわち、閾下という低濃度の匂物質と味溶液によっても両感覚間に相互作用が生じることを示している。この知見を本研究の結果（ショ糖とキニーネ塩酸塩を除く）に適用して考えれば、鼻腔に呼吸気流のある正常時には、味覚-嗅覚間の相互作用が働いた状態で味覚閾値（図2, 3, 5の「開放条件」）が決まることになる。今回おこなった実験的な鼻腔閉鎖によって、この相互作用が働かなくなって相対的に味覚閾値が上昇した（図2と5の「閉鎖条件」）と推測される。但し、ショ糖液とキニーネ液についても、セッションによっては鼻腔閉鎖によって検知閾が上昇していた（図1と4）。したがって、今回観察された味覚閾値の上昇は、嗅覚刺激のみによって生じたとは言えず、あるいは味質（群）によって異なる機序によって起こった可能性も考えられる。

知見の2）に掲げた閾値上昇の味質間格差から、実験手続き自体が味覚閾値へ影響したという可能性は排除されよう。すなわち、今回用いた鼻腔閉鎖という手続きの仕方によっては、被験者の味覚検査に対する注意や集中を減弱させる可能性が残される。もし鼻腔閉鎖が味質に関係なしに、広く味覚閾値へ影響するならば、四基本味とうま味の全てについて同様な結果の出ることが予想される。しかし、実際には、うま味では明らかな閾値上昇を示した（図5）のに反して、酸味では影響がほとんどなかった

(図3)。すなわち、鼻腔閉鎖の影響が味質特異性をもって現れていたと考えられる。既報⁷⁾においても、うま味を除く四基本味の判定能力は大きく変わらなかったのに対して、うま味のそれは大きく下降しており、今回見られたうま味閾値上昇(図5)とよく符合する結果となっている。このような本研究や既報における味質特異性のある影響を考慮すれば、今回の味覚閾値上昇が鼻腔閉鎖という実験手続きに由来するとは考えにくい。むしろ、上述したような機序による味覚と嗅覚間の相互作用に起因すると判断される。

知見の3)に掲げた閉鎖効果の左右差については、否定的な結果となった。すなわち、一側鼻腔の閉鎖が反対側のそれに比べて強く影響することは無かった。また、右あるいは左の片側鼻腔閉鎖のみでは、味覚閾値を上昇させなかった。この結果から、両鼻腔が開放された正常状態では、左右からの嗅覚情報が中枢神経系内で収束し、最終的に味覚系へ影響するのではないかと考えられる。その収束が起こる統合部位としては、これまでの神経解剖学的、電気生理学的、行動科学的研究から次の3領域が考えられる。すなわち、大脳辺縁系の扁桃体、弁蓋・島皮質、ならびに眼窩前頭皮質である。これらの領域には味覚ばかりではなく嗅覚の情報も入力しており、かつ3領域間には相互に神経連絡が知られている。例えば、霊長類の眼窩前頭皮質へは弁蓋・島皮質の「味覚野」からの情報が入力しており¹¹⁾¹²⁾、視覚など他の感覚種との統合などを通して¹³⁾、摂食機能の調節に関わると考えられている。それとともに、眼窩前頭皮質へは視床の背内側核からの嗅覚情報も入力するので¹⁴⁾¹⁵⁾、味覚と嗅覚との相互作用が生じる中枢部位の候補と想定できる。

味覚と嗅覚はともに「化学感覚」と総称される感覚系に属し、多くの類似性もち

かつ相互に関連し合うとされている。これまでの研究で用いられている材料は、ほとんどが多種類の呈味物質が混合されている「複合味物質」である。その理由は、われわれが日常接する食品の大部分が「複合味物質」である点を考慮すれば、容易に理解できる。また、味覚と嗅覚の相互作用に関する研究は、これまで「複合味物質」の中でも「風味」を呈する刺激を使って調べられてきた。他方、「複合味物質」による味覚は、いくつかの「基本味」の組み合わせによって説明される(いわゆる「基本味説」)。本研究では、「風味」とは一見無縁と見られる四基本味溶液とうま味溶液についても、鼻腔の閉鎖という手続きを用いて調べた結果、これらの閾値が嗅覚情報の影響を受けることを示唆できた。今後は、本知見を異なる方法によって確認するとともに、中枢神経系の非侵傷的な観察手段(機能的核磁気共鳴装置や脳電計/脳磁計など)の活用などによって神経機構を解明する必要がある。

謝辞

本研究の遂行には、山形県立米沢女子短期大学健康栄養学科の学生諸氏から多大のご協力を頂きました。ここに、深甚なる謝意を表します。

文献

- 1) Moncrieff R.W. : The chemical senses. Leonard Hill. London. 1967.
- 2) Murphy C, Cain WS and Bartoshuk L.M. : Mutual action of taste and olfaction, Sens Processes, 1: 204 - 211, 1977.
- 3) Murphy C and Cain W.S. : Taste and olfaction: independence vs interaction, Physiol Behav, 24: 601 - 605, 1980.
- 4) Gillan D.J. : Taste-taste, odor-odor, and taste-odor mixtures: greater suppression

- within than between modalities, *Percept Psychophys*, 33: 183–185, 1983.
- 5) Frank R.A., van der Klaauw N.J. and Schifferstein H.N. : Both perceptual and conceptual factors influence taste-odor and taste-taste interactions, *Percept Psychophys*, 54: 343–354, 1993.
- 6) Dalton P, Doolittle N, Nagata H. et al: The merging of the senses: integration of subthreshold taste and smell, *Nat Neurosci*, 3: 431–432, 2000.
- 7) 伊藤 輝子・桂 きみよ・飯野 久栄：視覚・嗅覚・聴覚の味覚判定能力に及ぼす影響，*日本味と匂学会誌*，4：511–514，1997.
- 8) 外崎肇一・上林 肇：味覚におよぼす嗅覚の影響，*日本味と匂学会誌*，2：247–250，1995.
- 9) Pfaffmann C, Bartoshuk LM, McBurney D.H. : Taste psychophysics. In LM Beidler (Ed.). *Handbook of sensory physiology*. Vol IV. Part 2. Taste. Springer-Verlag. Berlin. 75–101. 1971.
- 10) 印藤元一：ニオイ物質と化学構造. 新編感覚・知覚心理学ハンドブック (大山正・今井省吾・和氣典二編). 1367–1371. 誠心書房. 1994.
- 11) Scott T.R., Yaxley S, Sienkiewicz Z.J. et al: Gustatory responses in the frontal opercular cortex of the alert cynomolgus monkey, *J Neurophysiol*, 56: 876–890, 1986.
- 12) Yaxley S, Rolls E.T. and Sienkiewicz ZJ: Gustatory responses of single neurons in the insula of the macaque monkey, *J Neurophysiol*, 63: 689–700, 1990.
- 13) Thorpe S.J., Rolls E.T. and Maddison S: The orbitofrontal cortex: neuronal activity in the behaving monkey, *Exp Brain Res*, 49: 93–115, 1983.
- 14) Critchley H.D. and Rolls E.T. : Olfactory neuronal responses in the primate orbitofrontal cortex: analysis in an olfactory discrimination task, *J Neurophysiol*, 75: 1659–1672, 1996.
- 15) Rolls E.T., Critchley H.D. and Treves A: Representation of olfactory information in the primate orbitofrontal cortex, *J Neurophysiol*, 75: 1982–1996, 1996.