

甘味と旨味の味覚閾値における口腔内温度の影響

秦朝子 園田奈央 林友子 林静子 辻井靖子 田畑良宏

滋賀医科大学医学部看護学科臨床看護学講座

要旨

20～30 歳代の学生を対象に、異なる温度の蒸留水を用いて含嗽し口腔内温度を変化させ、味覚閾値に与える温度の影響について検討した。異なる温度の含嗽水による口腔内温度の経時的変化について調べた結果、口腔内温度は含嗽後、対数曲線に従って変化し、一定時間経過後の口腔内温度を推測し含嗽水の温度を調整することが可能と考えられた。口腔内温度を 10～50℃に変化させ、味覚検査は甘味にショ糖（スクロース）、旨味にグルタミン酸水素ナトリウムを用いて濾紙ディスク法を実施し、味覚閾値を測定した。その結果、甘味は口腔内温度が $29.2 \pm 6.7^\circ\text{C}$ の時に最も閾値が低く、旨味は $30.6 \pm 5.5^\circ\text{C}$ で味覚閾値の極小値を示した。甘味と旨味の味覚閾値には口腔内温度が影響していることが認められ、至適温度が 30°C 付近に存在する可能性が示された。以上のことから、食事の温度に配慮し口腔内温度を至適温度に保つことで甘味や旨味を増強させる効果が期待されると考えられた。

キーワード：味覚閾値、温度、熱雑音、確率共振

まえがき

食べるという行為は、人間が生命を維持していく上で必要不可欠な行為である。この行為において味覚は私たちに食物を選別させるという重要な役割を担っており、摂食行動の調節を通じて生活習慣病の主な要因である食生活習慣に大きな影響を及ぼしている。また、近年では味覚障害を訴える患者も増加しており¹⁾、美味しいものを美味しく食べることは健康に生きていく上で重要である。そのため、看護師は塩分や糖分の制限を指導するだけでなく、患者の味覚レベルを把握し、味覚閾値を低下させるような働きかけにより、食生活の改善、QOLの向上を目指す必要がある。

味の認知には嗅覚、温度感覚、視覚、触覚、痛覚などの感覚情報も関与するといわれている²⁾。これらの中で、温度感覚は味覚を左右する因子の一つであるにも関わらず、味覚と温度感覚との関係について検討を加えた研究は殆どない^{3) 4)}。そこで、本研究では食品そのものではなく、食品の影響を受ける口腔内温度を変化させることで、味覚閾値にどのような変化が生じるのかを実験的に検討した。味覚には塩味、酸味、甘味、苦味、旨味の5基本味があるが、本研究では甘味と旨味を指標に用いて味覚閾値に及ぼす口腔内温度の影響について検討を行った。

研究方法

1. 対象者

対象者は、味覚異常のない20歳代から30歳代の大

学生で、研究の趣旨に賛同を得たボランティア20名（男性5名、女性15名、平均年齢 22.8 ± 2.9 歳）とした。

2. 検査方法

1) 含嗽水の温度による口腔内温度変化の測定

異なる温度の含嗽水を用いての味覚閾値の測定に先立ち、異なる温度の蒸留水で含嗽をした際の口腔内温度の変化を測定した。この実験は5名の学生（22～23歳、女性）に実施した。実施方法は、まず通常の口腔内温度を、赤外線温度計（A&D Company, Limited ; INFRARED THERMOMETER）を用いて測定した後、異なる温度（0、10、20、30、40、50℃）の蒸留水で3回含嗽を行ない、その後開口状態で5秒ごとに口腔内温度の変化を前述の赤外線温度計で90秒間測定した。

その結果から口腔内温度を調節するために必要な含嗽水の温度を算出し、各口腔内温度での味覚閾値の測定に備えることとした。

2) 検査液の調整法

味覚閾値の測定のための検査液には、甘味としてショ糖（スクロース）、旨味としてグルタミン酸水素ナトリウム（ともに和光純薬工業株式会社製）を使用した。これら検査液の濃度は、それぞれ原液を蒸留水を用いて倍数希釈し、500、250、125、62.5、31.25、15.625、7.813、3.906、1.953、0.977mmol/Lの10段階の濃度の検査液を作成した。

3) 口腔内温度変化における味覚閾値の測定

味覚閾値の検査には、濾紙ディスク法を用いた。室温の蒸留水に浸した濾紙ディスク（ペーパーディスク 抗生物質検定用厚手 8mm；東洋濾紙株式会社製）を舌の先端中央（以下、舌尖とする）に置き、無味であることを確認後に味覚閾値の検査を行った。次に温度の異なる蒸留水を用いて含嗽し、口腔内温度を変化させたうえで、室温のショ糖溶液を含ませた濾紙ディスクを用いて甘味に対する味覚閾値を、グルタミン酸水素ナトリウム溶液（以下、グルタミン酸溶液とする）を含ませた濾紙ディスクを用いて旨味に対する味覚閾値を調べた。舌尖の味覚閾値は他部位よりも低いといわれていることから^{5,6)}、味覚閾値測定部位は舌尖とした。含嗽は検査の度に行い、方法については含嗽を3回反復することで統一した。

甘味閾値の測定は、最も低温の蒸留水で含嗽し、口腔内温度が 10、20、30、40、50℃の温度になると推測される時間経過後に室温のショ糖溶液をしみこませた濾紙ディスクを舌尖にのせ、開口状態で3秒間待機させ、味が判った時点で挙手させた。3秒経過しても味が判らなかつた場合は再び同温の蒸留水で含嗽をし、さらに濃い濃度のショ糖溶液へと移るという操作を反復した。甘味が認知できた時点の濃度を甘味閾値とし、蒸留水の温度を順次高い温度へと移行し、同様の操作を行なった。旨味閾値の測定においても同様に、検査は濃度の薄いグルタミン酸溶液から、含嗽は低温の蒸留水から始め、段階的に上げていった。旨味に関して

は、グルタミン酸溶液に浸した濾紙ディスクを舌尖に置き、5秒間に味を明確に特定することはできないが無味の蒸留水とは異なる何らかの味を認知した濃度を旨味閾値とした。なお、対象者に対しては、予見が入らないように事前に何の味を調べるかということは明らかにせず実施した。

3. 倫理的配慮

対象者には、研究の目的と研究内容及び本人の自由意志によりいつでも実験を中止できること、得られたデータは本研究以外の目的で使用しないことを説明し、同意を得た上で実施した。また、データの取り扱いについては個人を特定できないよう保管・統計処理を行ない、研究結果については後日公開することを伝えた。

4. 分析方法

含嗽水の温度変化に伴う口腔内温度の変化については、対象者5人の口腔内温度の平均値を求め、X軸に時間、Y軸に口腔内温度をプロットしカーブフィッティングを行った。

口腔内温度の変化に対する味覚閾値の測定に際しては、対象者ごとにX軸に口腔内温度、Y軸に味覚検査溶液の濃度をプロットしそれぞれカーブフィッティングを行なった。但し、そのグラフを表す関数から算出される味覚検査溶液の濃度の極小値がマイナスとなった例については異常値として除外し、甘味は19例、旨味は16例での検討となった。

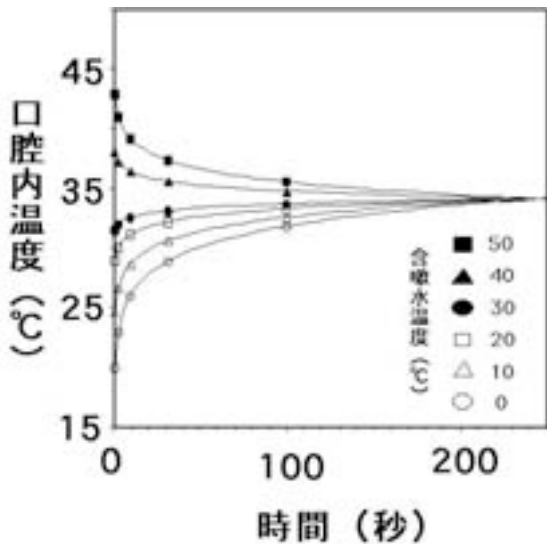


図1 含嗽水の各温度における口腔内温度
0~50℃の蒸留水で含嗽した後の口腔内温度の平均値 (n=5) の経時的変化を示す。縦軸に口腔内温度 (°C)、横軸に時間 (秒) を示した。

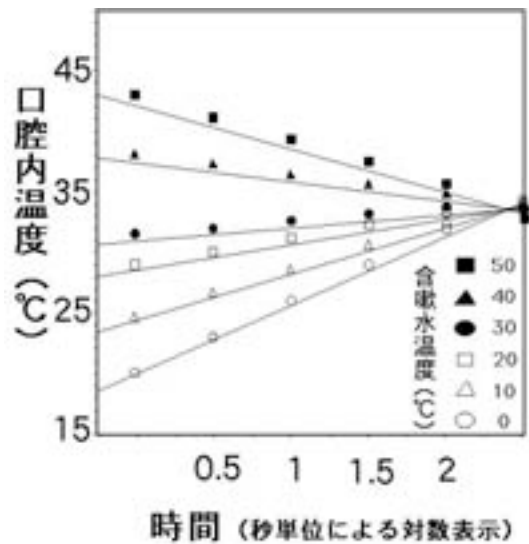


図2 含嗽水の各温度における口腔内温度の変化
0~50℃の蒸留水で含嗽した後の口腔内温度の平均値 (n=5) の時間毎の変化を示す。縦軸に口腔内温度 (°C)、横軸に時間 (秒) の対数を示した。

結果

1. 含嗽水の温度と口腔内温度

図1は、0℃から50℃の蒸留水で含嗽を行った後の口腔内温度の平均値を経時的に示したものである。どの温度の蒸留水でも含嗽後、時間の経過により一定の温度に近づく対数曲線を描いていた。

そこで、図1の時間軸(X軸)を対数表示したものを図2に示す。図2では、各温度で含嗽した後、それぞれの温度差は直線的に減衰していき245.57秒(図2では対数表示で2.39)で1点に交わっていた。

2. 口腔内温度と味覚閾値

口腔内温度をX軸にとり、その温度で認識したショ糖溶液濃度をY軸にとりグラフを描いたところ、2次関数で表される曲線で相関関係が良好であったため、全例で2次関数の曲線を図示したものを図3に示す。それぞれのグラフを表す2次関数から各対象者の極小値も算出することができた。全19例で甘味の味覚閾値が極小値を示す点の含嗽水の温度は29.2±6.7℃で、味覚閾値の極小値の平均は59.7±43.8mmol/Lであった。

図3と同様に、口腔内温度と旨味の味覚閾値の関係を示したグラフを図4に示す。全16例の旨味の味覚閾値が極小値を示すのは含嗽水の温度が30.6±5.5℃の時であり、その旨味閾値の極小値の平均は53.4±75.5mmol/Lであった。

考察

1. 含嗽後の口腔内温度の変化について

口腔内温度の測定法には、体温計のような接触型の温度計を用いたり、サーモグラフィーのような非接触型の温度計を用いたりと種々の方法がある。その中で本実験で用いた赤外線温度計は、非接触型であるため温度計と被測定物が相互作用を起さずに、また即時に0.1℃単位での計測が可能であった。そのため、より正確に口腔内温度の変化を捉えることができたと考えられる。

5人の被験者に行った実験で、異なる温度の蒸留水で含嗽した後の復温過程が減衰曲線で示されたことから、被験者が異なっても含嗽後はほぼ同じような経過時間で特定の口腔内温度になっていると考えられる。そのため、口腔内温度の変化を考慮し含嗽水の温度調整を統一した上で、図1でグラフの傾きが小さくなっている3秒以降を測定時間とし、味覚閾値の計測を行うことが可能と判断した。

2. 味覚に対する口腔内温度の影響について

図3や図4において、口腔内温度の違いによる甘味

や旨味の味覚閾値の変化は、いわゆるベル型応答を意味する凹型の放物線になることが示された。また、味覚閾値は温度の影響を受け、至適温度が存在する可能性が考えられた。温かい食べ物は温かい状態で、冷たい食べ物は冷たくして食べるのがおいしさの鉄則であるといわれているが、本研究結果では甘味は29.2±6.7℃、旨味は30.6±5.5℃と舌温付近で味覚閾値が低下していた。これは味覚は舌温付近(22~32℃)で最も感じやすい⁷⁾といわれていることによって支持さ

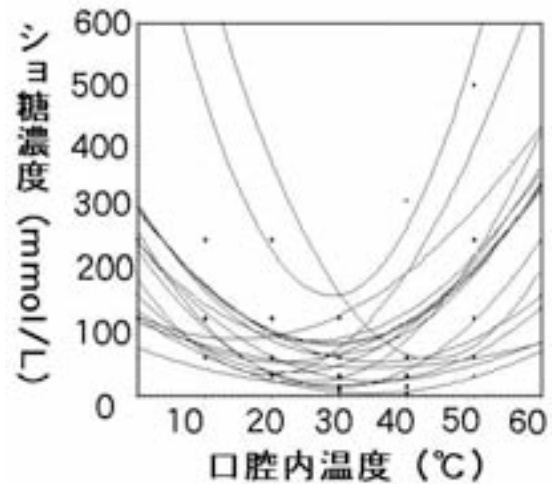


図3 口腔内温度と甘味閾値

被験者ごとに口腔内温度と甘味閾値を二次関数のグラフで示す(n=19)。横軸は口腔内温度(℃)、縦軸はその温度で知覚できたショ糖濃度(mmol/L)を示す。

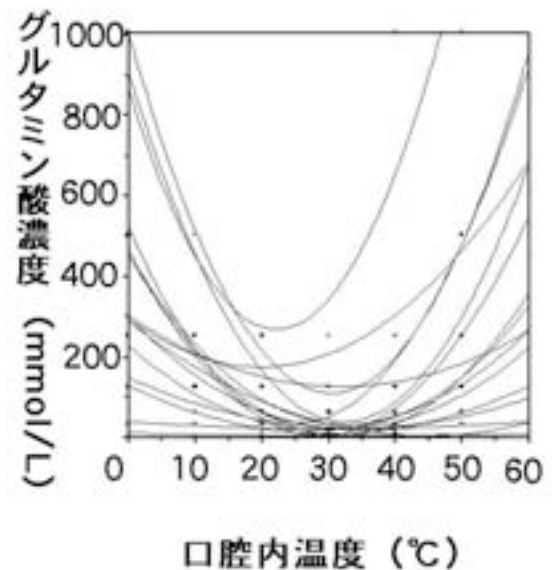


図4 口腔内温度と旨味閾値

被験者ごとに口腔内温度と旨味閾値を二次関数のグラフで示す(n=16)。横軸は口腔内温度(℃)、縦軸はその温度で知覚できたグルタミン酸濃度(mmol/L)を示す。

れると考える。これまでも、味覚検査液の温度により味覚閾値に影響を及ぼす可能性は、成田らによって報告されており、特に甘味に関しては味覚検査液の温度が30°Cで最低値を示したとされているが⁴⁾、本研究では甘味だけでなく旨味についても30°C付近に味覚閾値の至適温度が存在する可能性が明らかとなった。

味覚は、味蕾内の味細胞に存在する味覚受容体に味物質が結合することによって発生するシグナルがシナプスを介し味神経に伝わり、味覚中枢へと伝達されることによって味として認識される。今回の研究結果から、味覚閾値は口腔内温度の影響を受けることが示された。その要因として、味細胞を含む信号伝達路における温度の影響や中枢大脳領域の投影時の熱感覚の影響が考えられる。すでに、神経細胞のような閾値発火素子に閾値以下の信号とともに雑音を与えると、雑音のエネルギーを借りて確率論的なサンプリングを起こし、本来検出できない閾値以下の信号を検出できるようになることや、感覚器アレイを構成する閾値発火素子にそれぞれ無相関な雑音を与えれば、閾値以下の信号波形を伝送することが知られており、下澤^{8,9)}の研究では、感覚器と神経における熱雑音による確率共振の影響が昆虫において明らかにされている。これらの原理は、人間においても当てはまる可能性が高いと推測される。また、舌の神経構造として体性感覚神経線維と、味蕾からの味覚神経線維が近い場所を通っていることから、味覚は熱雑音の影響を受けやすいと考えられる¹⁰⁾。また、脳においても痛覚、温度覚、触覚、深部感覚を受けもつ中枢体性感覚神経野と味覚野が近い場所にある。これらのことから、本研究においても確率共振の現象で必須条件とされているベル型応答が2次曲線として示され、含嗽水による熱雑音に加わったことにより、確率共振の現象が起こり味覚閾値の低下が見られたのではないかと考える。

1990年頃より物理学や信号処理の学問領域で、閾値が存在する非線型現象において、通常は検出されない微弱な信号周期(ノイズ)を適度に加えた際に、本来閾値以下で認識されない信号が認識可能になり、それ以上の強いノイズでは障害になる至適値を持つベル型応答を示す現象の存在が発見され、この現象は確率共振と呼ばれている。生体感覚は閾値を持つ現象であり、例えば料理等に少量の塩を加えることで甘味が倍増するように、一見害になると考えられる物質であってもあえて利用し有益になる現象は多数存在すると考えられる。本実験では確率共振の原理であるノイズの役割を、含嗽水による熱雑音が果たし、味覚閾値を低下させ味に敏感になったと考えられる。

3. 味覚と看護について

看護師は、疾患により食事制限が必要な患者に対し、単に制限を強いるのではなく、患者が継続しやすいような食事のとり方で指導することも必要である。

本実験において、味覚閾値の変化に温度刺激が関与していることが明らかとなった。温度刺激を加えることで、少量のショ糖であっても、より鋭敏に甘味刺激を感じることができ、糖分の摂取量を減らすことが可能となる。味覚閾値が最も低下する温度で食事の提供をすることで、制限食によってもたらされる苦痛を軽減できる可能性もある。あるいは食事だけでなく食事前の含嗽水の温度調節等により旨味を増強し美味しく食事を楽しむことも可能となると考えられる。また、服薬などの際に水の温度を変えることで味覚閾値を上昇させ、服薬に伴う苦味などの苦痛を軽減できる可能性も考えられるため、今後も他の味覚についても検討する必要がある。

結論

20~30歳代の学生20名を対象に、異なる温度の蒸留水を用いて含嗽し口腔内温度を変化させ、甘味と旨味の味覚閾値の変化を調べた。その結果、甘味は口腔内温度が $29.2 \pm 6.7^\circ\text{C}$ 、旨味は $30.6 \pm 5.5^\circ\text{C}$ で味覚閾値の極小値を示した。甘味と旨味の味覚閾値には口腔内温度が影響していることが認められたことから、食事に際し口腔内温度を至適温度に保つことで甘味や旨味を増強させる効果が期待され、看護に活用できると考えられた。

文献

- 1) 富田寛：なぜ日本で味覚異常が増えているのか。医学のあゆみ, 183(4), 278-279, 1997.
- 2) 森憲作：分子を感じる；受容体から情動の神経機構まで。細胞工学, 21(12), 1418-1419, 2002.
- 3) Mcburney D.H., Coolings V.B., Glanz L.M. : Temperature dependence of human taste responses. Physiology and Behavior, 11, 89-94, 1973.
- 4) 成田達哉, 成田浩実, 岩崎洋子, 塩田洋平, 斉藤邦子, 瀧澤朋章, 土田桂, 佐藤仁, 岩崎克彦, 吉川英一, 祇園白信仁：味覚検査液の温度が味覚閾値に及ぼす影響(第1報)20歳代健常有歯顎者。日大歯学, 80, 75-81, 2006.
- 5) 丸山郁子, 山口静子：濾紙ディスク法による舌各部位における味覚感度。日本味と匂学会誌, 1, 320-323, 1994.
- 6) 澤田真人：味覚閾値測定ならびに味覚閾値に影響する要因に関する研究。口腔病学会雑誌, 71, 28-41,

- 2005.
- 7) 山本隆：脳と味覚—おいしく味わう脳のしくみ—
第1版. 29, 共立出版, 東京, 1996.
- 8) 下澤楯夫, 村上準：昆虫の神経系は熱雑音をも利用して感度を上げている. 電子科学研究, 6, 85-89, 1998.
- 9) 下澤楯夫：神経系は熱雑音をも利用する. 生物物理, 40(3), 156-161, 2000.
- 10) 中島清人, 勝川秀夫, 碓哲崇, 杉村忠敬：味覚受容機構における分子生物学的急展開. 岐阜歯科学会雑誌, 30, 172-182, 2004.

Examination of the influence of oral cavity temperature on the taste of sweetness and umami

Tomoko Hata, Nao Sonoda, Tomoko Hayashi, Shizuko Hayashi,
Yasuko Tsujii and Ryoko Tabata

Shiga University of Medical Science

We examined the influence of temperature in the oral cavity on the taste of sweetness and umami. Twenty female and male volunteers, ranging from 20 to 30 years old, participated in this study. Subjects changed their oral cavity temperature by rinsing with hot or cold water and the minimal concentration (threshold) of sugar as sweetness and sodium glutamic acid as umami was measured using filter paper immersed in these materials. The threshold decreased with decreasing temperature and the minimal concentration was at $29.2 \pm 6.7^\circ\text{C}$ for sweetness and $30.6 \pm 5.5^\circ\text{C}$ for umami. Over these temperatures, sense concentration increased and showed a concave bell-shaped curve. This phenomenon may depend on stochastic resonance in which thermal noise originating from the heart in the nerve system was useful to recognize the signal. We therefore need to be aware of food temperature to maximize the taste.

Key words : Taste of sweetness and umami, Temperature, Thermal noise, Stochastic resonance