

光トポグラフィーによる味覚の評価

小川恒夫^{1*}, 木本早紀¹, 川北久美子¹, 小田 誠²,
黒木雄太², 布施泰史², 六車三治男¹

¹南九州大学 管理栄養学科; ²宮崎県工業技術センター

2015年10月1日受付; 2016年2月1日受理

Evaluation of the Taste Using Optical Topography

Tsuneo Ogawa^{1*}, Saki Kimoto¹, Kumiko Kawakita¹, Makoto Oda²,
Yuta Kuroki², Yasufumi Fuse², Michio Mugeruma¹

¹Department of Nutrition Management, Minami Kyushu University, 5-1-2 Kirishima, Miyazaki,
880-0032 Japan; ²Miyazaki Prefecture Industrial Technology Center, 16500-2
Higashikaminaka, Sadowara, Miyazaki 880-0303, Japan

Received October 1, 2015; Accepted February 1, 2016

The neural activity of the frontal lobe during ingestion of five basic tastants (substances that stimulate the sense of taste) was investigated in two subjects, a female in her twenties and a female in her forties by measuring oxidized hemoglobin concentrations (oxy-Hb) using a near-infrared spectroscopic topography (optical topography). When the same tastants were repeatedly ingested with the condition that the content was known by participants in advance, the oxy-Hb in the second test was higher than that in the first test and oxy-Hb in the third test was higher than that in the second test in most of the five tastants. Relation between preferences of the taste and oxy-Hb was investigated. Oxy-Hb ingesting tastants with favorite taste or unfavorable taste was higher than that ingesting moderate taste in the female in her twenties. However, in the female in her forties, with the increase in the preference of the taste, oxy-Hb increased in a stepwise manner. High oxy-Hb was seen always in the same place of the frontal lobe when ingesting sweet, salty and umami tastants. However, high oxy-Hb was seen in different places in the frontal lobe each time the participant ingested tastants such as sour or bitter. In an experiment of ingesting six different tastants successively, oxy-Hb levels were similar during the ingestion in a condition that the content was known by participants in advance while oxy-Hb levels fluctuated largely in ingesting these six tastants when the content was not known before the ingestion. From the results above, the neural activity during the ingestion of different kinds of tastants was influenced by many factors such as repetition of the ingestion, preference of the taste and perception of the tastants content in advance. These techniques of measuring the neural activity in the frontal lobe during ingestion of tastants may be useful in development of new foodstuffs or food products, and nutrition counselling based on the information obtained by the near-infrared spectroscopic topography.

Key words: a near-infrared spectroscopic topography, sense of taste.

緒 言

味覚には5種類の基本味があるが、それぞれの味覚を引き起こす物質が異なっている。甘味は糖質、ケト

ン、アルコール、塩味はナトリウムイオン、酸味は水素イオン、苦味はキニーネ、ニコチン、カフェイン、旨味はグルタミン酸などが味覚惹起物質と考えられている。これらの味覚を引き起こす物質が舌表面の舌乳頭(茸状乳頭、葉状乳頭、有郭乳頭)に接すると、舌乳頭の味蕾という組織にある味覚細胞で電気信号に変えられる。ここで変換された電気信号は、顔面神経お

*連絡著者: 〒880-0032 宮崎市霧島5丁目1-2 南九州大学管理栄養学科; Tel, 0985-83-3564; Fax, 0985-83-3560

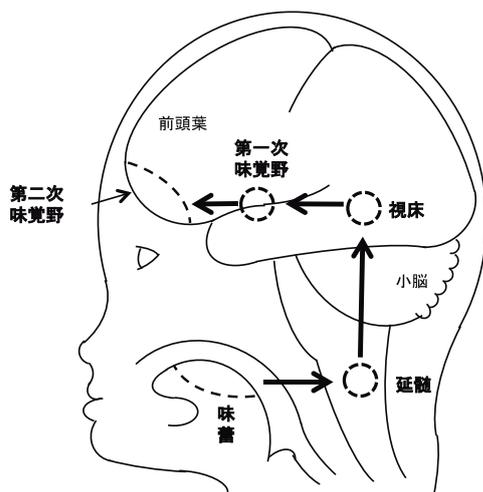


図1. 味覚伝導路

よび舌咽神経によって延髄の孤束核へと伝えられ、そこから別の神経線維を伝わり視床、さらに大脳皮質の外側溝内面にある島皮質の第一次味覚野へと伝えられ、ここで味覚を自覚する¹⁾(図1)。さらに、その情報は前頭葉の眼窩前頭皮質および前頭前皮質の内側部にある第二次味覚野へと伝えられるが、ここでは、過去の味覚の記憶や視覚・聴覚などの情報と統合され、食物の認知や好き嫌いなどが判断されると考えられている²⁻⁴⁾。

脳内の味覚野の働きを明らかにするためには脳内の神経活動を記録する必要がある。脳内の神経活動の記録に関しては、今まで様々な方法で行われてきた。最も古くから行われてきた脳波検査は神経細胞の微細な電気活動を脳の表面で記録する方法であるが、測定中に体を動かすと筋電図の影響が出てしまうため、味覚測定用溶液を摂取しながら神経活動を測定するには不適当である。脳の神経活動の亢進に伴い増加する脳血流の変化を測定する方法として、機能的磁気共鳴画像診断装置(fMRI)や陽電子放射断層撮像法(PET)などが最近行われるようになってきている。fMRIは強力な磁場の中で検査するため、大がかりな装置が必要で、心臓ペースメーカーや金属製の人工弁を装着していると検査を受ける事ができないなどの制限がある。PETは放射性同位元素を用いるため、微量ながらも放射線の被曝を伴い、誰に対しても気軽にできる方法とは言い難い。近年、小型の機械によって非侵襲的に脳機能を評価できる光トポグラフィー装置が使用される様になっている。しかも、この装置では微細な電流を測定する脳波検査とは異なり、検査中に味覚検査用溶液を摂取するなどの作業を行う事も可能である。光トポグラフィーでは、赤血球中の酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)に吸収されるという性質をもつ近赤外線を使って脳の活動を測定している。神経細胞の周りにあって神経細胞を支持しているグリア細胞が、脳の局所的な神経活動の亢進を感知し、血管拡張を引き起こすことにより毛細血管の血流が増加する。この血流

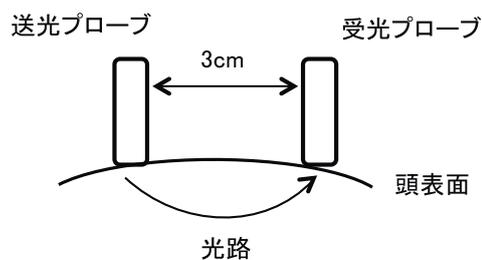


図2. 光トポグラフィーの測定原理

増加によって、酸素の供給が組織での酸素消費に比べて過剰となり、局所のoxy-Hb濃度が上昇する⁵⁾。頭皮上に装着した送光プローブから近赤外線を照射すると、この光の一部は大脳表面の組織を通して照射点より数センチ離れた頭皮上に戻ってくるので、反射光が頭皮にもどってきたところを受光プローブを使って受信する(図2)。脳の神経活動が亢進し、脳表面の毛細血管の血流が増加し、脳表面の組織中のoxy-Hbが増加すると、近赤外線の脳表面で吸収される量が増加し、反射光の近赤外線量が低下する。光トポグラフィーでは、この原理を使って脳表面の神経活動を測定している。

測定には、測定範囲に応じて、複数個の送光プローブと受光プローブを交互に配置したホルダーを頭部の表面につけることにより、目的とする頭部表面の広い範囲にわたってoxy-Hb濃度の変化を測定する事が可能である。この方法では、脳の表面のoxy-Hb濃度の変化は測定できるが、脳の深部のoxy-Hb濃度の変化は測定できない。そのため、大脳外側溝内部の島皮質に位置する第一次味覚野の神経活動は、光トポグラフィーでは評価できない。しかし前頭葉の第二次味覚野は脳表面から測定可能であり、味覚に対して前頭葉がどのように反応しているかを評価することができる。今回我々はこの装置を使用して、味覚検査用の溶液を様々な条件のもとで摂取した際の第二次味覚野の反応状態を観察した。

方法

1) 対象者

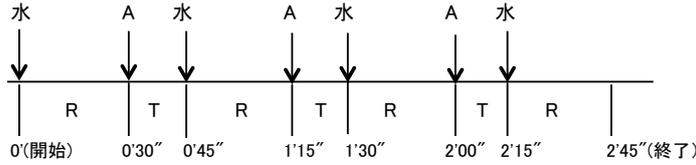
20代女性(20F)および40代女性(40F)の2名。本研究はヘルシンキ宣言の精神に則り、南九州大学倫理委員会の承認を得て実施した。

2) 実験プロトコール(図3)

実験を始める前に、5味に対する嗜好について、嫌い、やや嫌い、ふつう、やや好き、好きの5段階で答えてもらった。その後、下記の2種類のプロトコールにしたがって、味覚検査用の溶液を摂取し、光トポグラフィーにて頭部前面の血流変化を測定した。

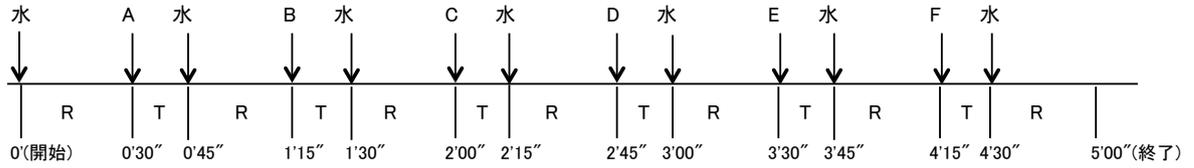
実験1: 光トポグラフィーの測定準備が完了した後、

実験1



同じ溶液 (A) を合計3回摂取. A 液が終了後, 別の溶液でも同じ操作を行った. 実験1では溶液の内容を被験者に伝えてから実験を行った. Rはレスト, Tはタスク.

実験2



A~Fの異なった溶液を順に摂取. 実験2では溶液の内容を被験者に伝えた場合と伝えない場合との2通りの方法で実験を行った. Rはレスト, Tはタスク.

図3. 実験プロトコール

水を約8ml ストローで口に含んだ後, 数秒後に飲み込み, 水を口に含み始めてから30秒間が経過するまで安静にした (レスト). 次に溶液の内容を伝えられた状態で味覚検査用溶液約8ml をストローで口に含み15秒後に飲み込んだ (タスク). その後, 同じ操作 (レストとタスク) を2回繰り返した (タスクは合計3回施行). 最後に30秒間のレストを行い, 一つ目の味を終了した. 約1分間の休憩後, 次の味について同じ操作を行った (甘味, 塩味, 酸味, 苦味, 旨味の5種類の味について行った).

実験2: 光トポグラフィーの測定準備が完了した後, 水を約8ml ストローで口に含んだ後, 数秒後に飲み込み, 水を口に含み始めてから30秒間が経過するまで安静にした (レスト). 次に一つ目の味覚検査用溶液を約8ml ストローで口に含み15秒後に飲み込んだ (タスク). その後30秒間のレストの後, 2番目の味覚検査用溶液でタスクを行った. この様にしてレストとタスクを繰り返すことにより, 合計6種類の味覚検査用溶液についてのタスクを行ない, 最後に30秒間のレストを行って終了した. 実験2では, 旨味溶液はグルタミン酸ナトリウムのみとグルタミン酸ナトリウムにイノシン酸ナトリウムを加えた溶液の両方で実験を行った. また実験2では, 各溶液の内容を予め被験者に伝えた場合と伝えなかった場合の2つの方法で実験を行った.

ここで, 実験に使用した水および味覚検査用溶液の水温は約10℃とした. 甘味は5% 蔗糖, 塩味は0.4% 塩化ナトリウム, 酸味は0.02% 酢酸, 苦味は0.001% 硫酸キニーネを使用した. 旨味に関しては, 実験1では0.2% グルタミン酸ナトリウム溶液を, 実験2では, 0.2% グルタミン酸ナトリウム溶液のみと, グルタミン酸ナトリウムにイノシン酸を加えた混合溶液 (最終

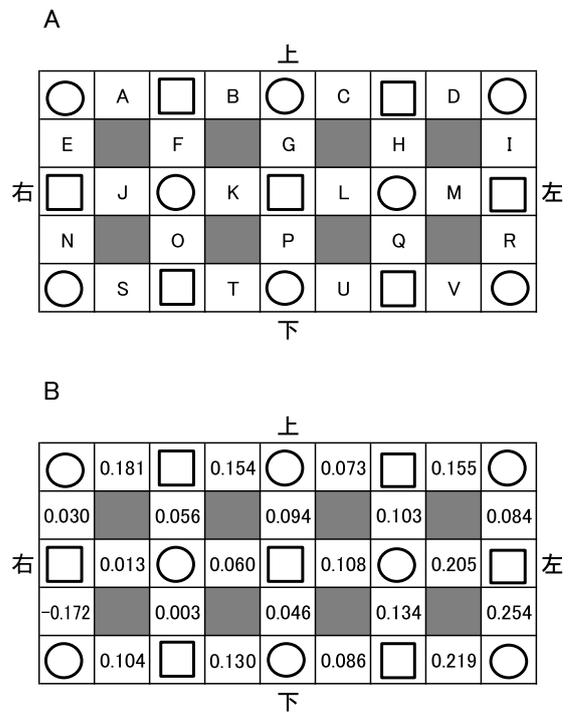


図4. チャンネル配置図

○は送光プローブを, □は受光プローブを示す. 図A: アルファベットは測定チャンネルを示す. 図B: 40代女性の塩味摂取時の値を例として示した. 酸素ヘモグロビンが高い順に抽出すると R:0.254, V:0.219, M:0.205 の3つとなる.

濃度はグルタミン酸ナトリウムが0.2%, イノシン酸が0.02%) の両者で実験を行った. 上記の実験はすべて座位, 閉眼の状態で行った.

3) 計測方法

計測には日立メディコ社の光トポグラフィー装置

(OT-R40) を使用した。頭部に装着するホルダーについては 3×5 にプローブを配置した前頭部用のホルダーを使用した (図 4A)。室温 23°C の静かな部屋で、安静座位の状態の前頭部にホルダーを装着し、すべてのチャンネルで正常に近赤外線を受講できることを確認し実験を開始した。本装置では 830 nm の近赤外線を使用し、 0.1 秒間隔で oxy-Hb 濃度を測定した。

4) 解析方法

解析については PCA (Principal Component Analysis) を使用した。結果は、レストの状態をベースラインとして味覚検査用液を摂取するという「タスク」によって引き起こされる oxy-Hb 濃度の変化量を求め、15 秒間のタスクの間の変化量の平均値を計算した。単位は、光路 1mm あたりの近赤外線の変化量を mM/mm として表すのが理想的である。しかし、送光プローブから受光プローブまでの光路長は乱反射などがあり測定不可能なため、光路長を含んだ単位として $\text{mM}\cdot\text{mm}$ で表す事が一般的になっており、今回もこの方法で結果を示した。図 5 に実際の oxy-Hb 濃度の変化のグラフを一例として示している。味覚測定用溶液の摂取というタスクの開始から oxy-Hb 濃度が上昇するまでと、タスク終了後から oxy-Hb 濃度が低下するまでに、数秒から $5 \sim 6$ 秒の時間の差が見られた。送光プローブと受光プローブに位置する 22 カ所の測定チャンネルに A から V まで名前をつけ、それぞれのタスクについて前頭部の各部位の oxy-Hb 濃度の変化量の平均値を図に表した。図 4B に塩味溶液の摂取時の結果を例として示した。22 カ所のチャンネルにおいて oxy-Hb 濃度の変化量の平均値が高い順に 3 ヶ所を抽出し、その部位 (A から V) と oxy-Hb 濃度の変化量の平均値について検討を行った。この論文では、以後 oxy-Hb 濃度の変化量の平均値を “oxy-Hb” と表記する。

結果

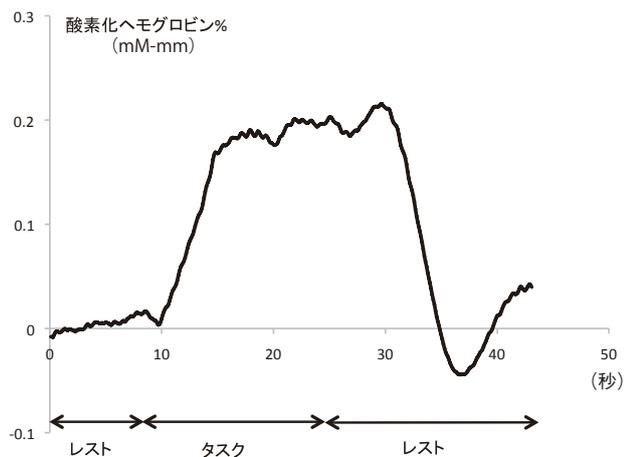


図 5. 味覚測定用溶液を摂取したときの酸素化ヘモグロビン濃度の変化の一例

1) 味の好み

2 人の被験者に 5 味に対する好みを嫌い・やや嫌い・普通・やや好き・好きの 5 段階で評価してもらった。20F は、甘味：好き、塩味：やや好き、酸味：ふつう、苦味：嫌い、旨味：好きとの結果となった。40F は、甘味：やや好き、塩味：ふつう、酸味：やや好き、苦味：や

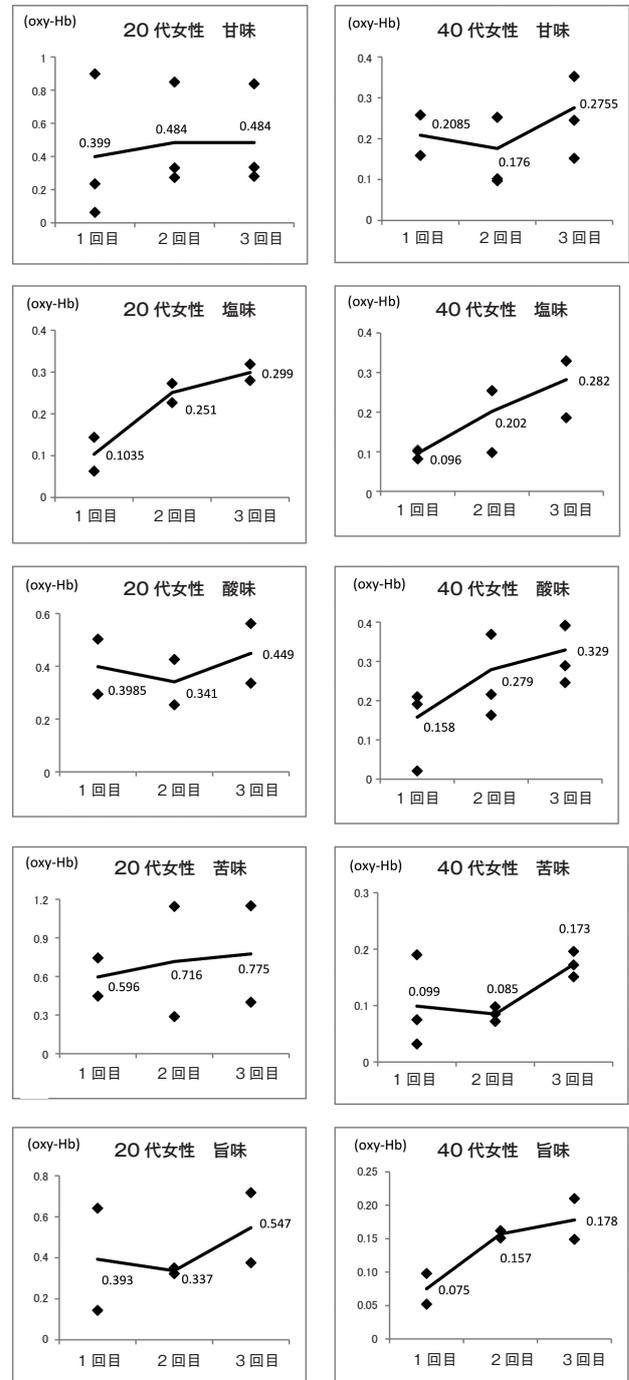


図 6. 同じ味覚検査液を繰り返し摂取した時の酸素化ヘモグロビン濃度

それぞれの味覚検査溶液を摂取した時に最も高値を示した酸素化ヘモグロビン値を抽出し、点で示した。平均値を結んだ線を折れ線で示した。グラフ内の数値は平均値を表す。oxy-Hb: 酸素化ヘモグロビンの変化量。

や嫌い, 旨味:ふつうとの結果となった。

2) 同一の味覚検査用溶液を繰り返し摂取する実験

この実験は, 味覚検査用溶液を摂取する前に被験者に溶液の内容を伝えてから測定を行った。

①それぞれの味覚検査用溶液を摂取したところ, おおむね1回目に比べて2回目が, 2回目に比べて3回目において, “oxy-Hb”は高値を示した(図6)。

②味覚の嗜好と“oxy-Hb”との関係を見ると, 20Fでは, 普通, やや好きと感じている酸味, 塩味は0.449, 0.299と低かったが, 嫌いと感じている苦味は0.755, 好きと感じている甘味, 旨味は0.484, 0.547と高値を示した。40Fについては, やや嫌いと感じている苦味が0.173と最も低く, 普通と感じている旨味, 塩味が次に高く, やや好きと感じている甘味, 酸味が0.276, 0.329と最も高かった。(図7)

③今回測定したチャンネルを右上, 右下, 中上, 中下, 左上, 左下の6ヶ所のグループに分け, それぞれの味

覚検査用溶液を摂取したときに“oxy-Hb”が高値を示した場所を, その値が高い順に3ヶ所抽出し, それらが上で区分したどの部位に主に認められるかを調べた(表1)。ただし, 右の上下にまたがった場合は「右」, 真ん中の下を中心として左右の下に反応が見られた場合を「下」と表記した。甘み, 塩味に関しては, おおむね20Fでは前頭葉の右側, 40Fでは前頭葉の左側で“oxy-Hb”が高値を示した。酸味, 苦みに関しては, 味覚検査用溶液を摂取するたびに, 前頭葉の異なった部位の“oxy-Hb”が高値を示した。

3) 異なった味覚検査用溶液を順番に摂取する実験

摂取前にそれぞれの溶液の内容を被験者に伝えた場合(認識有り)と, 伝えなかった場合(認識無し)の2種類の実験を施行した。

①認識有りの場合, 異なった溶液を摂取しても, “oxy-Hb”は溶液間で大きな変化は見られなかった。しかし認識無しの場合, 摂取する溶液によって,

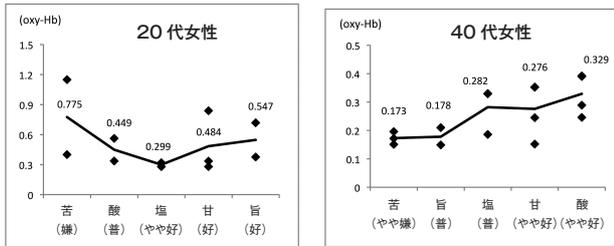


図7. 味の嗜好と酸素化ヘモグロビン濃度

それぞれの味覚検査溶液を摂取したときに最も高値を示した酸素化ヘモグロビン値を抽出し点で示した。平均値を結んだ線を折れ線で示した。グラフ内の数値は平均値を表す。oxy-Hb: 酸素化ヘモグロビンの変化量。

表1. 酸素化ヘモグロビン濃度が高値を示した部位 (溶液の内容を伝えた状態で同じ溶液を繰り返し摂取)

A. 20代女性

	1回目	2回目	3回目
甘味	右	右	右
塩味	右	右	
酸味	右	左上	
苦味	右上	右	
旨味	右	右	

B. 40代女性

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
甘味	左下	左下	左下	上	中下
塩味	左下	左下	下		
酸味	右下	右下	左上	上	
苦味	右下~ 中上	右下~ 中下	右下~ 中下	右上~ 左下	
旨味	右	右	中下		

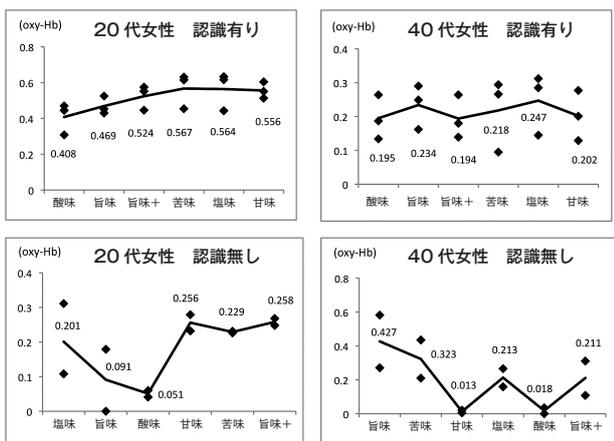


図8. 異なった味覚検査液を順に摂取した時の酸素化ヘモグロビン濃度

それぞれの味覚検査溶液を摂取した時に最も高値を示した酸素化ヘモグロビン値を抽出し, 点で示した。平均値を結んだ線を折れ線で示した。グラフ内の数値は平均値を表す。認識有り: 溶液の内容をあらかじめ伝えて摂取。認識無し: 溶液の内容をあらかじめ伝えずに摂取。oxy-Hb: 酸素化ヘモグロビンの変化量。旨味はグルタミン酸溶液を, 旨味+はグルタミン酸とイノシン酸の混合溶液を摂取した際の結果。

表2. 酸素化ヘモグロビン濃度が高値を示した部位

(6種類の異なった溶液を順に摂取。認識あり: 溶液の内容をあらかじめ伝えて摂取。認識なし: 溶液の内容を伝えずに摂取)

A. 20代女性

	1回目	2回目	3回目
認識有り	右下	右下	右下
認識無し	中下	中下	中下

B. 40代女性

	1回目	2回目	3回目
認識有り	左下	左下	中下
認識無し	下	中~右下	右

“oxy-Hb”が高値を示したり、ほぼゼロになったりと、様々な変化を示した。(図8)

②異なった味覚検査用溶液を順番に摂取する実験で、“oxy-Hb”が高値を示した3ヶ所を抽出し、それらが右上、右下、中上、中下、左上、左下の6ヶ所のどの部位に主に認められるかを調べた(表2)。20Fでは認識有りの場合は「右下」が、認識無しの場合は「中下」で“oxy-Hb”が高値を示した。40Fでは、認識有りの場合は「左下～中下」が、認識なしの場合は「右～下」で“oxy-Hb”が高値を示した。

考 察

同じ味覚検査用溶液を繰り返し摂取した実験では、20F、40Fともに概ね、1回目より2回目、2回目より3回目の摂取で“oxy-Hb”が増加していた。今回測定した部位は前頭葉の眼窩前頭皮質および前頭前皮質の第二次味覚野であり、そこでは、第一次味覚野で得られた味覚情報を、過去の味覚の記憶や視覚・嗅覚情報と総合し、味覚に対する嗜好などを確立する場所である。したがって、同じ味の溶液を繰り返し摂取することにより、より多くの味覚に対する記憶、すなわち、その味覚に対する嗜好や、過去の好ましいもしくは、好ましくない出来事が呼び起され、過去の記憶を元に、その味を持つ食品の安全性に対する認識などが前頭葉で行われるようになったと考えられる。そのため前頭葉の神経活動が亢進し、味覚検査用溶液を摂取する回数が増えるに従って、“oxy-Hb”が増加したと推察される。図6を詳細に検討すると、40Fの場合はすべての味に関して、“oxy-Hb”の増加は0から0.4までの間で変動しているが、20Fでは、甘み溶液では、“oxy-Hb”が0.9まで増加し、変動幅の増加が見られた。苦み溶液については、変動幅がさらに増加し、“oxy-Hb”は最高1.2まで増加した。今回の研究では20Fと40Fの一人ずつを被験者としているため、単なる個人差による違いである可能性も否定できないが、20Fは40Fに比べて、味覚の経験が少ないため、第一次味覚野から送られてきた味覚情報を過去の記憶と照らし合わせるのに、前頭葉においてより多くの神経活動が必要となったのではないかと推察される。Castriota-Scanderbegらは、7名のワインソムリエと7名の一般人に対してワインのテイastingを行なった際の脳血流変化を、機能的磁気共鳴画像診断装置(fMRI)を用いて測定しているが、ソムリエのグループは、味覚・嗅覚に関連する左側の島皮質と眼窩前頭皮質だけでなく、自発的な活動や集中して活動する能力の源となる両側の前頭前野背外側部の活動が亢進していたと報告された⁶⁾。これに対し、一般人のグループでは、第一次味覚野の神経活動および情動的な出来事に関する記憶をつかさどる扁桃体の神経活動が亢進していた。以上の事から、味覚に対する経験の差は、脳の活動部位、活動量などの活動状況に影響をおよぼすものと考えられる。

味に対する嗜好と“oxy-Hb”との関連を見たところ、20Fでは、好きまたは嫌いと感じている味覚検査用溶液を摂取した時の“oxy-Hb”は、好きでも嫌いでもな

く普通くらいと感じている味覚検査用溶液を摂取した時の“oxy-Hb”よりも高値を示した。普通と感じた味に対しては、あまり関心がなく、前頭葉の神経活動も低かったものと思われる。一方40Fでは好みの程度が増加するにしたがって“oxy-Hb”も増加していった。一般的に苦味を呈する物質は毒物を含む場合が多く、ヒトにとって警戒すべき味であるため、20Fでは前頭葉の活動が高くなったと考えられる。しかし40代になると味覚の経験も豊富となり、我々が日常摂取している食物の苦味は警戒する必要がないとの安心感が確立しているため、苦味に対して最も前頭葉の活動が低くなったと考えられる。芳賀らが、21歳から23歳の女子学生に対し、4種類の異なった匂い物質を嗅いだ時の、前頭部から側頭部にかけての脳内酸化ヘモグロビン濃度の測定と、快不快に関する気分の変化を記入するという研究を行ったところ、不快な匂いを嗅ぐと脳内酸化ヘモグロビン濃度は増加するが、快いと感じる匂いを嗅いでも脳内酸化ヘモグロビン濃度が変化しなかった⁷⁾。彼らは、この結果より、嫌いな匂いを嗅ぐと、その匂いからの逃避行動が惹起され、前頭葉の一部が活性化されたと考察している。この研究は嗅覚、我々の研究は味覚と対象とする感覚は異なるが、嫌い・不快に感じると前頭葉の活動が活発になる事が示された。

前頭葉の中でどの部位の“oxy-Hb”が高かったかを調べたところ、甘味、塩味では20Fでは主に前頭葉の右側の、40Fでは左側の“oxy-Hb”が高値を示した。2人の被験者の利き手はどちらも右利きであり、左右差が生じた理由は不明である。ただ酸味に関しては、両被験者で味覚検査用溶液を摂取するたびに右、左と異なった部位の“oxy-Hb”が高値を示した。40Fに関しては、苦味についても味覚検査用溶液を摂取するたびに右、左と異なった部位の“oxy-Hb”が高値を示した。味覚はもともと今から摂取しようとする食べ物が安全かどうかを認識するために動物に備わった感覚である。腐敗したものは酸味を呈する事が多く、また有毒な物質には苦味を生じるものが多い。したがって、酸味、苦味に関しては警戒感が働き、前頭葉内のより多くの場所で反応するようになったと考えられる。味の違いに対する脳の反応性を検討する場合、唾液の影響も考慮する必要がある。異なった味の味覚検査用溶液を摂取したときの唾液分泌量を測定した研究において、毎分30mlの流速を得られるポンプを使って、砂糖(30 g/dl)、塩化ナトリウム(5 g/dl)、クエン酸溶液(0.1 g/dl)を口中に運び、耳下腺から分泌される唾液の最大分泌量を測定すると、砂糖を口に運んだ場合に比べて塩化ナトリウムでは2倍、クエン酸では3倍の唾液が分泌されることが分かった⁸⁾。また別の研究において甘味に対する感受性が異なる2つのグループで検討した研究では、水または砂糖水を摂取した際の唾液分泌量が多いグループでは、酸素化ヘモグロビンの増加量が多いことがわかった⁹⁾。今回我々が行った研究では、唾液分泌量は測定しなかったが、唾液分泌量の違いが“oxy-Hb”に影響した可能性は否定できない。

6つの味の味覚検査用溶液(旨味に関してはグルタミン酸のみの溶液とグルタミン酸とイノシン酸溶液の

混合液の2種類の溶液で行った)を順に摂取した実験では、2人の被験者とも、摂取する溶液の内容を予め伝えられた状態では、“oxy-Hb”は、大きな変化はなかったが、摂取する溶液の内容を予め伝えられなかった状態では、“oxy-Hb”は、溶液毎に大きく変化した。予め摂取する内容を伝えられ、その通りの溶液が口の中に入ると、安心感が生じ、適度な反応が前頭葉で続いたものと考えられる。これに対して、予め摂取する内容を伝えられない状態では、一回ごとに第一次味覚野から送られてくる情報が、今までの自分の経験した味のどれに当てはまるかを考える必要があったと思われる。そして、自分の持っている味の記憶と容易に一致した場合は、前頭葉の活動は少なくなる一方で、過去の味の記憶となかなか合致しない場合は前頭葉が強く反応したのではないか。そのため異なった味覚検査用溶液で異なった反応が見られたものと考えられる。

今回の研究では、同じ味覚検査用溶液を摂取しても、初めて摂取するか2回目の摂取か、味の嗜好との関係、予め内容を知らされているかどうかなど、条件によって前頭葉の活動は様々に変化することが分かった。大塚らは、水および1, 3, 6%の3種類の濃度の砂糖水を口に含ませ前頭葉および左右側頭葉での“oxy-Hb”を測定する実験を行っているが、砂糖水を低濃度から高濃度の順に摂取しても、逆に高濃度から低濃度の順に摂取しても、“oxy-Hb”は濃度とは無関係に変化するとの結果を報告している⁹⁾。彼らは、“oxy-Hb”の計測は、水または砂糖水を飲むことによって脳にもたらされた負荷を測定しており、被験者の嗜好やストレスの影響を大きく受けると考察している。

今回は、甘味や塩味など一つの味物質を摂取した時の前頭葉の反応を調べたが、実際の食事は、いくつもの味が混ざっているので、2つ以上の味物質を同時に摂取した場合の前頭葉の反応を調べる事も重要であると考えられる。また今回は、一つの味物質に関して一種類の濃度のみで検討したが、異なった濃度での実験も今後検討していく必要があると思われる。

今後、この技術を使うと、新しく開発した食品や食材に対してヒトがどの様に感じているかという側面から、開発した食品や食材の評価に応用できる可能性が考えられる。また糖尿病や高血圧といった生活習慣病の発症には甘味や塩味に対する感受性の低下が関与している可能性があるが、甘味や塩味に対する感受性の低下が前頭葉の第二次味覚野の低下で起こっている場合も考えられる。光トポグラフィーを使った研究により、全身運動、呼吸法、口腔内のブラッシング、手指の運動など日常の様々な活動が、前頭葉の機能改善に役立つとの報告が見られる¹⁰⁻¹³⁾。前頭葉の第二次味覚野の低下している糖尿病患者、高血圧患者に対して前頭葉を鍛えることにより、味覚感受性が改善され、甘味、塩味を抑えた食事内容へと食生活の改善が期待できる。この様に、患者個人の味覚に対する前頭葉の反応性の情報をもとに、一人一人に適したより細やかな栄養指導を行うことも可能になるかもしれない。

まとめ

20F および 40F に対し、異なった味覚検査用溶液を摂取したときの前頭葉の神経活動の変化を酸素化ヘモグロビン濃度の変化 (oxy-Hb) を指標として光トポグラフィー装置を用いて調べた。摂取内容を予め被験者に伝えた状態で、同じ味覚検査用溶液を繰り返し摂取すると、2回目、3回目と摂取回数が増加するにしたがって“oxy-Hb”が高値を示した。味覚の嗜好と“oxy-Hb”との関連を調べたところ、20F では好きまたは嫌いな味を摂取したときは、好きでも嫌いでも無い味覚検査用溶液を摂取したときに比べて、“oxy-Hb”が高値を示した。しかし40F では、味の好みが増えるに従って、“oxy-Hb”が増加した。“oxy-Hb”が高値を示した場所について検討すると、甘味、塩味、旨味に関しては常に前頭葉の同じ場所で変化が見られたが、酸味、苦味に関しては摂取する毎に異なった場所で変化を認めた。異なった味覚検査用溶液を順に摂取する実験では、摂取内容を予め被験者に伝えた場合は、味覚検査用溶液ごとにほぼ同程度の“oxy-Hb”を示したのに対し、摂取内容を予め伝えずに実験をした場合、“oxy-Hb”は、大きく変動した。以上の結果より、前頭葉の神経活動は、同じ味覚溶液の繰り返し摂取、味覚の嗜好、予め摂取内容を知らされているかどうかなど、測定するときの条件によって様々に変化することが分かった。光トポグラフィーの技術は、新しい食品や食材の開発、味覚に対する前頭葉の反応性の情報をもとにした栄養指導など、様々な分野で利用できる可能性が考えられた。

謝辞

この研究は南九州学園研究奨励費で行われたものである。

参考文献

- 1) 山本隆. おいしさから過食へ (2007) 脳内報酬系の働き. 化学と生物 **45**: 21-26.
- 2) 岡本雅子, 檀一平太 (2007) 光による味の脳機能マッピング. 日本味と匂学会誌 **14**: 193-198.
- 3) Okamoto M, Dan I. (2007) Functional near-infrared spectroscopy for human brain mapping of taste-related cognitive functions. J Biosci Bioeng. **103**: 207-215.
- 4) Jezzini A1, Mazzucato L, La Camera G, Fontanini A. (2013) Processing of hedonic and chemosensory features of taste in medial prefrontal and insular networks. J Neurosci. **33**: 18966-18978.
- 5) 灰田宗孝. (2002) 脳機能測定における光トポグラフィー信号の意味. MEDIX **36**: 17-21.
- 6) Castriota-Scanderbeg A, Hagberg GE, Cerasa A, Committeri G, Galati G, Patria F, Pitzalis S, Caltagirone C, Frackowiak R. (2005) The appreciation of wine by sommeliers: A functional magnetic resonance study of

- sensory integration. *Neuroimage*. **25**: 570-578.
- 7) 芳賀 三紀子, 小口 江美子, 浅野 和仁. (2013) 異なる香りによる脳内酸化ヘモグロビン濃度および気分への影響. *昭和大学保健医療学雑誌* **11**: 68-79.
 - 8) 渡部茂. (1988) 味覚の順応が耳下腺唾液分泌量に及ぼす影響. 成人での様相. *小児歯科学雑誌* **26**: 769-774.
 - 9) 大塚貴子, 隅谷栄伸, 井上正雄, 山口由衣. (2013) 機能的近赤外分光法を用いた風味評価法に関する研究. *東京食品研究所 研究報告書* **29**: 65-72.
 - 10) 橋本直之, 横川正美, 山崎俊明, 中川敬夫. (2013) 一過性運動の運動強度の違いが注意力に与える影響について *理学療法科学* **28**: 377-381.
 - 11) 有田秀穂 (2012) 丹田呼吸法は前部前頭前野とセロトニン神経を活性化する. *臨床神経*. **52**:1279-1280.
 - 12) 力丸 哲也, 大倉 義文, 栢 豪洋. (2014) 口腔内ブラッシングによる大脳前頭前野の活性変化についての検討 -近赤外線分光法を用いた機能局在の解析- *老年歯科医学* **29**: 329-339.
 - 13) 山田 実, 森岡 周, 杉村 修平. (2008) 手指運動による弁別課題が脳血流量に及ぼす影響 -fNIRSを用いて-. *学療法科学* **23**: 261-265.