

栄養と料理 2014年11月号

先取り!
健康・栄養
新情報

日々発展を遂げている
栄養分野を中心に、
専門家のアンテナに触れた
食と健康にかかわる
新情報をご紹介します。

香川靖雄

女子栄養大学副学長・
自治医科大学名誉教授

最新の脳科学でわかった

甘味を感じるしくみと 健康的な糖分のとり方

2010年2月からアメリカで
実施されている、ミシエル・オバ
マ大統領夫人による子どもの肥満
防止キャンペーン「Let's Move」
(行動を始めましょう!)は、2
030年までにBMI30以上の肥
満の子どもの割合を、17%から
5%まで引き下げることが目標で
す。日本の肥満基準(BMI25以
上)に当てはめると、アメリカで
は2~19歳の31・7%が肥満です。
この状況を、保護者や学校、社会
が力を合わせて健康的な食事がと
れる体制を作り、また運動を推奨
することで改善しようというので
す。たとえば子どもたちが大量に
飲んでいるソフトドリンクでは、
コカ・コーラなどの大手食品会社

がカロリー削減を宣言しました。

このようなキャンペーンが必要
な理由は、そもそも人間には甘味
嗜好しごうがあるからです。甘味嗜好に
よる影響は、アメリカより日本の
ほうが深刻。アジア人は白人と比
べて、同じように糖分をとっても
インスリン分泌ぶんびつが半分程度なので、
糖尿病にかかりやすいからです。

そこで今回は、どのように甘味
の嗜好が生じるのか、どう砂糖を
とれば健康によいのかを、最新の
脳科学から考えてみましょう。

砂糖をとる

メリットとデメリット

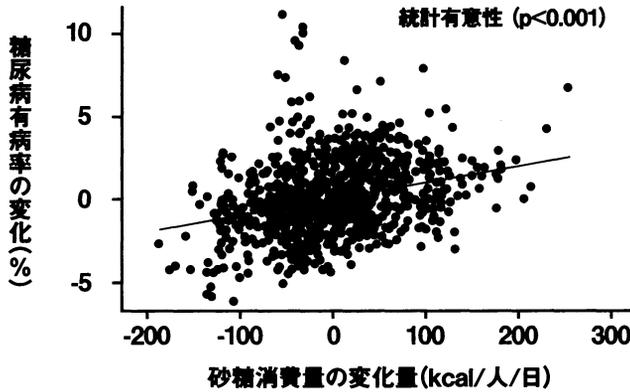
砂糖が肉食動物以外の動物でた

いへん好まれるのは、脳や体によ
い影響があるからにはかなりませ
ん。砂糖は疲れたときや空腹時に
速やかに血糖を上げ、脳や筋肉の
働きを回復させます。しかし、ソ
フトドリンクなどの形で一度にた
くさんの砂糖水を飲むと、急激に
血糖を上げて肥満や糖尿病などを
起こしやすくなります。

過剰に砂糖を摂取することによ
って糖尿病が起こることは、多く
の実験でわかっています。ごく最
近の175か国の膨大なデータからは、
砂糖を1日あたり150kcal多く摂取す
ることで糖尿病有病率が11% (補
正で12%) 上昇することがわかり
ました(図1)。およそソフトド
リンク1本で1%上昇する計算

図1 砂糖の消費量と糖尿病有病率の変化

Basu S, et al.: PLoS One. 8 (2): e57873 (2013)



世界175か国の栄養・糖尿病調査により、砂糖を1日あたり150kcal多く摂取することによって、糖尿病の有病率が1.1%（補正で1.2%）上昇する。

です。

ここで大事なことは、ほかの食品による糖質の摂取増加だけでは、0.1%しか糖尿病有病率が増加しないことです。しかも、砂糖よりもコーンシロップなど果糖の多い甘味料を含むソフトドリンクのほうに有害であることはよく知られています。にもかかわらず、なかなかソフトドリンクがやめられないのは、人間の甘味への嗜好が強いからです。そこで、嗜好を支配する脳のしくみが注目されたのです。

砂糖とごはんがおいしいのは？

最近の脳科学の目覚ましい発展によって、摂食行動を決定する大脳の島皮質の前部の役割がわかってきました。なにをおいしいと感じるのかという基本的な機構が明らかになってきたのです。

たとえば炭水化物を食べたとき、まず働くのは、味覚の神経回路です。舌の味蕾の味覚受容体が味を感じられ、その情報が顔面神経と舌咽神経を通じて延髄の孤束核と

いう神経細胞の集まりに伝達され

ます。一方、炭水化物は甘くなくても砂糖と同様に血糖値を上げるので、これが視床下部の満腹中枢（室傍核など）を活性化し、その結果、摂食中枢（外側核）が抑制されます。また、甘味の受容体を持つ味細胞は舌だけでなく、十二指腸、小腸にもあり、でんぷんが分解されてブドウ糖になれば、この味覚情報は迷走神経を通じて脳に届けられます。そして、小腸のグルカゴン様ペプチド1（GLP-1）などのインクレチンの分泌量が増え、膵臓でのインスリン分泌が促されます。この甘味受容体による反応は、人工甘味料でも起こります。

これらの経路からの情報を総合するのが、第一次味覚野の島皮質と、それを上からおおう頭頂弁蓋部なのです。

脳の活動を視覚化するfMRI

このような脳の活動を、体外から確認することは精神医学の長い

間の夢でした。それを可能にしたのが、ファンクショナルMRI（fMRI）という方法です。

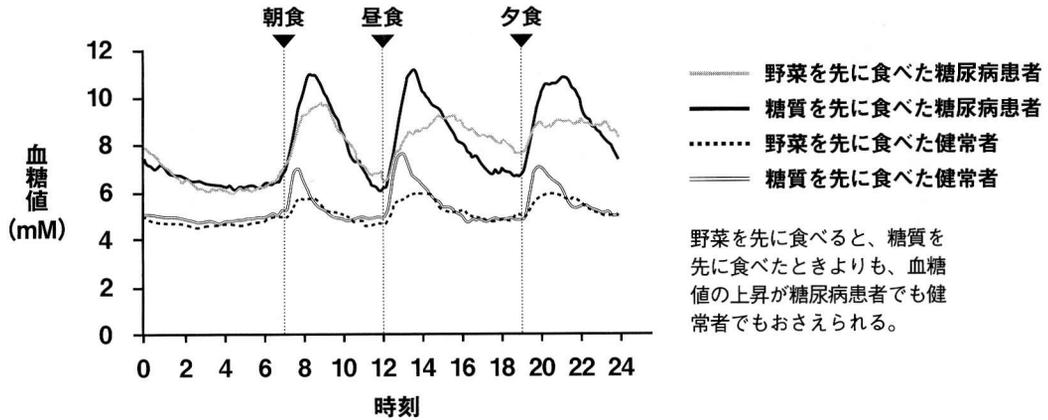
甘味を受容したとき、脳がカロリーに反応するのか甘さに反応するのかを調べるために、まず、カロリーのある砂糖液とカロリーの少ない人工甘味料液とを摂取した場合をfMRIで比較します。すると、砂糖やブドウ糖を摂取したときには、血糖が上がるために視床下部で渴望への信号が抑制されません。ところが、アスパルテームやマルトデキストリンなどの人工甘味料の摂取では、血糖が上がらないためにこの応答は観察されませんでした。

次に、甘味を感じる島皮質を調べてみると、砂糖液を与えても人工甘味料液を与えても、島皮質の活動が活発となりました。

ちなみに、甘味の感覚で増加する島皮質反応を、健常者、拒食症から回復した人、過食症から回復した人で比べた場合、拒食症回復者の反応は小さく、過食症回復者では反応が大きくなります。しかし、砂糖液の濃度をうすめて、舌

図2 野菜と糖質の摂取順序と1日の血糖値の変化

Imai S, et al.: J Clin Biochem Nutr. 54(1): 7-11 (2014)



野菜を先に食べると、糖質を先に食べたときよりも、血糖値の上昇が糖尿病患者でも健常者でもおさえられる。

が感じる最少濃度を調べると、三者はまったく同じ濃度で甘味を感じなくなつたのです。この最少濃度は閾値と呼ばれますが、閾値の濃度を調べれば、人工甘味料がどれだけ砂糖より甘さが強いかわかります。閾値が同じなのに、fMRIで調べた島皮質の活動が摂食障害者は大きく異なつていたことで、摂食障害が島皮質とそれに関連する中枢の異常であることがわかりました。

砂糖の過剰摂取を防ぐ脳内システムとは

私たちがおいしいものを口にすると、島皮質の判断が「脳内報酬系」に伝えられ、ドーパミンなどの神経伝達物質が分泌されて満足感が得られます。私たちの体のエネルギー摂取の調節に重要な役割を果たしている神経系が、脳内報酬系なのです。これは「快楽中枢」とも呼ばれ、自分にごほうびを与える神経システムです。報酬系は、欲求が満たされたとき、あるいは満たされることがわかったときに活性化し、その個体に快の感覚を与えます。

食事の満足感は、快適な味覚と摂取後満足感の2つで構成されています。このうち、摂取後満足感は、血糖など食物の代謝産物が増えたことを視床下部が感知し、辺縁系に伝えて初めて満たされるものです。砂糖の摂取では、島皮質、眼窩前頭皮質、および扁桃体が強く活性化されます。甘味はドーパミン神経系(A10神経系)や甘味受容体、味覚神経などを介して満足感を生じさせます。白パンや白米が好まれるのは、グライセミック・インデックス(GI)が高く、すぐに血糖を上げるためでしょう。甘味受容体が刺激されると「エネルギーになる食物が体内に入った」という情報になります。

しかし、人工甘味料では食後に血糖が上昇しないので、食事後の報酬系を活性化できません。したがって、食後の満足感がないため、報酬応答が低下して、さらに食物を求める動機になってしまいます。しかも、人工の強い甘さに慣れると、自然の甘さの果物やお菓子を食べても甘味を感じにくくなり、結果としてカロリーのとりすぎから肥満につながる恐れがあります。

時間栄養学で糖質をじょうずに摂取

砂糖は、じょうずに使えば健康寿命を保つてくれます。私たちにとって、砂糖やごはんなどの糖質は食事の楽しみでもあり、そのしくみもfMRIで明らかになってきました。しかし、砂糖による急激な血糖の上昇は害があり、これのできるだけ遅らせるくふうが必要で、他方、血糖も体重も上げない極端な低糖質食をすすめる医師もいますが、糖質の代わりに脂質が増えるため、動脈硬化を起しやすくなります。

適度に糖質をとって脳にも満足感を与え、なおかつ肥満を防ぐ方法は、時間栄養学にあります。時間栄養学は、栄養素量やエネルギー量だけでなく、食べる時刻、速度、順序による健康への影響を重視します。具体的には、夜食や夜のお菓子を避けること、ゆつくり

コーンシロップ

トウモロコシなどのでんぷんから作られる液状の果糖。安価でソフトドリンクや菓子などによく使われる。ブドウ糖と果糖の混合液である高果糖コーンシロップ（異性化糖）には、果糖の割合によりブドウ糖果糖液糖、果糖ブドウ糖液糖、高果糖液糖などがある。

大脳の島皮質

脳の外側面の奥、側頭葉と頭頂葉を分割している外側溝の内部に位置する。島皮質前部は味覚、内臓自律系、恒常性機能など関係し、後部は視覚、体性感覚、骨格運動と関係する。飢餓感や渴望を生み出し、食べ物やアルコール、麻薬などへの強い衝動を作り出す。

ファンクショナルMRI (fMRI)

機能的核磁気共鳴画像法とも呼ばれ、脳の機能を画像化する方法。脳に強い磁力をかけて特定の電磁波を当てることで、脳が活動している場所の範囲や活動時間がわかる。

グライセミック・インデックス (GI)

糖質が同量でも、食品によって血糖上昇率が異なることから、食後に血糖値を上昇させる程度を、食品ごとに数値で表わしたもの。

参考文献

McDonald RB: Influence of dietary sucrose on biological aging. *Am J Clin Nutr.* 62(1 Suppl): 284S-292S (1995)

Basu S, et al.: The relationship of sugar to population-level diabetes prevalence: An econometric analysis of repeated cross-sectional data. *PLoS One.* 8(2): e57873 (2013)

Oberndorfer TA, et al.: Altered insula response to sweet taste processing after recovery from anorexia and bulimia nervosa. *Am J Psychiatry.* 170(10): 1143-1151 (2013)

Smeets PA, et al.: Functional magnetic resonance imaging of human hypothalamic responses to sweet taste and calories. *Am J Clin Nutr.* 82(5): 1011-1016 (2005)

Kilpatrick LA, et al.: Influence of sucrose ingestion on brainstem and hypothalamic oscillations in lean and obese women. *Gastroenterology.* 146(5): 1212-1221 (2014)

Kaplan DL: Eating style of obese and non-obese males. *Psychosom Med.* 42(6): 529-538 (1980)

Imai S, et al.: Effect of eating vegetables before carbohydrates on glucose excursions in patients with type 2 diabetes. *J Clin Biochem Nutr.* 54(1): 7-11 (2014)

食べること、繊維の多いものを糖質より先に食べることです。夜食や夜のお菓子を避けるのは、夜はBmal1という時計遺伝子産物の作用で糖質が脂肪に変わって肥満につながりやすいからです。逆に、午前10時から午後3時まではBmal1がきわめて少ないので、糖尿病患者でも少しであればお菓子を食べても差し支えないでしょう。食べる速度をできるだけゆっくりにするのは、血糖値の上昇がおさえられるからです。ゆっくり食べると、満腹感が得られるうえに摂取量を減らせるとされます。平成21(2009)年国民健

康・栄養調査でも、速く食べる人はゆっくり食べる人よりも肥満しやすいことが報告されています。野菜など繊維の多い食物を糖質の多い食物よりも先に食べるのは、これによって血糖値の上昇がおさえられることが、健康な人でも糖尿病患者でも実証されているからです(図2)。「野菜を先に」の習慣を2年半続けて、血糖の平均値であるヘモグロビンA1cが大幅に改善したとの報告もあります。健康によいとされる懐石料理ではごはんを最後に出し、一般の食事でも甘いデザートを最後に出すのは、血糖値を急激に上げないだけでな

く、初めから摂食中枢を満足させてしまうと料理を味わう喜びをおさえてしまう面もあるからです。fMRI検査の導入で、味覚と快感の信号が島皮質や視床下部の満腹中枢で処理され、報酬系をどのように活性化させるかがわかりました。こうした成果が、おいしさを保ちながら健康を守る今後の栄養指導にも活かされる時代がくるでしょう。さらに、肥満の大きな原因となっている急速に血糖値を上げるソフトドリンクが改善されれば、ミシェル・オバマ大統領夫人の目標も達成されるかもしれません。