

## 5. 研究内容および研究成果の概要

食行動は身体に足りない栄養素を補給し、生命を維持する上で最も基本的な行動である。この食行動を調節している機能は口腔内感覚、特に味覚である。

食物中に含まれる味物質を検知する能力である味覚感受性は、味物質の化学・物理的性質だけではなく、味わう人の生理状態にも強く依存する。例えば、登山やマラソンを行い肉体的に疲労すると、梅干やレモンなどの酸っぱいものが一段と美味しく感じられたり、飴やチョコレートなど甘いものへの欲求が強まったりする。我々は疲労による生理状態の変化が味覚感受性を変化させることを日常的に経験している。しかし、疲労による味覚感受性の変化について定量的な解析はこれまでにほとんど行われていない。そこで、本研究は疲労による身体の生理的な変化が味覚感受性に与える影響を定量的に算出することを目的とする。

これまでに様々なストレスが味覚に与える影響について調査されているが、それらの多くは精神的疲労に関するものである。運動性疲労による味覚の変化については少数報告されているものの、それら実験における運動負荷は軽度且つ短時間である。そのため、被験者が真に疲労したとは言い難い。つまり、負荷が微弱なため、疲労による影響が見落とされている可能性が考えられる。そこで、本研究では高強度の運動負荷を被験者に課した際に味覚感受性がどの程度変化するかを調査した。

食物の味は塩味、苦味、酸味、うま味と甘味の基本五味から構成される。このうち嗜好度味質である甘味と、忌避性味質である苦味に着目した。また、高強度の運動負荷として 36 km の山道歩行を被験者に課し、疲労度と味覚感受性の変化を調査した。

## 実験方法

### 1. 被験者

13名の健康な成人男女(29.8 ± 6.9歳)を被験者とした。本実験の実施にあたり、倫理面や個人情報保護への配慮を盛り込んだ実験計画書を作成し、京都大学大学院農学研究科・農学部実験倫理委員会の承認を受け、全被験者から実験参加同意書を得た。

### 2. 運動負荷

被験者には運動負荷として 36 km の山道歩行を課した。測定は 0、16、25、36 km の 4 地点で行った。官能検査直前における急激な疲労を排除するために、平坦な道を歩行したのち測定地点を設けた。被験者は測定地点到着後、直ちに検査を行った。本実験は長時間に渡り被験者を拘束したため、飲食物の摂取制限は行わなかった。ただし、官能検査への影響を考慮し、検査前 1 時間は水以外の摂取を禁止した。山道歩行は 4:00 に出発し、16:00 に到着した。16、25、36 km 地点ではそれぞれ 9:00、12:00、16:00 に検査を行った。出発が早朝であったため、0 km 地点での測定は前日の 16:00 に行った(到着時刻の 24 時間前)。

### 3. 官能検査

各地点における自覚疲労度、味強度、嗜好度を回答させた。自覚疲労度、味強度の測定には Visual Analog Scale を用い、左右端に「弱」「強」と記した 100-mm のスケール上に印をつけさせた。嗜好度の測定は評点法を用い、「好き (+2)」、「やや好き (+1)」、「好きでも嫌いでもない (0)」、「やや

嫌い (-1)、「嫌い (-2)」の5段階で評価させた。

甘味溶液として 100、300 mM スクロース、苦味溶液として 0.01、0.03 mM キニーネ塩酸塩 (QHCl) を用いた。サンプル溶液 30 mL をプラスチック製コップに入れ、外気温にて被験者に提示した。検査を行う前、また異なる溶液を口に含む前には必ず口を水ですすぐように指示した。洗口用及び溶液調製用溶媒として蒸留水 (Elix 水、Millipore 社) を使用した。スクロース、QHCl は Nacalai Tesque 社製特級試薬を用いた。さらに、万歩計 (Walking Style HJ-7101T、オムロン社製) を用いて歩行数と消費エネルギーも計測した。尚、測定時の気温、湿度はそれぞれ  $12 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $43 \pm 7\%$  であった。

#### 4. 統計処理

統計解析は Prism 4.0a software (Graph Pad Software 社製) を用いて、一元配置分散分析及び Dunnett's test を行った。データは平均値 $\pm$ SEM で示した。有意水準は 0.05 以下とした (\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )。

### 実験結果

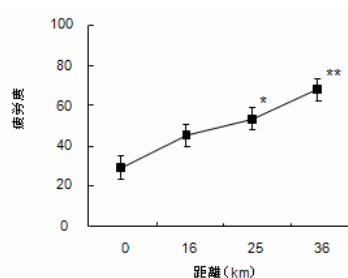


図1 疲労度の変化

被験者は 36 km の山道を 12 時間かけて走破した。歩数から計算された被験者の平均消費エネルギーは  $4468 \pm 243$  kJ であった。自覚疲労度は歩行距離の増加に伴い上昇し、スタート地点に比べ、25、36 km 地点で有意に高値を示した (図 1)。

#### 1. 甘味溶液に対する味覚感受性の変化

スクロース溶液に対する味強度の変化を図 2A、嗜好度の変化を図 2B に示した。各測定地点間の味強度、嗜好度に有意な差は見られなかった。しかしながら、嗜好度に関して 100 mM と 300 mM 溶液で異なる挙動を示した (図 2B)。100 mM 溶液の場合、嗜好度は 25 km 地点まで上昇したが、36 km 地点でベースラインまで減少した。一方で 300 mM スクロース溶液に対する嗜好度は疲労度の上昇とともに増加し、疲労度が最も強い 36 km 地点で最も高い嗜好度を示した。また、0 km 地点では被験者は 300 mM よりも 100 mM スクロース溶液を強く嗜好していたのに対し、36 km 地点では 100 mM よりも 300 mM 溶液に対する嗜好度が上回っていた。

#### 2. 苦味溶液に対する味覚感受性の変化

図 3 に QHCl 溶液に対する味強度及び嗜好度の変化を示した。各測定地点間の味強度、嗜好度に有意な差は見られなかったが、値の変動が見られた。スタート地点に比べ、16 km 地点での味強度はわずかに低下し、25 km 地点では増加に転じた。しかしながら、36 km 地点では再び味強度が低下し、値が上下に変動した (図 3A)。また、味強度が低い地点では、嗜好度が高く、味強度の高い地点では嗜好度が低くなる傾向が見られた (図 3B)。この傾向は 0.01、0.03 mM QHCl 溶液の両者

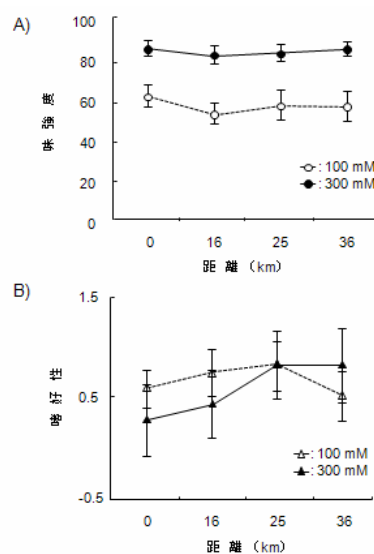


図2 甘味溶液に対する味強度(A)と嗜好性(B)の変化

に共通して見られた。

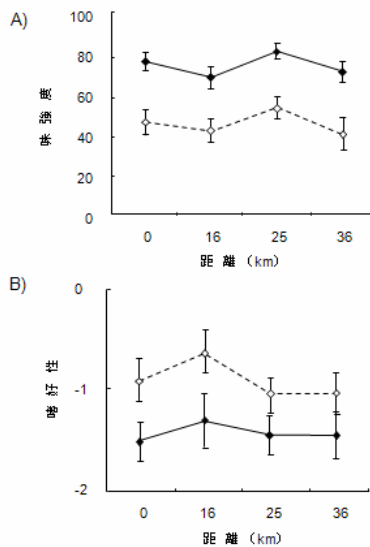


図3 苦味溶液に対する味強度(A)と嗜好性(B)の変化

## 考 察

これまでに疲労と味覚に関する研究がいくつか行われているが、いずれの場合も運動強度が弱く、疲労による影響が完全には現れない可能性が考えられた。そのため、本研究ではより高い強度の運動を被験者に課し、味覚感受性がどのように変化するかを検討した。その結果、疲労が味覚感受性に影響を及ぼし、さらに、影響の受け方が味質により変わる可能性が考えられた。

精神的ストレスと物理的ストレスの前後での味覚感受性の変化を調べた報告によると、精神的ストレスを負荷した後では苦味、酸味、甘味に対する後味持続時間の減少と苦味に対する最大味強度が減少し、運動ストレス負荷後では酸味で後味の持続時間と最大味強度が低下することが報告されている<sup>1)</sup>。また、Horioらは運動負荷による嗜好度と閾値の変化を調査している。甘味と酸味に対する嗜好度は運動後上昇したにもかかわらず、塩味、苦味、うま味に対する嗜好度は変わらなかった。また、すべての味溶液に対する閾値は運動前後で変化しなかったと報告している<sup>2)</sup>。このように、同じ強度のストレスを与えたとしても影響の受け方は味質の種類により異なる可能性が考えられる。

本研究においても、これら報告と類似した結果が得られた。甘味溶液に対する感受性では味強度が一定であったにもかかわらず、疲労に応じて嗜好度が変化し、さらにその挙動は濃度により異なっていた。一方、苦味溶液においては、味強度が低い地点では嗜好度が高く、味強度の高い地点では嗜好度が低くなる傾向が見られた。このように、甘味と苦味で異なる挙動が観察された。特に、甘味において、入力情報(味強度)が一定であるにもかかわらず、嗜好度が変化するのは大変興味深い。

味質の種類により影響の受け方は異なる可能性として、各味質が栄養学的に異なる意味を持つからだと考えられる<sup>3)</sup>。一般的に忌避性味質である苦味と酸味はそれぞれ毒物、酸味は未熟のシグナルであり、嗜好度味質である塩味、うま味、甘味はそれぞれ、ミネラル、タンパク質、エネルギー源を示すとされる。従って、影響が異なるのは身体の生理状態に応じて、それぞれの味質に対応した物質を効率的に取り入れるための選択的な制御機構が働いていると考えられる。しかしながら、現段階ではこのメカニズムを説明することができない。ただし、感受性の変化が短時間で生じていることから、味を検出する末梢の細胞レベルの変化ではなく、味を認識するより高次レベルにおいてこのようなメカニズムが制御されていると考えられる。

本研究において、運動負荷の際被験者に対し食事制限を課さなかった。従って、摂取した食物の影響は無視できない。特にエネルギーの補給は味覚感受性に影響を及ぼす可能性がある。また、官能検査は測定方法や被験者属性に強く依存することが知られている。従って、今後は摂取エネルギー量や性別、年齢、運動経験なども考慮して研究を進めていく予定である。

## 文 献

- 1) Nakagawa M, Mizuma K and Inui T: Changes in taste perception following mental or physical stress. *Chem. Senses*, **21**, 195-200 (1996).
- 2) Horio T and Kawamura Y: Influence of physical exercise on human preferences for various taste solutions. *Chem. Senses*, **23**, 417-421 (1998).
- 3) Ishimaru Y. Molecular mechanisms of taste transduction in vertebrates. *Odontology*, **97**, 1-7 (2009).