

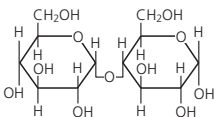
糖質(炭水化物)

Point

- ☑ 糖質は単糖類、オリゴ糖(二糖類、三糖類など)、多糖類に分類される。
- ☑ 食物繊維とは、“ヒトの消化酵素で消化されない食物成分”と定義されている。
- ☑ 解糖系はグルコースがピルビン酸または乳酸にまで分解される代謝経路であり、細胞質で行われる。
- ☑ GI 値が高い食物は血糖値が上がりやすく、低い食物は血糖値が上がりにくいことを表している。
- ☑ 日本人は1日の摂取エネルギーの60%を糖質から摂取している。
- ☑ 日本人における糖質エネルギー比率の目標量(2015年版)は、50~65%とされている。
- ☑ 日本人における食物繊維摂取の目標量(2015年版)は、成人男性で20g/日以上、成人女性で18g/日以上とされている。

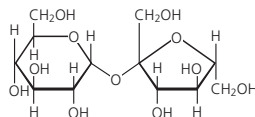
糖質は単糖類、オリゴ糖(二糖類、三糖類など)、多糖類に分類される。単糖類はそれ以上に加水分解されない基本的な糖類である。単糖類の例として、グルコース(ブドウ糖)、ガラクトース、フルクトース(果糖)などがある。また、2分子の単糖がグリコシド結合した糖質を二糖類とよぶ。スクロース(ショ糖)は甘味料としてわれわれの食生活でなじみの深い二糖であり、フルクトースとグルコースがグリコシド結合している。ラクトースは乳糖ともよばれ、母乳・牛乳などに含まれる二糖であり、グルコースとガラクトースが結合している。2~10個の単糖がグリコシド結合した糖質をオリゴ糖とよぶ。デンプンはグルコースのみから構成されている単純多糖であり、アミロペクチンとアミロースからなる(図1)。

マルトース



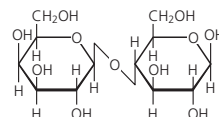
グルコース+グルコース

スクロース



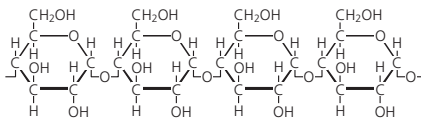
グルコース+フルクトース

ラクトース



ガラクトース+グルコース

アミロース



アミロペクチン

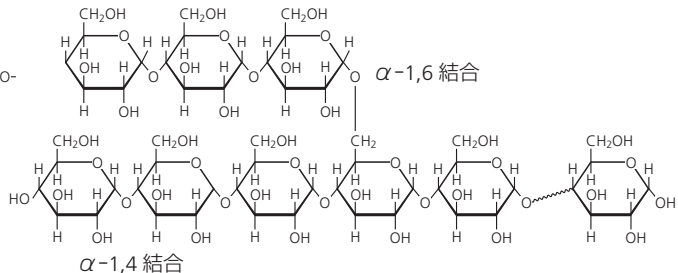


図1 糖質の構造

1 糖質の消化吸収

デンプンは唾液中の α -アミラーゼの作用により加水分解され、かなりの部分が消化を受ける。ヒトの唾液中に存在するデンプン消化酵素は、 α -アミラーゼがほとんどである。胃では糖質の消化酵素は分泌されないが、食道から胃内に流入した食塊が塩酸分泌によってpHが低下するまでこのアミラーゼの活性は持続し、デンプンの消化は進行する。胃から十二指腸に送られた内容物は、膵液によりすみやかに中和される。食塊中の未消化デンプンは膵臓から分泌される膵液 α -アミラーゼによってさらに消化を受ける。デンプンは、 α -アミラーゼによって最終的には二糖のマルトースと三糖のマルトトリオースにまで消化される(図1)。これらのオリゴ糖は、さらに小腸粘膜上皮細胞表面(刷子縁膜)に存在する酵素のマルターゼやグルコアミラーゼにより消化を受け、マルトースやマルトトリオースはグルコースにまで加水分解される(図2)。スクロースは、刷子縁膜酵素のスクラーゼにより加水分解(膜消化)を受け、フルクトースとグルコースを生じる(図2)。またラクトースは、刷子縁膜酵素であるラクターゼによって分解され、グルコースとガラクトースとなる。成人になるとラクトースを加水分解するラクターゼが消失することが多く、これをラクトース不耐症(乳糖不耐症)とよぶ。消化されなかったラクトースは大腸の細菌群で発酵されて、腸ガスを発生し腹痛や下痢の症状を引き起こす場合もある。腸管からのグルコース吸収は、小腸上皮細胞膜に局在するナトリウム依存性グルコース輸送体により細胞内に輸送され、その後、基底膜よりGLUT2により血液側に移行する(図2)。また、単糖であるフルクトースは、上皮細胞膜に局在するGLUT5により輸送されて細胞内に取り込まれる^{1,2)}(図2)。

食物繊維

糖質は、食物繊維(dietary fiber)と対比する意味で、腸管内でヒトの消化酵素の作用を受けるものと

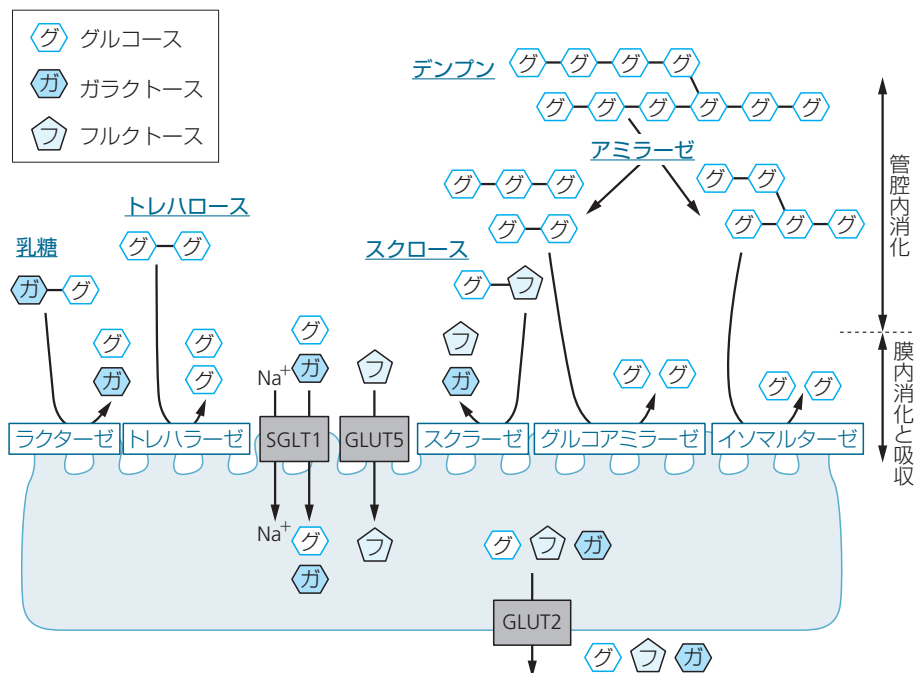


図2 糖質の消化吸収概要

して考える場合がある。この考え方によれば、グルコースの重合体であるアミロースは糖質に分類されるが、セルロースは糖質に分類されない。食物繊維とは、「ヒトの消化酵素で消化されない食物成分」と定義されている。当初、食物繊維は植物性食品に存在する難消化性多糖類とされていたが、現在では動物性食品にも存在することから、食物繊維は水に溶ける水溶性食物繊維と水に溶けない不溶性食物繊維に大別されている。セルロースは代表的な不溶性食物繊維であり、水溶性食物繊維には野菜や果物に含まれるペクチンなどがある¹⁾。

2 糖質の代謝

肝臓での代謝

食物として摂取された糖質は、上述したような経路により単糖にまで分解された後、小腸粘膜の刷子縁膜から吸収され門脈を経て、肝臓に運ばれる。グルコースは血糖として全身に運ばれるが、その他の単糖類は肝臓でその糖固有の代謝系で代謝された後、共通の代謝系である解糖系に導入される。肝臓に運ばれた単糖は、個々の単糖に特異的なリン酸化酵素(ヘキソキナーゼなど)により処理され、解糖系に導入され、それに続くクエン酸回路(TCA回路)とともにアデノシン三リン酸(adenosine triphosphate: ATP)産生のためのエネルギー(NADH)が引き出される。また、余分なグルコースはグリコーゲンとして貯蔵され、脂肪酸や非必須アミノ酸の合成に利用される。通常、肝臓のグリコーゲン濃度は2~8%といわれるが、食物の質と量の影響を受ける。また、食後数時間で最高濃度になり、その後低下するリズムを有している^{1,3)}。

解糖系

解糖系はグルコースがピルビン酸または乳酸にまで分解される代謝経路であり、細胞質で行われる(図3)。グルコースがヘキソキナーゼ(肝臓ではグルコキナーゼ)によりATPでリン酸化されたグルコース6-リン酸を生成する反応に始まる。グルコース6-リン酸は、フルクトース6-リン酸になり、さらにホスホフルクトキナーゼによりフルクトース1,6-ビスリン酸となる。次にフルクトース1,6-ビスリン酸はアルドラーゼの作用を受けて代謝され、最終的にピルビン酸に至る。この経路ではグルコース1モルあたり全体としてATP2モルを生成し、また、NADを還元してNADH2モルを生成する。この経路の最終産物であるピルビン酸は、ミトコンドリア膜を通過してミトコンドリア内に入り、クエン酸回路で代謝される。

筋組織における代謝

筋組織もグルコースを取り込んでエネルギーに代謝する。また、安静時には取り込んだグルコースをグリコーゲンとして一時貯蔵する。筋グリコーゲン濃度は1~2%であるが、筋肉は体重に占める割合が約40%と大きいために、肝臓よりも多くのグリコーゲンが貯蔵されている。筋グリコーゲンは、筋肉のエネルギー源としてのみ利用され、肝臓グリコーゲンと異なり、血糖として放出されることはない。筋グリコーゲンの分解には嫌氣的な過程(解糖系による乳酸の生成)と好氣的な過程(クエン酸回路)がある。嫌氣的な過程で生成した乳酸は血液中に出て肝臓に運ばれ、一部は酸化分解されるが、大部分はグルコースやグリコーゲンに再合成される。

脳での代謝

脳は全エネルギーの15~20%を消費する。この大部分が血糖から供給される。血糖値が極度に低下すると昏睡状態になることがある。また、脳組織では解糖系の酵素活性が高く、ビタミンB₁の不足によりピルビン酸からアセチルCoAへの変換が不十分になると、乳酸が蓄積して脳機能が低下する。

解糖系

- グルコース 1 分子が 2 分子のピルビン酸にまで分解される過程
- グルコース 1 分子あたり → 2 分子の ATP 生成*
- 細胞で行われる
- グルコースが解糖系により分解
 - ↓
 - 2 分子のピルビン酸
 - 2 分子の NADH
 - 2 分子の ATP を生成

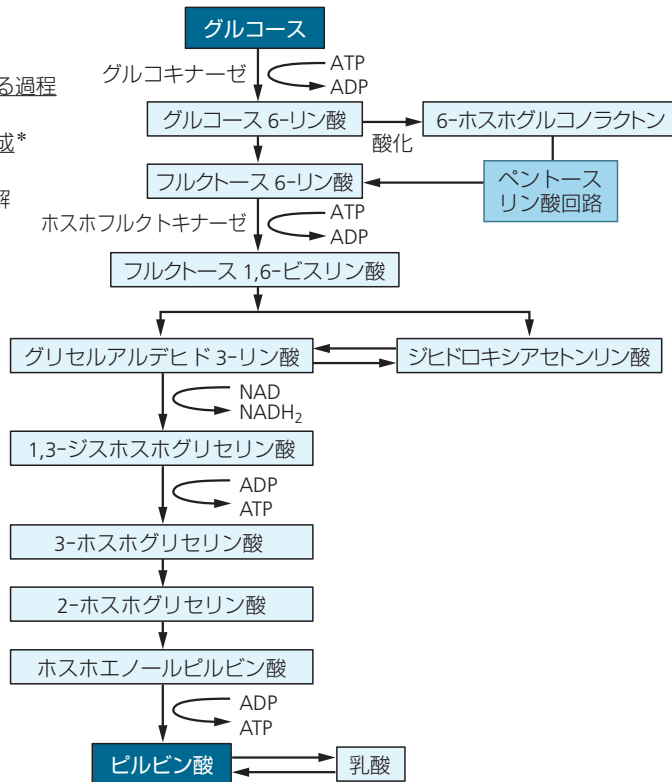


図3 解糖系について

(中屋 豊, 他編. エッセンシャル基礎栄養学. 東京: 医歯薬出版; 2005. p.54)¹⁾

3 糖質の栄養特性

糖質には栄養学的必須性の問題はない。他方、タンパク質や脂質においては体内合成できない、あるいは合成できても必要な量を供給できない栄養成分として必須アミノ酸や必須脂肪酸がある。ヒトは糖質を含まない食事を摂取していても欠乏症状は認められない。しかし、グルコースをはじめとして多くの糖質は生命活動に重要な役割を担っている。グルコースは、脳/中枢神経系においてほぼ唯一のエネルギー源として利用されている。そのため、血中グルコース濃度は、一定に維持されるようにホルモン調節を受けている⁴⁾。

GI(glycemic index)とは血糖上昇指数のことで、食事をとった後 120 分の血糖曲線下面積の比を、グルコースを 100 として比較したものである。GI 値が高い食物は血糖値が上がりやすく、低い食物は血糖値が上がりにくいことを表している。GI 値は同じ糖質量でも、食品により大きな差がある。血糖上昇率はインスリンの分泌に影響するため、GI 値の低い食物を選ぶことで、糖尿病や肥満の予防になると考えられている。ただし、GI 値は炭水化物の種類だけでなく咀嚼回数、米や麦などはその精製度や調理方法、他の栄養素との組み合わせ、食物繊維の種類や量など、さまざまな条件に大きく左右される。

4 糖質の必要量

日本人は1日の摂取エネルギーの60%を糖質から摂取している。国民栄養調査においては、糖質は炭水化物として表示されている。平成19(2007)年の国民栄養調査では、エネルギー1,898 kcalのうち、59.3%を炭水化物、25.8%を脂質、14.9%をタンパク質から摂取していた。食事摂取基準(2015年)では、1歳以上男女の炭水化物の目標量は50%エネルギー以上65%エネルギー未満とされている(表1)。炭水化物が直接ある特定の健康障害の原因となる報告は、糖尿病を除けば、理論的にも疫学的にも乏しい。そのため、炭水化物については推定平均必要量、耐容上限量および目安量も設定されていない⁵⁾。糖質の摂取量が多くなり、摂取エネルギーが必要量よりも多くなると、一部は肝臓や筋肉にグリコーゲンとして蓄積されるが、この量には限度があり、過剰に摂取した糖質は脂肪として脂肪組織に蓄積されるので、糖質の過剰摂取は肥満の原因になる²⁾。

■ フルクトース

フルクトースはグルコースとともに単糖であるが、グルコースよりも血糖上昇作用は弱く、血中中性脂肪上昇作用が強いなど、グルコースとは生理作用が異なり、循環器疾患への好ましくない影響が危惧されている。欧米諸国では、砂糖や高果糖含有コーンシロップなどの甘味を補充するために添加する糖(フルクトースを50%以上含む)を含む清涼飲料水の摂取と肥満との関連を示す報告が蓄積さ

表1 炭水化物(糖質)の食事摂取基準(%エネルギー)¹⁾

性別	男性	女性
年齢等	目標量 ^{1,2)} (中央値 ³⁾)	目標量 ^{1,2)} (中央値 ³⁾)
0~5(月)	—	—
6~11(月)	—	—
1~2(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
3~5(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
6~7(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
8~9(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
10~11(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
12~14(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
15~17(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
18~29(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
30~49(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
50~69(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
70以上(歳)	50~65(57.5)	50~65(57.5)
妊婦		—
授乳婦		—

¹⁾ 範囲については、おおむねの値を示したものである。

²⁾ アルコールを含む。ただし、アルコールの摂取を勧めるものではない。

³⁾ 中央値は、範囲の中央値を示したものであり、もっとも望ましい値を示すものではない。

(厚生労働省。「日本人の食事摂取基準(2015年版)策定検討会」報告書⁵⁾)

表2 食物繊維の食事摂取基準(g/日)

性別	男性	女性
年齢等	目標量	目標量
0~5(月)	—	—
6~11(月)	—	—
1~2(歳)	—	—
3~5(歳)	—	—
6~7(歳)	11以上	10以上
8~9(歳)	12以上	12以上
10~11(歳)	13以上	13以上
12~14(歳)	17以上	16以上
15~17(歳)	19以上	17以上
18~29(歳)	20以上	18以上
30~49(歳)	20以上	18以上
50~69(歳)	20以上	18以上
70以上(歳)	19以上	17以上
妊婦		—
授乳婦		—

(厚生労働省。「日本人の食事摂取基準(2015年版)策定検討会」報告書⁵⁾)