講 座

新 し い 栄 養 学 (IV)
糖 質

大 野 佳 美*・原 一 郎**

* 山陽学園短期大学 (岡山市平井 1-14-1)

** 東京医科歯科大学教養部 (市川市国府台 2-8-30)

New Aspects on Nutrition

(4) Glucide

Yoshimi OHNO* and Ichiro HARA**

* Sanyo Gakuen Junior College (1-14-1, Hirai, Okayama)

** Tokyo Medical and Dental University (2-8-30, Konodai, Ichikawa, Chiba)

○糖質とは

栄養学や食品学では食品に含まれる炭水化物には表-1 に示したように私たちの体がエネルギー源として利用でき、消化酵素によって単糖のグルコースやフルクトースにまで加水分解される“糖質”とよばれているものと、酵素によって加水分解をうけにくい“繊維”とがある。

米、パン、芋に含まれるデンプン、果物の甘味成分であるグルコースやフルクトース、乳汁中のラクトース、動物組織のグリコーゲン（肝臓、筋肉に存在、肉類、貝柱、かき、いかなどに含まれる）などが糖質である。単糖類、二糖類は水によく溶け甘味を有するが、多糖類は高分子化合物でそのままでは甘味のないものや水に難溶のものが多い。二糖類のうち特にショ糖は甘味をもつ調味料砂糖として広く使用されているのは周知の事である。

日本人の総摂取エネルギーの 2/3 はこの糖質によるものであり、成人は糖質の約半分をデンプンとして、約 35% を分離糖、約 7% を乳糖、残りの約 8% を果物や

野菜の中の糖の混合物として摂取している。

最近の食傾向は糖質中のデンプンの割合が減ってショ糖の割合が増加したことである。

生体の正常な活動のために糖質は脂質と同様、必要な栄養素であり、不足すると活力がにぶり疲労しやすくなるが、他方過剰に摂取された糖質はグリコーゲンとして肝臓や筋肉中に蓄えられる外に脂肪に変えられて脂肪組織に蓄えられており、非常時にはエネルギー源として使用される。単糖類の中では六炭糖のグルコースが最も重要な糖であり、分子式 $C_6H_{12}O_6$ で表され、この重合したものが多糖類のグリコーゲン、デンプン、セルロースなどである。デンプンは植物の貯蔵物質で種子、根茎に粒子の形で存在し、二種の成分アミロースとアミロペクチンとから成る。アミロースはグルコース 1 千～数千個が直鎖状に α -1,4 結合したものであり、アミロペクチンはアミロース鎖の途中から α -1,6 結合で枝分かれしたもので、平均してグルコース 10 個ぐらいから全体として 1 千～数万個が重合したものが存在し、デンプンの粘りに関係している。デンプンの種類によってアミロースとアミロペクチンとの含まれる割合が異なり、おいしいといわれる米（例、ささにしき）にはアミロペクチン含量が多い。逆にアミロース含量の多い米はま

表-1 食品に含まれる主な糖質

種 類	構 成 単 糖	主 な 所 在
単糖類	グルコース (ブドウ糖) フルクトース (果糖) ガラクトース マンノース	成熟した果実、とうもろこし、玉ねぎ はちみつ、果物 乳汁
少糖類	シュクロース (ショ糖) ラクトース (乳糖) マルトース (麦芽糖)	グルコース+フルクトース グルコース+ガラクトース グルコース 2 分子
多糖類	デンプン グリコーゲン セルロース イヌリン	グルコースのポリマー フルクトースのポリマー
		米、麦、芋、豆類 獣肉類、魚、貝類 果物、野菜 ダリヤの塊根、ごぼうの根、きくいも

ースとアミロペクチンとの含まれる割合が異なり、おいしいといわれる米（例、ささにしき）にはアミロペクチン含量が多い。逆にアミロース含量の多い米はま

表-2 主なデンプンの性状及びアミロース、アミロペクチンの含有量

デンプンの種類 性 状	うるち米	小 麦	とうもろこし	じゃがいも	さつまいも	タビオカ	わ ら び	く ず
粒の大きさ (μm)	2~10	5~50	6~30	15~120	5~60	4~35	15~40	7~15
のり化温度 (°C)	70~80	62~83	65~76	55~65	58~67	64~79	55~63	70~77
粘 度	低・安定	低・安定	低・安定	高・不安定	中・不安定	中・不安定	高・不安定	低・安定
アミロース含量 (%)	17.0	24.0	21.0	22.0	17.8	17.0	20.3	20.5
アミロペクチン含量 (%)	83.0	76.0	79.0	78.0	82.2	83.0	79.7	79.5

% のアミロペクチンから成る (表-2) が、もち米、もちとうもろこしなどのデンプンはアミロースをほとんど含まず大部分がアミロペクチンから成り立っている。

セルロースはダイエタリー・ファイバーの一つであり、多数のグルコースが β -1,4 結合で重合したもので、天然のセルロースは約 3,000 個のグルコースから構成され、高等植物の細胞壁中に存在する多糖成分である。人の生体内の消化酵素では分解されにくい。

グリコーゲンは動物の貯蔵物質であり、アミロペクチンに似た構造であるが、鎖の長さは 10~20 個のグルコースで、短くて枝分かれがもっと多く、分子量はデンプンよりも小さい。

1 デンプンののり化と老化

デンプンは分子量が大きく、そのままの状態ではほとんど冷水に溶けず懸濁状態となる。この状態では消化酵素の作用もほとんど働かないため、水と熱を加えて調理し食用に供する。デンプン粒に多量の水を加えて加熱するとミセル構造がゆるみ、60°C 付近で粒子は急激に水を吸水して膨潤し粘度を増し、半透明のコロイド溶液となり、70~80°C で透明なゾルとなる。そして、デンプンはもとの体積の数十倍になり結晶状態がくずれる。このような現象をデンプンののり化または α 化とよび、この状態のデンプンをのり化デンプンまたは α (化) デンプンとよんでいる。これに対し生のデンプンを β (化) デンプンとよび区別している。こののり化の温度はデンプンの種類によって異なる。また、一般に水分が 30~40% 必要で、高温ほど、そしてデンプンの粒子が小さいほどのり化がはやい。のり化したデンプンは味、舌ざわりが滑らかになると同時に保温効果をもち冷めにくい。また他の食品材料をこのデンプンでおおって膜をつくと内部のうま味や栄養素が外に出にくくなる。

のり化デンプンを冷所に放置すると水分を失ってしだいにミセルに規則性が表れてくる。これをデンプンの老化とよぶが、この老化したデンプンの構造を X 線回折で調べるともとの生のデンプンのものとよく似てはいるが、異なったものであるため β' デンプンとよばれる。

老化がおこりやすいのは 0°C 付近、水分 30~60% のときで、これも温度、水分、デンプンの種類やのり化したときの温度やのり化度の割合などによって影響をうけ

る。すなわち、のり化度の低いものほど老化しやすい。直鎖状のアミロースは分枝状のアミロペクチンよりも老化しやすく、アミロースが老化の先導的役割を果たしており、一般にデンプンの濃度が増すほど老化がはやいが、さつまいもデンプンは老化しにくく、とうもろこしや小麦などの穀類デンプンは老化しやすい。また、じゃがいもの場合は 5% 以下の濃度ではさつまいもとほとんど変わりなく、7.5% 以上になると老化しやすくなり、20% 以上の高濃度ではとうもろこしや小麦のデンプンと同程度である¹⁾と報告されている。

2 甘味料としての糖質

単糖類、二糖類は甘味をもっている。この甘味はグルコースでは α 型の方が β 型よりも強いというように、同一の化合物においてもその異性体により甘味の強さが異なる。また、温度や時間によっても変化する。

ショ糖はその構成成分のグルコース、フルクトースいずれもが甘味の強い構造であり、しかも還元基間で結合しているため、溶液中での甘味の強さが状況によって変化する。表-3 に糖及び人工甘味物質の甘味度をショ糖を 1.00 とした時の数値で示した。糖類のなかではフルクトースが最も甘味が強いが、フルクトースは β 型の方が甘味が強く、また温度が低い方が β 型が多くなるので、果物などは冷たくして食する方が美味であるといえる。

私たちが調味料として用いているショ糖 (砂糖) は昔は貴重品であったが、戦後生活全般が豊かになるにつ

表-3 糖、人工甘味物質の甘味度 (ショ糖を 1.00 とする)

物 質 名	甘 味 度
シ ョ 糖	1.00
D-果糖	1.14
D-グルコース	0.69
D-ガラクトース	0.63
D-マンノース	0.59
D-マンニトール	0.69
D-ソルビトール	0.51
マルトース	0.46
ラクトース	0.39
カルシウムサイクラメート	33.8
ズルチン	90
サッカリン	300
グリシルリチン	50~100
ステビオシド	100~120
L-アスパルチール-L-フェニルアラニンメチルエステル	100~200
タウマチン	750~1500
モネリン	3000

れて外国からの豊富な原料糖の輸入、これに伴う砂糖の精製技術の発達などとともに砂糖の消費量が増加し、昭和 40 年代には国民 1 人 1 日当たりの消費量が約 20 g とまでなったが、昭和 50 年代に入ってやや下がり約 15 g あたりで一定となっている (図-1)。

図-1 日本人の摂取カロリー及び砂糖類の推移 (1人1日当たり) 厚生省栄養調査より

3 糖の過剰摂取の問題

甘味は私たちにとっては心よい味であり、だれでもが好む味である。特に乳児では甘味を好むのは生まれつきのものであるといわれている。

砂糖の消費量はその国の文化度を表す指標といわれ豊かな国ほどその消費量が多い。最近、砂糖の過剰摂取にともなう種々の障害を「砂糖病」とよび、砂糖及び甘味をもつ物質のとりすぎに警告を発する研究者が多い。

3.1 虫歯

砂糖の消費量に比例して子供の虫歯が増加してきたといわれる。歯のはえそろわない1才児で 20%, 3才児で 89%, 6才児で 97% がすでになんらかの歯の異常をもっているといわれる。甘いもののとりすぎは虫歯をつくるにとどまらず、また肥満やビタミン B₁ 不足によるかっけ症状の小児、児童の増加をまねく虞がある。すなわち、甘味をもつケーキ、クッキー、キャンデーや炭酸及び乳酸飲料などで空腹を満たす結果、他の栄養素の摂取不足をきたすことになる。表-4 に市販菓子類のシロ糖含量を示したが、このように子供の好む甘いお菓子類にはたっぷりとシロ糖が含まれている。この外、市場に豊富にでまわる加工食品においてもこれほどではないにしてもシロ糖が含まれていることが多く、また、日本料理は調味として砂糖を使うことがほとんどなので、シロ糖をはじめ甘味物質の摂取には充分注意することが望まれる。

虫歯の主な原因は微生物による糖の酸発酵である。砂糖は食物中で最も発酵性のよいものであり、しかもこれを多量に含む菓子類をおやつとして食間に摂取するため、長時間歯を酸性にさらすことになる。これが歯の主

成分であるリン酸カルシウムの酸による溶解の原因となる。また、虫歯の原因菌とみられるストレプトコッカス・ミュータンスは砂糖から付着性の強い不溶性グルカン (D-グルコースよりなる多糖類) を生成するため、こゝでつくられる酸は拡散しにくく、これも虫歯になりやすい原因とみられる。

また食品のテクスチャー^{*1}や食べる回数にもよる。すなわち、テレビをみながら長時間ダラダラと食べているか、寝る前か、なども虫歯の発生に影響する。

Garn と Solomon²⁾ が食物摂取と虫歯の関連を虫歯のために失われた歯及び治療した歯 (decayed missing-filled teeth, DMFT) の調査によってしらべたところ、アメリカの若者では、黒人、白人ともに DMFT の多い者の砂糖を含む食品の摂取が 10 倍近く高いことが明らかにされた。肥満者の場合においても同じ傾向がみられたと述べている。

Morgan と Zabik³⁾ によるアメリカにおける 1977 年秋に行った無差別抽出法による 5~12 才の子供 657 人の 7 d 間の食事調査によると糖質の摂取総量は平均 134.3 ± 48.1 g/d であった。摂取量からすると年齢が高くなる方が多くとっているようであるが (表-5)、総摂取カロリーに対する割合でみると 5~6 才 25.7%, 7~8 才 25.8%, 9~10 才 24.0%, 11~12 才 24.2% で 5~8 才の子供の方が糖質の占めるカロリーの割合が高かった。糖質源としてはまずミルク、ついで甘味飲料、果物の順であった。おのおのの糖質の摂取範囲をみると、9~10 才のグループでは 120 g/d の子供が最も多いが、44 g/d 以下及び 280 g/d 以上の子供が少数であるが含まれている。問題となるのはこの異常に高い摂取量を示す子供達である。例えばミルク 34.9 g, 果物 31.3 g, ケーキ、クッキー、パイその他のデザート 24.0 g, 甘味飲料 23.9 g といった調子である。この論文では糖質の摂取量と虫歯との関連について調べていないが、これから最近の子供の虫歯の増加が推測されよう。

しかし、砂糖を全く食べなくても虫歯になる人もいるし、また砂糖をかなりとっていても虫歯にならない人も多いから、砂糖ばかりに虫歯の原因をおしつけるわけにはいかないが、砂糖及び発酵性の糖質が誘因となることは否定できない。

3.2 肥満

糖質の過剰摂取によって余った糖質が体脂肪として蓄積し、肥満となりさらに糖尿病、高脂血症また動脈硬化など多くの成人病の誘因となることが強調されはじめるにつれて、私たちは日常生活のなかで砂糖そのものの摂取を減らそうと努力している。確かにコーヒーや紅茶に

*1: テクスチャー, texture

ラテン語の「織りなす」の意で、食品では、温度と味を除いた食品の物理的性質をいい、主として口中の触感をテクスチャーという。これには食品の粘性、弾性などが関与する。

表-4 市販菓子類のショ糖の含有量

食 品 名	シ ャ 糖 (g/100 g)	食 品 名	シ ャ 糖 (g/100 g)	食 品 名	シ ャ 糖 (g/100 g)
和菓子類		蒸し	36.9	ハード	17.3
生・半生菓子類		干菓子類		ソフト	20.6
甘 納 豆	57.4	あめ玉	81.2	クッキー	21.6
ういろう	26.3	打ちもの菓子		ボ ー ロ	48.4
うぐいすもち	43.0	らくがん	58.8	ロシアケーキ	35.9
かしわもち	14.6	麦らくがん	56.0	キャンデー類	
カステラ	37.3	もろこしらくがん	63.3	キャラメル	61.9
今 川 焼	24.3	お こ し	38.3	ゼリーピーンズ	65.1
か の こ	46.5	かりんとう		チャイナマーブル	97.0
かるかん	33.5	黒	27.5	ドロップ	56.2
きびだんご	48.3	白	21.1	スガー	
ぎゅうひ	40.9	源 平 豆	65.1	あんず	52.2
きりざんしょ	32.3	ごかぼう	23.2	ピーナツ	47.2
錦 玉 糖	65.6	しおがま	55.4	マシュマロ	43.3
きんつば	41.2	せんべい		チョコレート類	
くしだんご		いそべ	49.2	チョコレート	
あん	9.6	かわら	45.9	スイート	49.5
しょうゆ	7.5	巻き	64.4	ミルク	39.7
さくらもち		甘辛せんべい	8.6	チョコレート菓子	36.6
関東風	30.1	松 風	48.1	そ の 他	
関西風	23.9	八 ツ 橋	51.8	ピーナツバター	2.6
だいふくもち	16.0	中華菓子		ゆであずき	35.3
タルト	39.1	月 餅	33.2	煮 豆	
ら ま き	19.8	あんまんじゅう	16.6	うずら豆	34.2
ちゃつう	39.6	洋菓子類		ぶどう豆	28.2
ど ら 焼	35.7	生・半生菓子類		うぐいす豆	38.0
ねりきり	39.8	アップルパイ	15.6	フライピーンズ	38.0
まんじゅう		カップケーキ	27.9	ふき豆	38.4
カステラ	34.6	シュークリーム	12.2	乳 飲 料	
くず	34.6	ショートケーキ	28.5	コーヒー	7.5
栗	40.2	ドーナツ	19.3	フルーツ	10.0
とう	39.3	ワッフル	11.2	ヨーグルト	
蒸し	34.3	菓子パン類		含脂加糖	9.0
も な か	42.6	あんパン	28.5	脱脂加糖	10.0
ゆ べ し	52.8	クリームパン	28.5	加糖練乳	44.0
ようかん		焼菓子類		加糖脱脂練乳	43.0
練り	55.0	ウエハース	37.9		
みず	33.7	ビスケット			

医歯薬出版の食品成分表より

入っていた砂糖をやめたり減らすというように家庭内での砂糖の消費が減少してきた。その反面、飲食品産業での砂糖の消費が著しく増加してきている。そのため砂糖であると認識して摂取していなくても知らずにいろいろな食品から想像以上の砂糖及び糖質を摂取しているということになりそうである。

肥満は天然の繊維をそのままの形で含む食品を多量に摂取している国民に少ないことから、肥満者には繊維を多く含む食品の摂取がすすめられている⁴⁾。また肥満の原因は環境と遺伝的なものによるが、肥満者をしらべてみると、ある時期には高インシュリン血症となる。肥満者

に適度な運動と低炭水化物食及び摂取カロリーを減少させることによって、肥満の程度にかかわらずインシュリン反応が減少することから肥満の成り立ちに起因するものがこの反応にかかわっていると考えられる。最近繊維を多く含む食物の摂取によってインシュリンの分泌が抑えられることが明らかにされた⁵⁾。一方、Michaelis ら⁶⁾はいずれも糖尿である肥満ラット及び非肥満ラットに対するショ糖、転化糖⁷⁾及び調理済みとうもろこしデンプン投与による影響を調べたところ、食じ内容にかかわらず肥満ラットは一般によく食べた。体重当たりの肝臓の大きさ、肝臓や脂肪組織での種々の脂肪合成酵素の増加

表-5 糖類（グルコース、シュクロース、ラクトース、マルトース及びその他の還元糖）の摂取状況

食 品 群	平 均 摂 取 量 (g/d)			
	5~6 才 (n=162)	7~8 才 (n=168)	9~10 才 (n=165)	11~12 才 (n=162)
朝食としてのスナック類	4.1±4.3*	4.5±4.8	4.0±4.4	4.0±4.8
ケーキ, クッキー, パイ, その他デザート	13.1±11.1 ^b	14.9±13.2 ^{a,b}	17.8±15.5 ^a	15.6±13.0 ^{a,b}
キャンデー	3.7±5.6	3.3±4.6	3.6±6.4	4.2±6.4
クラッカー, パン, ワッフル	4.4±4.0 ^c	4.8±3.3 ^{b,c}	5.5±3.9 ^{a,b}	6.1±4.6 ^a
デザートソース類	44±14.6	5.3±14.6	4.0±12.6	4.4±12.8
ドーナツ, スイートルール	1.4±2.3 ^b	2.1±4.3 ^{a,b}	2.5±4.4 ^a	2.7±5.2 ^a
果 物	14.8±22.2	19.3±14.4	16.5±12.5	17.7±31.2
フルーツジュース	11.1±13.9	13.3±18.7	13.2±13.9	10.4±10.5
ゼリー, テーブルシュガー, シロップ	11.8±10.1	12.4±10.4	13.4±11.5	13.4±11.8
ミ ル ク	25.6±18.2	25.4±12.7	25.4±10.6	27.4±13.6
甘味飲料	19.3±17.0 ^{a,b}	16.1±15.5	14.8±12.8 ^c	21.7±18.9 ^a
甘味乳製品, 冷凍糖菓	5.9±5.6 ^b	7.6±8.4 ^{a,b}	7.2±9.9 ^{a,b}	8.9±8.5 ^a
そ の 他	4.9±4.0 ^b	4.9±4.8 ^b	5.2±2.9 ^b	6.2±3.6 ^a
全食品の平均	124.8±45.5 ^a	135.3±53.3 ^{a,b}	133.7±42.9 ^b	143.2±48.2 ^b

* 平均値 ±SD 同列で記号なし及び同じ記号のあるものは有意差 ($P<0.05$) なし。

(units/g protein) などは食じの与え方によっても影響されたが、肥満ラットの方が大であった。シヨ糖とデンプンを比較すると食物の吸収、体重増加、肝臓での脂肪合成酵素及びグルコース合成酵素の活性 (units/g protein) の増加、肝臓及び脂肪組織の重量はシヨ糖摂取の方が大きく、一方脂肪組織でのタンパク質量はデンプン摂取の方が大であった。シヨ糖と転化糖を比較すると肝臓の脂肪合成酵素の活性 (units/g protein)、脂肪組織の重量及びそのタンパク質量は前者の方が大きかった。このように糖に対する反応は食じ内容、その与え方及び遺伝的な因子によって変化するがこれらの食じに対する生体での適応は肥満ラットの方がはやかかった。また脂肪組織重量に対するタンパク質含量の差からみるとトリグリセリド含量は肥満ラットの方が高く、非肥満ラットでもデンプン摂取よりもシヨ糖食で高く、肥満化には肝臓及び脂肪組織のいずれもが関与しており、高シヨ糖食を長期間投与すると肝臓でのグルコース新生に関与する酵素の活性が高くなり、これら糖質代謝の適応のために脂肪組織が重要な役割を果たしていることが推測された。低タンパク質高炭水化物食はある種のラットでは血清トリヨードクロニン濃度を高め、熱発生を増加させることが知られているが、Young ら⁷⁾ は糖尿ラットに 8%カゼインと 73%炭水化物を含む低タンパク質食を与えると肥満ラッ

トの成長は摂取したタンパク質の量より摂取した総エネルギー量に影響された。非肥満ラットは過剰のエネルギーを熱産生を増加させて消費したのに、肥満ラットではこうした適応はみられなかった。糖尿肥満ラットでは軽い甲状せん機能低下がみられ、これが過剰摂取に対する防御作用であるかもしれない。このように糖質に対する反応はその種類、量により異なるが、一般に肥満ではこれらの因子に対する適応がよくないらしい。

Halsted と Stern⁸⁾ は死亡率と体重増加は逆相関するという意味から多くの危険にさらされているのが肥満であり、子供の肥満の 20 人に 1 人以上は成人してもそのまま肥満であって、このためいろいろな代謝障害をもたらし、突然死、心筋こうそく、脳卒中などの危険に常にさらされていると指摘している。肥満の 25% は糖尿病であり、胆石の発生も正常な人に比べて 3 倍以上も高い。フェニフルラミン、ジェチルプロピオンなどの食欲を抑える薬剤の服用や外科手術を行っても、満足すべき結果を得られることが少なく、かえって新たな疾病の誘因となるかもしれないし、標準とすべき治療法もない。また、各個人によってもそれぞれ性状が異なるので各個人に合った方法で減量を試みるべきであると論じている。

4 糖質による血中のグルコース、インシュリン反応

食物として摂取した糖質の大部分は生体内で酵素反応によってグルコースにまで分解され、これは血液によって全身におくられる。この血液中のグルコースは血糖とよばれ、正常人では 80~110 mg/dl である。正常な生命活動を営むためにはこの血糖値が常に一定に保たれていることが必要で、これにはホルモンが関与してい

*2: 転化糖, invert sugar

二糖類であるシヨ糖を希酸と加熱するか酵素シュクララーゼ (インベルターゼ) を作用させると容易に加水分解して構成成分である D-グルコースと D-ガラクトースとの同量混合物となる。シヨ糖の旋光度 $[\alpha]_D^{20} = +66$ からこれら単糖の混合物の旋光度 $[\alpha]_D^{20} = -20$ となり $\oplus \rightarrow \ominus$ に変化するためにこれらの単糖混合物を転化糖とよんでいる。

る。血糖を下げる方に働くのはインシュリンであり、他方エピネフリン、グルカゴン、副じん皮質ホルモン（グルココルチコイド）及び成長ホルモンは血糖を上げる方に働いている。

脳は糖の不足に対しては非常に敏感な組織であり、低血糖症の状態になると飢餓感、無力感、疲労などが生じ、さらに糖尿病治療などでインシュリンの投与量が多すぎたり、またなんらかの障害でインシュリン分泌がこう進んだり、血糖値を上げるホルモンの分泌不足などホルモンのバランスがくずれて血糖値が急激に下がると低血糖症となりこん睡に至る場合がある。

種々の糖質を含む食事による血糖値及びインシュリンレベルに関する研究は多いが、Cohen ら⁹⁾ は、砂糖摂取による耐糖性はパン食の場合よりも有意に高く、この時血清コレステロールの増加もみられ、再びパン食にすると耐糖性も改善され血清コレステロール値も下がったと報告している。また糖質の投与量によって耐糖性は変化するが、20% グルコース、65% 脂肪を含む食じでは異常を示した耐糖性がグルコースの増加とともに次第に改善され、80% グルコース及び 80% ショ糖食では対照 (3,025 kcal, カロリー比：炭水化物 40%, 脂肪43%, タンパク質 17%) と差のないことから耐糖性の変化は食じ中に含まれるこれら糖質及び脂肪の量によることが示唆された¹⁰⁾。しかし、肝臓での解糖作用や脂肪合成を調節している酵素はショ糖の影響を受けないといわれる¹¹⁾。Kelsay ら¹²⁾ は若い女性にグルコースまたはショ糖を総カロリー (2,000 kcal/d) の 42% を含む食じを与えると空腹時の血中グルコースとインシュリンの量はいずれも対照 (カロリー比で 21% の糖質を含む) よりも高く、特にインシュリン量はショ糖の方が有意に高いことから高グルコース及び高ショ糖を含む食じでは血中のインシュリンの感受性が減少するのではないかと述べている。Macdonald ら¹³⁾ は正常人では血糖値はグルコース及びショ糖投与で増加し、ショ糖では投与量 (0.25 ~ 1.00 g/kg body weight) が増加するとともに血糖値の上昇がみられた。一方インシュリン量はグルコース投与の方がショ糖投与よりも約 2~3 倍高く、フルクトースは最小でショ糖の約 1/7 程度であった。また血清トリグリセリド値は投与した糖質の種類や量にかかわらず投与前よりも減少し、インシュリンとの関連はないがショ糖摂取はのように糖代謝に障害を及ぼしているらしいと報告している。

一般に糖尿病の場合の食じ療法はデンプンなど高分子の糖質より血糖を容易に高めるグルコースのような単糖の摂取がよいとされている。Lenner¹⁴⁾ は糖尿病では朝食後のインシュリン及びインシュリン・グルコース比が最も高いことからこれらに対する朝食中の糖質の影響を調べたところ、一般に糖質を多量に含む食じでは血糖値

が有意に上昇し、しかも二糖類を含む方がデンプンよりも血糖値の上昇が小さいことがわかった。20% タンパク質、35% 脂質、45% 糖質を含む食じの糖質の 65% を二糖類にすると血糖値がわずかに上昇したが、この場合血糖値が低くなりすぎたり充分満腹できないケースもみられ、特に若年性糖尿病の場合では初めの血糖値の方が食じ内容よりも影響が大きく、二糖類を多く含む食じでは満腹感が得られないため食べすぎる虞があるとして避けた方が望ましいとしている。Crapo ら¹⁵⁾ はデキストロース、米、じゃがいも、とうもろこし、パン食 (いずれも 50 g のグルコースを含む) の場合の短期間の血糖値の増加を調べた結果、デキストロース、じゃがいもが最大で、ついでパンであり、米、とうもろこしが最も低かった (図-2-A)。また血中のインシュリン量については図-2-B のように全体に平たんで急激な上昇がみら

図-2 糖類に対する血清グルコース反応 (A) 及び血清インシュリン反応 (B)

れなかったものの、米はじゃがいもに比べて有意に低かった。糖質摂取 3h 後の尿中のグルコース排泄はデキストロースで最大、米ととうもろこしで最小であったことから、糖尿病患者の食じとしては血糖値を高くする作用の少ない米やとうもろこしを摂取すべきであると述べている。Nuttall¹⁶⁾ はアメリカ糖尿病協会の食品と栄養委員会の 1979 年の報告を要約して、糖尿病患者は食じの組成が 12~20% タンパク質、50~60% 糖質、10% 高度不飽和脂肪酸を含むように考慮して血糖をコントロールしながらその時に応じて食品摂取の選択や量を決め、またインシュリン投与にみあった食じ摂取を心がけることで全体に栄養のバランスのとれたものにすることが重要であり、これらは各個人で異なるので個人別の食じプランが必要であると述べている。また急激な血糖の上昇を防ぐフルクトースやソルビトールなどの甘味料の

使用は考慮してもよいが長期使用は生化学的な影響に関する証拠が不十分としてすすめてはいない。

(昭和 56 年 8 月 28 日受理)

文 献

- 1) 坂井恵子, 檜作 進, 前田 巖, 日本農芸化学誌, **50**, 191 (1976)
- 2) S.M. Garn, M.A. Solomon, *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1890 (1980)
- 3) K.J. Morgan, M.E. Zabik, *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 404 (1981)
- 4) T.B. Van Itallie, *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S 252 (1978)
- 5) M.J. Albrink, *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S 277 (1978)
- 6) O.E. Michaelis, IV, D.J. Schelfield, L.B. Gardner, S. Cataland, *J. Nutr.*, **110**, 1409 (1980)
- 7) R.A. Young, O.L. Tulp, E.S. Horton, *J. Nutr.*, **110**, 1421 (1980)
- 8) C.H. Halsted, J.S. Stern, *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1326 (1980)
- 9) A.M. Cohen, A. Teitelbaum, M. Balogh, J.J. Groen, *Am. J. Clin. Nutr.*, **19**, 59 (1966)
- 10) J.W. Anderson, R.H. Herman, D. Zakim, *Am. J. Clin. Nutr.*, **26**, 600 (1973)
- 11) O.E. Michaelis, IV, C.S. Nace, B. Szepesi, *J. Nutr.*, **105**, 1186 (1975)
- 12) J.L. Kelsay, K.M. Behall, J.M. Holden, E.S. Prather, *Am. J. Clin. Nutr.*, **27**, 926 (1974)
- 13) Macdonald, A. Keyser, D. Pacy, *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, 1305 (1978)
- 14) R.A. Lenner, *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**, 716 (1976)
- 15) P.A. Crapo, J. Insel, M. Speerling, O.G. Kolterman, *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 184 (1981)
- 16) F.Q. Nuttall, *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1311 (1980)