

*1 ニトロソアミンとは、ニトロソ基およびアミノ基をもった化合物の総称で、アミン類およびアミド基が、酸性条件下で亜硝酸塩と反応して生成される。発がん性がある。

ニトロソアミン¹⁾などの発がん物質の生成を阻止することが明らかになっている。

3) 貧血（鉄欠乏性）と栄養素の摂取

鉄欠乏性貧血は血液中の赤血球の不足により起こるが、鉄摂取の不足（欠食）、鉄需要の増大（成長・発育）、鉄損失の増加（月経など）が主な要因である。赤血球合成に必要な鉄は、ヘモグロビン鉄を再利用することでその多くが補われるが、特に成長期やダイエット志向における鉄摂取不足を防ぐ必要がある。また鉄の吸収機構において、還元物質としてのビタミンCの役割も重要であり、葉酸やビタミンB₁₂と共に摂取を心がけることが望まれる。ビタミンCとビタミンEの併用摂取により、著明にヘモグロビンを生成することも認められている。

演習問題

- わが国の管理栄養士・栄養士制度と業務に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。（2015年）
 - 養成制度の創設は、栄養士より管理栄養士が先である。
 - 栄養士名簿は、厚生労働省に備えられる。
 - 栄養士法には、特定給食施設に管理栄養士を置くことが定められている。
 - 都道府県知事が任命する栄養指導員は、医師又は管理栄養士の資格を有する。
 - 特定保健指導に関する専門的知識及び技術を有する者として、栄養士が定められている。
- 公衆栄養活動の評価に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。（2015年）
 - アセスメント実施過程に対する評価が含まれる。
 - 経過（過程）評価は、最終日標を評価する。
 - 影響評価は、プログラムの実施状況を評価する。
 - 結果評価は、行動に影響を与える要因を評価する。
 - 評価結果は、公表しない。
- 栄養学の歴史に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。（2017年）
 - リービッヒ（Liebig）は、窒素定量法を確立した。
 - マッカラム（McCullum）は、エネルギー換算係数を提唱した。
 - フンク（Funk）は、ビタミンKを発見した。
 - クレブス（Krebs）は、膀胱にリパーゼが存在することを発見した。
 - 鈴木梅太郎は、抗脚気因子を発見した。

1

消化と吸収

私たちが健康に毎日を送ることができるのは、私たちが食べた食品が体内で消化され、さらに吸収されることにより、それらの栄養素が体内で、体に必要な物質に作り替えられたり、エネルギーに変換されたり活用されるからである。

消化とは口から入った食べ物が、消化管である胃や腸で私たちの体に必要な栄養素の形にまで分解されることである。また、異種のたんぱく質などは生体にとっては異物であるが、それが消化によって低分子量になることで生体にとって無害な形となるというのも、消化の果たす役割の別な側面である。また**吸収**とは、消化により特異性の少ない低分子の物質に変化した栄養素を、消化管の粘膜から体内に取り入れることである。

コラム 食物アレルギーと腸管免疫

私たちの口から入った食品も病原菌も、たんぱく質や脂質などで構成されている。それらを見分けるのは、腸管の一つの仕事である。それを行う腸管免疫細胞は、免疫系全体の6割の細胞や抗体からできていて、病原菌にはIgAを産生し排除しようとするが、食品には抗体を作らないように働く。このシステムがきちんと働かない場合に食物アレルギーが誘発される。

1-1

摂食行動

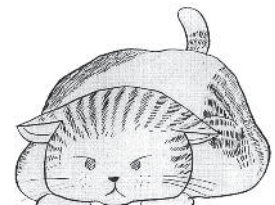
摂食行動は、生命維持と個体の諸活動を支えるエネルギー獲得のため、欠くことのできない最も重要な本能行動である。摂食行動は、食物に対する生理的要求の他、年齢、性、健康状態、食経験等の個人的要因や精神的要因、社会的要因、環境要因などの多くの因子に影響される。

(1) 摂食の調節機構

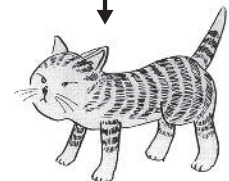
1) 満腹中枢と摂食中枢

従来、ヒトは胃や腸が空腹感や満腹感を感じるといわれた。しかし、心配や恐怖などで食欲を失うこともあり、胃潰瘍で胃をすべて切除したヒトにも食欲がある。事故や腫瘍などによって脳の一部を損傷した人や脳の一部を破壊した実験動物の摂食行動を解析することで、食欲が生じるには脳内の視床下部と呼ばれる領域が重要であることが明らかになっ

満腹中枢の破壊



摂食中枢の破壊



た。

視床下部のどの神経核が食欲にとって重要であるのかを明らかにした実験により、1940年代に腹内側核を破壊すると摂食量が増えて肥満し、外側核を破壊すると、食べる量が減って動物はやせ衰えることが発見された。これらの結果から、腹内側核は**満腹中枢**、外側核は**摂食中枢**と名付けられた。満腹中枢の刺激は食行動を抑制し、摂食中枢の刺激は食行動を促すことによって摂食行動をコントロールしているということがわかったのである。1950年代には、摂食中枢や満腹中枢にはブドウ糖感受性が存在することが明らかになり、血糖値に応じて摂食をコントロールしているという**糖定常説**が提唱された。この説によれば、空腹によって血糖値が低下すると満腹中枢の働きが弱まり、食事が進み血糖値が上がると摂食中枢の働きが弱まる。1970年代に入ると、満腹中枢には血糖値の上昇を検知して活発化する神経細胞が存在し、摂食中枢には血糖値の低下を検知して活発化する神経細胞が存在することがわかった。

表 1-1 中枢および抹消での摂食調節因子

中枢神経系		末梢組織	
抗食亢進	摂食抑制	抗食亢進	摂食抑制
NPY	POMC	グレリン	レプチン
AgRP	α -MSH		インスリン
MCH	CRH		PYY3-36
オレキシン	TRH		コレシストキニン
ガラニン	CART		GLP-1
ノルアドレナリン($\alpha 2$)	GRP		オキシントモデュリン
GABA	NMS, NMU, セロトニン, ノルアドレナリン($\alpha 1, \beta$)		

2) 食欲調節因子

血糖値が食欲に関係していることは明らかであるが、血糖値は体内に蓄積されたエネルギー量に比例して変動しておらず、糖定常説では体重が一定に保たれる現象を説明できない。その後、満腹中枢や摂食中枢に働きかけ、摂食を調節する因子が多数明らかになってきた。

a) レプチン

レプチンは、遺伝性肥満マウスの病因遺伝子の研究で発見された肥満遺伝子に由来するペプチドホルモンであり、脂肪細胞より分泌され、主に視床下部の受容体を介して強力な摂食抑制やエネルギー消費亢進をもたらす。レプチンは交感神経を刺激して脂肪組織に蓄えられている中性脂肪の分解を促進するのみならず、活動量の亢進、体温上昇、脂肪燃焼の促進などの作用を有する。これらの作用により、体内の脂肪量を一定に保つフィードバック機構が働いて、肥満の進展を抑制する。しかし、肥満になると視床下部にレプチンが効きにくくなる**レプチン抵抗性**と呼ばれる現象が生じる。レプチン抵抗性を解消できる方法が見つければ肥

満の改善ができると考えられるため、レプチン抵抗性の形成メカニズムについて精力的な解析が続けられている。

b) グレリン

レプチンと反対の作用を示すペプチドホルモンとしてグレリンがあり、成長ホルモン分泌促進物質としてヒトとラットの胃から発見された。グレリンは主として胃内分泌細胞で産生され、摂食更新や体重増加、消化管機能調節などエネルギー代謝調節に重要な作用を持ち、唯一の抹消で産生される摂食促進ペプチドである。胃から分泌されるグレリンは空腹によって刺激され、摂食やブドウ糖負荷で抑制される。グレリンの発見により、胃が消化機能だけではなく、エネルギー代謝や成長ホルモンの分泌調節にも機能していることが明らかになった。肥満や摂食障害などの病因におけるグレリンの意義も明らかにされつつある。

3) 摂食行動に影響を与える外的要因

前述のように、摂食行動に影響を与える因子は多様であるが、ヒトの場合は、乳幼児期からの食経験、心理的ストレスなどの精神的要因、味覚、臭覚、視覚などの感覚刺激が与える影響も大きい。これらの外的要因の機序を明らかにし、摂食行動に与える影響を計量化することができれば、生活習慣病の発症予防や健康寿命の延伸にも寄与する。

a) 食経験

2005年（平成17年）に制定された「食育基本法」では、子どもたちが豊かな人間性をはぐくみ、生きる力を身に付けていくためには、何よりも「食」が重要であるとし、様々な経験を通じて「食」に関する知識と「食」を選択する力を習得し、健全な食生活を実践することができるよう、幼児期に「食を営む力の基礎を培う」食育が位置付けられた。ヒトは基本的な味覚に加えて、食物の外観、匂い、咀嚼時の音、親しい者と一緒に食卓を囲んだ楽しい経験等によっても食欲を誘い、摂食行動に影響を与える。食選択の幅が広がった近年だからこそ、豊富な食物の中から個々の食経験をもとに食物の選択をすることは重要となっている。

b) 精神的要因

ストレスなどの心理的要因も食欲に影響する。「やけ食い」という言葉があるように、何らかの心理的ストレスを契機に摂食が亢進することがある。反対に心理的ストレスや身体的ストレスが続くと自律神経が過剰に刺激されて食欲不振になることがある。このような精神的ストレスの上に完璧主義的性格傾向、強迫的性格傾向、依存的性格傾向などの精神的素因や生活環境、社会環境、文化背景などの社会的素因が影響すると、神経性食欲不振症や、過食症のような摂食障害を発症する。特に若年女子では、心理的ストレスが大きくなくても思春期の気軽な減量から

4

炭水化物

4-1 炭水化物を化学する

(1) 炭水化物の定義と分類

食品成分表での炭水化物

「日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂)」では炭水化物を差し引き法で求めている。差し引き法では食品 100 g から水分、たんぱく質、脂質、灰分等の各 g 数の合計を差し引くことにより求める。

炭水化物は化学的には多価アルコールのカルボニル化合物 ($>C=O$)、その誘導体、およびそれらの重合体をいう。炭素、水素、酸素の 3 元素から構成され、一般に $C_m(H_2O)_n$ の分子式で示される。炭素と水から成る化合物という意味でつけられた名称である。しかし、実際は炭素と水の化合物ではないし、デオキシ糖のようにこの比率でないもの、窒素 (アミノ糖)、イオウ (チオ糖) などの元素を含むものも存在する。

炭水化物は、構造の基本単位である**単糖**、単糖が数個結合した**オリゴ糖**、多数結合した**多糖**に分類される (表 4-1)。

表 4-1 炭水化物の分類

単糖	五炭糖 六炭糖	キシロース、アラビノース、リボース、デオキシリボース ぶどう糖、果糖、ガラクトース、マンノース
オリゴ糖	二糖 三糖	還元糖：乳糖、麦芽糖 非還元糖：しょ糖 ラフィノース
多糖	ホモ多糖 ヘテロ多糖	でんぷん、セルロース、グリコーゲン、キシラン、キチン コンニャクマンナン、寒天

炭水化物とほぼ同じ意味の語に“**糖質**”や“**糖類**”がある。これらは厳密に区別しないで用いることも多いが、厚生労働省の「食品の栄養表示制度」では、これらの語についての現実的な定義づけがなされている。

- ① 糖質：炭水化物から消化・吸収されにくい食物繊維を除いた利用可能な炭水化物。
- ② 糖類：糖質のうち単糖および二糖 (類) を糖類とする。ただし、糖アルコールは除く。

糖質と糖類、炭水化物と食物繊維との関係は図 4-1 のようになる。

炭水化物	糖類	単糖 二糖 (消化性・難消化性)
	糖質	糖：オリゴ糖 糖アルコール*1 単糖アルコール 二糖アルコール 三糖アルコール以上 多糖：でんぷん (消化性・難消化性)
		食物繊維

図4-1 栄養表示基準による「糖」の分布
(徳永隆久:食品と開発,32 T),9 (1997))

*1 単糖やオリゴ糖のアルコール類は糖を還元して簡単に合成することができ、しかも低エネルギーであることから、甘味料として用いられている。ソルビトール（ぶどう糖や果糖を還元）キシリトール（キシロースを還元）、マルチトール（麦芽糖を還元）などである。これらの糖アルコールは腸内環境改善や、肥満、虫歯、糖尿病予防の効果が期待できるが、多量に摂りすぎると下痢を起こすことがあるので、摂取量に注意が必要である。

(2) 単糖

単糖はこれ以上加水分解されない糖であり、炭水化物の基本単位である。構成する炭素原子の数で三～七炭糖に分けられるが、食品中に含まれるのは主に**五炭糖（ペントース）**と**六炭糖（ヘキソース）**である。単糖は分子中に不斉炭素原子を持つため、D型とL型の光学異性体が存在する²。自然界にある単糖はD型がほとんどである。また、カルボニル基がアルデヒド基（-CHO）かケトン基（>C=O）かによって、**アルドース**（例；ぶどう糖）と**ケトース**（例；果糖）に分類することもある。単糖は一般に水によく溶けて甘味を示す。

1) ぶどう糖（グルコース）

最も重要な単糖で、食品中の主なオリゴ糖やでんぷん・グリコーゲンなどの多糖の構成糖になっている。果物、野菜、はちみつには遊離の形で含まれる。ヒトの血液中に0.1%程度存在し、血糖とよばれる。

ぶどう糖の構造式は鎖状で表すと図4-2(a)のようになるが、水溶液中では環状構造をとっていることが多く、図4-2(b)のように表される。1位の炭素原子の水酸基（アセタール性水酸基）は反応性に富んでおり、他のアルコール性水酸基とは性質が異なる。

2) 果糖（フルクトース）

甘味の強い糖である。果物、野菜、はちみつに遊離の形で含まれ、しよ糖の構成糖になっている（図4-2(c)）。

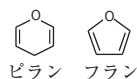
3) ガラクトース・マンノース

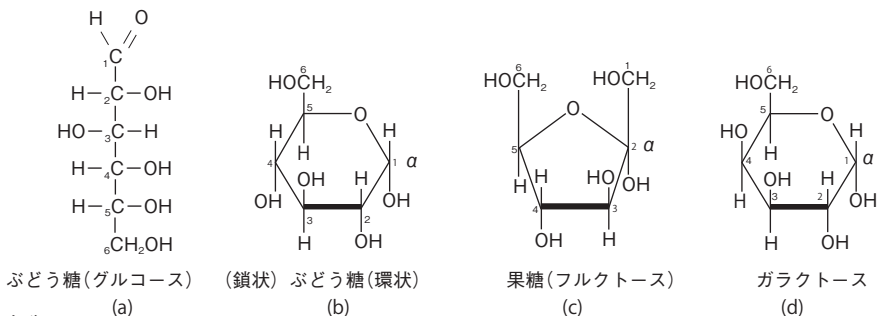
ガラクトース（図4-2(d)）は乳糖や海藻多糖である寒天の構成糖になっている。マンノースはコンニャクマンナン糖の構成糖である。

*2 グリセルアルデヒドを基準にD型とL型に分類する。

ピラノース型・フラノース型

五炭糖以上の単糖は水溶液中で旋光度が変化しやすい。そこでHaworthは従来の鎖状構造に対して、環状構造を考えた（例：ぶどう糖 図4-2(a)(b)）。このとき六員環のピランに似た構造をとるものをピラノース（例 図4-2(b), (d)）とよび、五員環のフランに似た構造をとるものをフラノース（例 図4-2(c)）とよんだ。それぞれグルコピラノース、ガラクトピラノース、フルクトフラノースなどという。





*1 環状構造では1位炭素原子の水酸基の位置でα型とβ型に分かれるが、図4-2ではα型を示した。

図4-2 代表的な単糖 (いずれもD型)*1

4) キシロース・アラビノース

両者とも五炭糖である。キシロースはワラ・トウモロコシの芯・タケに含まれるキシランの構成糖であり、アラビノースは植物ゴムや粘質物の構成糖になっている。

5) リボース・デオキシリボース

ともに五炭糖で、核酸の構成単位であるヌクレオチドの重要な成分である。リボースはRNA、デオキシリボースはDNAに含まれる。

(3) オリゴ糖 (少糖)

オリゴ糖は単糖が2～10分子程度結合したものを指すが、2分子結合したものを二糖、3分子結合したものを三糖とよぶ。天然に存在するのは二糖が主で、しょ糖・乳糖・麦芽糖などがある(図4-3)。酸や酵素で加水分解すると構成単糖になる。

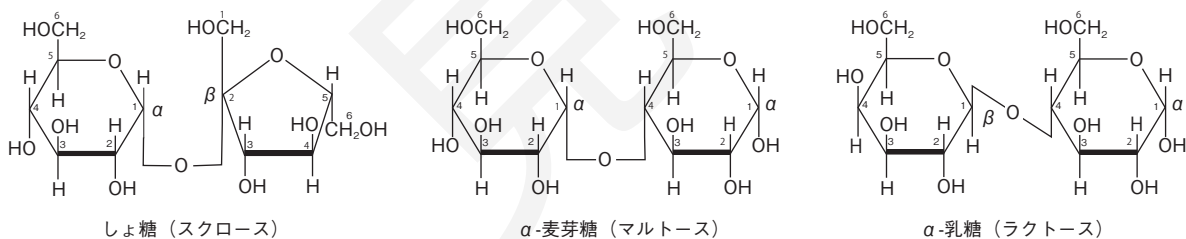


図4-3 代表的な二糖

二糖では、乳糖や麦芽糖のように2つの単糖のアセタール性水酸基とアルコール性水酸基が結合した場合は還元性をもつが、しょ糖のようにアセタール性水酸基同士が結合した場合は還元性をもたない。

1) しょ糖 (スクロース)

ぶどう糖と果糖が結合した二糖である。植物に広く分布するが、さとうきび、てんさいに特に多く含まれる。一般に砂糖とよばれ、でんぷんに次いで多く摂取される炭水化物である。しょ糖は容易に加水分解され、ぶどう糖と果糖を生ずる。このとき(+)であったしょ糖の旋光度が(-)に変わるので、この2つの糖の混合物を転化糖という。転化糖は、含まれる果糖の甘味が強いので、しょ糖より甘い。

2) 乳糖 (ラクトース)

哺乳類の乳汁中 (牛乳4~5%, 人乳5~7%) に含まれる。ガラクトースとぶどう糖が β -1,4結合した二糖である。

3) 麦芽糖 (マルトース)

ぶどう糖2分子が α -1,4結合した糖である。でんぷんやグリコーゲンの部分加水分解によって生じる。蒸米に麦芽の酵素 (アミラーゼ) を作用させると生じる水あめは、麦芽糖が主成分である。

4) トレハロース

ぶどう糖が1,1結合した二糖である。自然界では昆虫や酵母, きのこに含まれる。保水性に優れており, でんぷんから安価に生産できる技術が開発されたため, さまざまな用途に用いられている。

5) その他のオリゴ糖

整腸作用, 低 (抗) う蝕作用, 低エネルギーなどの機能をもつ糖として, フラクトオリゴ糖, キシロオリゴ糖, ラフィノース・スタキオースなどの大豆オリゴ糖をはじめ, 多くのオリゴ糖が開発されている (表4-2)。

表4-2 原料別に分類したオリゴ糖の種類

でんぷん関係	
マルトオリゴ糖	: G2 ~ G7 (マルトース~マルトヘキサオース)
イソマルトオリゴ糖 (分岐オリゴ糖)	: イソマルトース, パノース, イソマルトトリオース
サイクロデキストリン (CD)	: α -CD, β -CD, γ -CD, HP- β -CD, 分岐CD
その他	: マルチトール, ゲンチオオリゴ糖, ニゲロオリゴ糖, トレハロース
砂糖関係	
マルトオリゴシルスクロース, フラクトオリゴ糖, パラチノース	
ラクトスクロース, キシロシルフルクトシド, ラフィノース, スタキオース	
乳糖関係	
ガラクトオリゴ糖, ラクトスクロース, ラクチュロース, ラクチトール	
その他	
キシロオリゴ糖, アガロオリゴ糖, キチン・キトサンオリゴ糖, マンノオリゴ糖, アルギン酸オリゴ糖, シアル酸オリゴ糖, サイクロフルクタン, サイクロデキストラン	

(中久喜輝夫 (日高秀昌・坂野好幸編), 『糖と健康』, 学会出版センター (1999))

(4) 多 糖

多糖は単糖が多数結合してできた高分子化合物である。生物の骨格物質や貯蔵物質として自然界に広く分布し, 有機化合物中で最も量が多い。構成糖が1種類のホモ多糖 (でんぷん, グリコーゲン, セルロース, ペクチンなど) と, 構成糖が2種類以上のヘテロ多糖 (寒天, コンニャクマンナンなど) に区別される (表4-1)。無味で水に溶けにくいものが多い。

1) でんぷん

でんぷんはヒトのエネルギー源として最も重要な物質である。光合成でつくられ, 穀類のこめ・むぎや, いも類のじゃがいも・さつまいもな