

特集

循環器疾患予防のための栄養のエビデンス

グリセミックインデックス, 砂糖摂取と循環器疾患*

佐々木 敏**

Key Words : glycemic index, glycemic load, soft drink, diabetes mellitus, obesity

はじめに

グリセミックインデックス (glycemic index : GI) とは, 1981年にJenkinsらによって提唱された, 食事として摂取された炭水化物が糖に変化して血糖値を上昇させる能力を相対的に表す数値である。食品の炭水化物50グラムを摂取した際の血糖値上昇の度合い(摂取後2時間以内における血糖値上昇の時間的経過の曲線の面積)を, ブドウ糖(グルコース)または白パン(精白した小麦を使ったパン)を100とした場合の相対値で表すとされる。したがって, GIは食品の血糖上昇能力に関する質の指標と理解できる。GIは食品ごとに与えられるが, 通常の生活では, 複数の食品を異なる頻度ならびに量で摂取している。このような場合には, その対象者の食事全体を評価するGIを

$$\Sigma(\text{食品 } k \text{ の摂取量} [g] \times \text{食品 } k \text{ の利用可能炭水化物量} [g/g \text{食品}] \times \text{食品 } k \text{ のGI})$$

$$\div \Sigma \text{食品 } k \text{ の利用可能炭水化物量} [g/g \text{食品}]$$

$$k = 1 \cdots i \text{ (} i \text{ は摂取した食品数)}$$

として求めることができる。ここで, 利用可能炭水化物には, 総炭水化物から食物繊維を除いたものを用いる。

表1 いくつかの食品のグリセミックインデックス*

食品	グリセミックインデックス
せんべい	91
コーンフレーク	81
白米	77
白パン	74
フライドポテト	70
砂糖	68
胚芽米	66
清涼飲料	61
玄米	55
バナナ	51
インスタント麺	47
スパゲッティ	46
ケーキ	46
チョコレート	43
りんご	37

* ブドウ糖を100とした場合の値。(文献¹⁾より抜粋)

後に, 炭水化物の摂取量も考慮したグリセミック負荷 (glycemic load : GL) が考案されている。複数の食品を異なる頻度ならびに量で摂取している場合には, その対象者全体の食事を評価するGLは,

$$\Sigma(\text{食品 } k \text{ の摂取量} [g] \times \text{食品 } k \text{ の利用可能炭水化物量} [g/g \text{食品}] \times \text{食品 } k \text{ のGI})$$

$$k = 1 \cdots i \text{ (} i \text{ は摂取した食品数)}$$

として求める。

GIの特徴は, 炭水化物や糖質という栄養素だけでなく, 食品の物性なども考慮し, その食品

* Glycemic index, sugar intake, and cardiovascular disease.

** Satoshi SASAKI, M.D., Ph.D.: 東京大学大学院医学系研究科公共健康医学専攻社会予防疫学分野(〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1); Department of Social and Preventive Epidemiology, School of Public Health, The University of Tokyo, Tokyo 113-0033, JAPAN

を摂取したときにおける実際の血糖上昇量を測定し, それをもって食品の特徴とする点にある。同じ食品を同じように摂取しても血糖上昇量には個人差が存在する。そこで, GIの決定には最低10人以上の被験者を用いることが推奨されている。なお, 基準食品に比べた相対値であるため, 被験者の健康状態, たとえば, 糖尿病の有無やその程度は, GIには大きくは影響せず, したがって, GIの利用に際しては対象者(患者など)の健康状態はほとんど考慮しなくてよいようである。

このように, GIは血糖上昇に着目した指標であるが, 耐糖能異常(糖尿病)だけでなく, 循環器疾患やある種の癌(乳癌, 大腸癌, 膵臓癌など)や眼疾患などへの影響も考えられ, 数多くの研究が進められている。また, 糖尿病に関連する指標であることから, 肥満・過体重に関する研究も多い。

上記のように, GIは血糖上昇量を測定して得られた値であり, 炭水化物や果糖といったある種の糖といった栄養素量とは理論的には関連しない。表1に示したように, 実際には, 砂糖のGIは, ショ糖のGIを100とした場合68であり, 白米の77や白パンの74よりも低い。これは, 同じ炭水化物量を摂取するならば, 白米や白パンのほうが砂糖よりも血糖上昇量が大いことを示している。

続いて, 砂糖であるが, 通常的生活において砂糖だけを単独で摂取することは少ない。むしろ, 砂糖以外の甘味料も含む甘味飲料として摂取するのが通常である。そこで, ここでは砂糖に限定せず, 甘味飲料全体を取り上げることに

表2 食事性のグリセミックインデックス(GI)またははグリセミック負荷(GL)と循環器疾患(心筋梗塞または脳卒中)の発症との関連を検討したホーランド研究の結果のまとめ

文献	対象者		追跡期間(年)	疾患	GIまたはGL	相対危険
	国	性 年齢(歳)				
2	アメリカ	女性 38~63	10	心筋梗塞	GL 1.98*	GLでの5分位における最低群に比べた最高群の相対危険
3	アメリカ	女性 30~55	18	脳卒中	GL 1.23	GLでの5分位における最低群に比べた最高群の相対危険
4	スウェーデン	女性 48~83	9	心筋梗塞	GI 0.98	GIでの5分位における最低群に比べた最高群の相対危険
5	日本	男性 35以上	11.9	脳卒中	GI 1.12	GIでの5分位における最低群に比べた最高群の相対危険
6	オランダ	男性 21~64	11.9	心筋梗塞	GI 0.78	GIでの4分位における最低群に比べた最高群の相対危険
		女性 21~64		10,753	脳卒中	GL 1.00
					GI 2.09*	GIでの4分位における最低群に比べた最高群の相対危険
					GL 1.17	GLでの4分位における最低群に比べた最高群の相対危険
					GI 1.02	GIがこの集団における1標準偏差(3.9)増加した場合の相対危険
					GL 1.14	GLがこの集団における1標準偏差(20.5)増加した場合の相対危険
					GI 1.27*	GIがこの集団における1標準偏差(3.9)増加した場合の相対危険
					GL 1.23	GLがこの集団における1標準偏差(20.5)増加した場合の相対危険
					GI 1.07	GIがこの集団における1標準偏差(3.9)増加した場合の相対危険
					GL 1.05	GLがこの集団における1標準偏差(20.5)増加した場合の相対危険
					GI 0.95	GIがこの集団における1標準偏差(3.9)増加した場合の相対危険
					GL 0.90	GLがこの集団における1標準偏差(20.5)増加した場合の相対危険

*有意な関連が認められたもの。

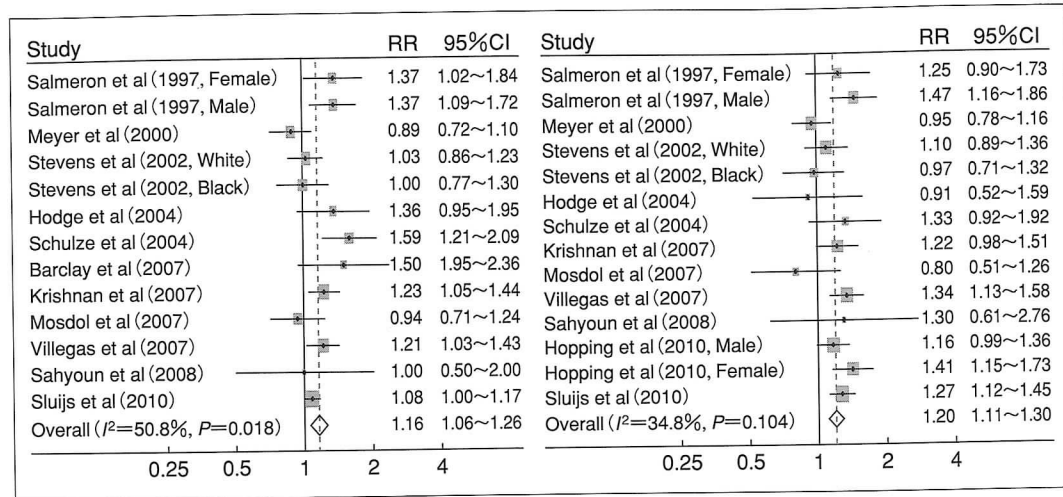


図1 GI(左)またはGL(右)と2型糖尿病の発症との関連を検討した追跡研究の16の結果をまとめたメタ分析(文献⁷⁾より改変引用)

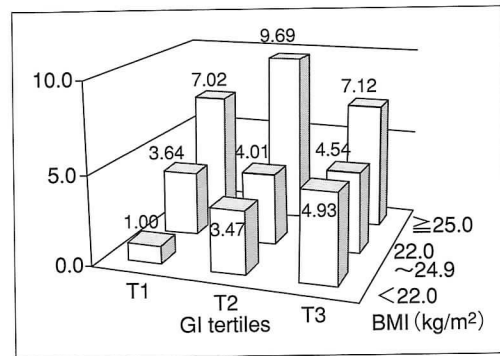


図2 中年男性1,995人を6年間追跡したわが国におけるコホート研究の結果。GIと肥満度(BMI)が2型糖尿病発症に与える影響。(文献⁸⁾より改変引用)

したい。

なお、本稿は実生活におけるGIや甘味飲料摂取と循環器疾患などとの関連を概観することを目的とし、そのために疫学研究による知見に限って紹介することにする。

グリセミックインデックスと循環器疾患

ほかの生活習慣病に比較すると循環器疾患(心筋梗塞・脳卒中)との関連を検討した疫学研究はそれほど多くはなく、GIやGLとその後の心筋梗塞または脳卒中の発症率との関連を検討したコホート研究によると、表2に示したように、リスクが上昇するとした研究と有意な関連はない

とした研究の双方があり、一定した結果は得られていない^{2)~6)}。

GIやGLと血清脂質との関連を検討した研究によると、その多くがHDLコレステロールと負の相関があることを報告している。特にGLとの関連が顕著である¹⁾。HDLコレステロールは心筋梗塞の予防因子であるから、低GL食はHDLコレステロールを介して心筋梗塞の予防に関与する可能性が考えられる。

グリセミックインデックスと糖尿病

GIまたはGLと2型糖尿病の発症との関連を検討した追跡研究の16の結果をまとめた最近報告されたメタ分析によると、各研究においてGI最低群に対するGI最高群の相対危険を統合した相対危険は1.16(95%信頼区間:1.06~1.26)、GLは同様の計算によって1.20(95%信頼区間:1.11~1.30)となっている(図1)⁷⁾。これらは中国で行われた一つの研究以外、すべて欧米諸国で行われた研究であるが、最近、中年男性1,995人を6年間追跡したわが国における研究が報告され、これによると、GIが糖尿病発症に対して有意なリスクであったとしている(一方、GLは有意な関連を示さなかった)⁸⁾。これらより、GIかGLか、またはその両方なのかまでの結論は出しがたいと思われるが、その片方、または両方が糖尿病発症に関与している可能性はかなり高いと解釈し

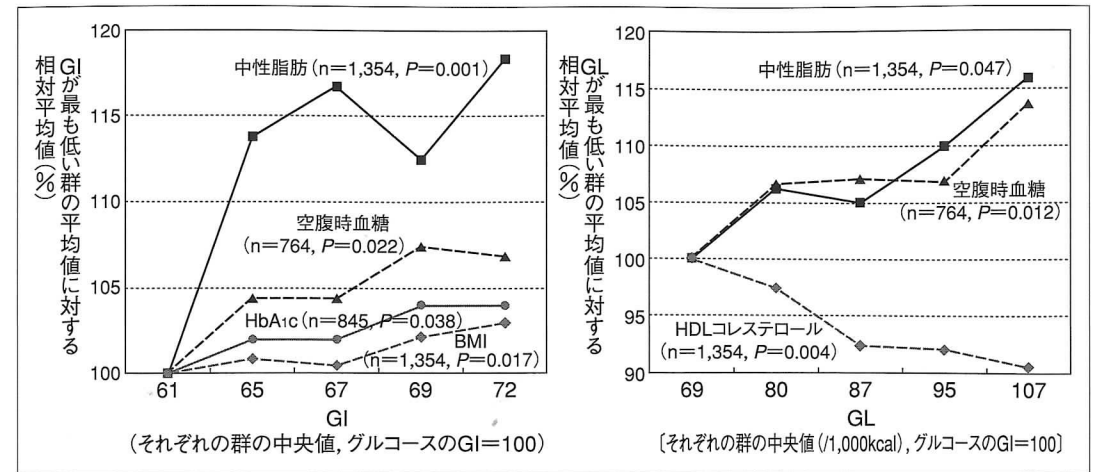


図3 GI・GLとメタボリックシンドローム危険因子の関連(日本人中高年女性)

左:GI. 居住地域, 年齢, 閉経状態, 喫煙, サプリメントの使用, 摂食速度, 身体活動レベル, エネルギー摂取量, 脂質のエネルギー比率, アルコール摂取, 食物繊維摂取量で調整済み。BMI以外はBMIと20歳時のBMIでさらに調整。右:GL. 居住地域, 年齢, 閉経状態, 喫煙, サプリメントの使用, 摂食速度, 身体活動レベル, エネルギー摂取量, 脂質のエネルギー比率, アルコール摂取, 食物繊維摂取量, BMI, 20歳時のBMIで調整済み。(文献⁹⁾より改変引用)

てよいであろう。

ただし、GIまたはGLは肥満を介して糖尿病の発症に関与する可能性が考えられるため、このリスクを算定するうえで、体重の影響を考慮(除去)するか否かによって結果が異なってくるものと考えられる。図1の解析に用いられたすべての研究で、BMIまたはウエスト・ヒップ比を調整したリスクが算出されていた。したがって、図1の結果は肥満を介せずに糖尿病のリスクを上昇させることを示している。また、上記の日本の研究では、図2で示すように、肥満群に比べて非肥満群においてGIと糖尿病発症との関連は顕著であり、この結果は非肥満者の糖尿病予防を考えるうえで貴重な知見であると考えられる。

グリセミックインデックスと肥満・メタボリックシンドローム

肥満は循環器疾患の明らかな危険因子であることを考えると、GIが肥満に関与しているか否かにも注意してはならない。なお、表2で示した研究ではすべて肥満度の影響を統計学的に取り除いてそのリスクを算出している。その一方、GIが肥満に関与している可能性を示す報告はかなり存在し、日本人における横断研究で

もその可能性が示されている⁹⁾¹⁰⁾。しかしながら、それを否定する(両者には関連はない)とした報告も多く、まだ結論は下せないのではないかとと思われる。また、肥満患者の肥満は正に効果があるか否かについてはいまだ結論が出ていないようである。

肥満を含め、メタボリックシンドロームとGI・GLとの関連を検討した研究は各国にあり、必ずしも一致した結果が得られているわけではないようであるが、日本人を用いた横断研究でも、諸外国で得られた結果とほぼ一致した結果が得られている¹⁾。それによると、図3のように、GIと「中性脂肪」、「空腹時血糖」、「HbA1c」、「BMI」が有意な正の相関を示し、GLと「中性脂肪」と「空腹時血糖」が有意な正の相関、「HDLコレステロール」が有意な負の相関を示した。

甘味飲料摂取と肥満・循環器疾患・糖尿病

エネルギー(カロリー)を有する甘味飲料ならばエネルギーの過剰摂取が肥満を惹起することは容易に想像される。しかしながら、肥満に関連するほかの要因や甘味飲料摂取量(または摂取頻度)の測定精度の問題などにより、研究結果は

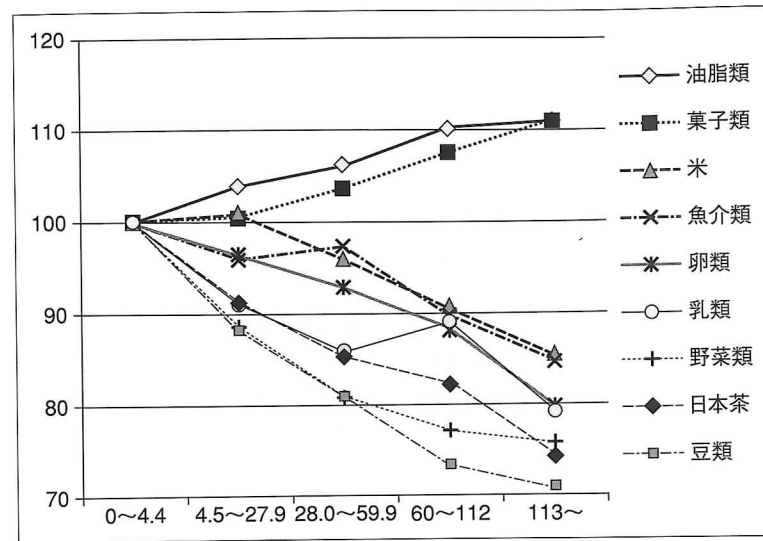


図4 甘味飲料類摂取量と食品・飲み物摂取量の関連(日本人の18~20歳女性: 3,931人)

傾向性のP値: すべて $P < 0.0001$ (乳類のみ $= 0.002$)。居住地域, 居住地域の規模, 居住形態, 喫煙, 飲酒, サプリメント使用, ダイエット, 摂食速度, 身体活動レベル, エネルギー摂取量で調整済み。(文献¹⁵⁾より改変引用)

必ずしも一致していない¹¹⁾。しかしながら, 甘味飲料の摂取量が増加すると体重増加がより顕著になることを報告した研究もあり¹²⁾, さらなる研究が望まれる。

甘味飲料摂取が心筋梗塞ならびに糖尿病の発症に与える影響を検討したコホート研究では, その多くが有意な正の関連を有することを報告している。しかしながら, その間に肥満やその他のいわゆる不健康な生活習慣や全体的な食パターンが介在することを示唆する結果もある¹³⁾¹⁴⁾。甘味飲料に含まれる物質, すなわち, 砂糖などの直接的な影響だけでなく, 甘味飲料を摂取する行動に密接に関連しているほかの行動がこれらの疾患に影響している可能性をこれらの結果は示唆している。

悪いのは甘味飲料の中身か仲間か?

中高年ではなく, 健康な若年女性であるが, 日本人においても甘味飲料類の摂取量とほかの食品摂取量との間に強い関連が存在することが示されている(図4)¹⁵⁾。循環器疾患や糖尿病に限定せず, 生活習慣病全体を予防したいと考える場合に控えたいと考えられる「油脂類」と「菓子類」

の摂取量が甘味飲料類の摂取量と強い正の相関を示し, 逆に, 積極的に摂取したいと考えられる「魚介類」や「野菜類」, 「豆類」の摂取量が強い負の相関を示したことは, 甘味飲料を大量に飲むという食習慣がほかの好ましくない数多くの食習慣と関連していることを示している。つまり, 甘味飲料の問題は, そこに含まれる栄養素(つまり中身)の問題だけでなく, むしろ, 甘味飲料類といっしょに摂取されやすかったり, 摂取されにくかったりする食品(つまり仲間)の問題であると考えられる。

まとめ

以上より, 高GI食と砂糖摂取(または甘味飲料摂取)は, ともに直接には循環器疾患の大きなリスクとはなっていないのではないかと考えられる。しかしながら, 両者ともに, まだ結論は出ていないものの, 肥満の原因の一つと考えられ, 肥満は循環器疾患, 特に心筋梗塞の大きなリスクであることを考えると, 循環器疾患の予防のためにこれらを避けるまたは控えることを勧める根拠は十分にあると思われる。さらに, 低GI食については, HDLコレステロールを介して心

筋梗塞の予防に寄与する可能性もある。

高GI食が2型糖尿病のリスクとなっている可能性は高く, このことから広い意味での循環器疾患予防のためには高GI食を避けるまたは控えることを勧めるべきであろう。

しかし, 日本人の食習慣は欧米人のそれとは大きく異なる。たとえば, アメリカ人の同年齢の集団と比べると日本人は高GIの傾向があり, 甘味飲料摂取量は少ない傾向にある。したがって, 欧米諸国で行われた研究結果を評価する際には, 日本人と欧米人との遺伝素因の違いに加えて, 食習慣の違いも考慮しなければならない。さらに, 疫学研究において, GIや砂糖摂取(または甘味飲料摂取)量を調べることは決して容易なことではない。そのための基礎研究もわが国では非常に乏しい。これらのことを考えあわせると, この分野におけるさらなる研究が急務であることは明らかであろう。

文献

- Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, et al. Dietary glycaemic index and load in relation to metabolic risk factors in Japanese female farmers with traditional dietary habits. *Am J Clin Nutr* 2006 ; 83 : 1161.
- Liu S, Willett WC, Stampfer MJ, et al. A prospective study of dietary glycaemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *Am J Clin Nutr* 2000 ; 71 : 1455.
- Oh K, Hu FB, Cho E, et al. Carbohydrate intake, glycaemic index, glycaemic load, and dietary fiber in relation to risk of stroke in women. *Am J Epidemiol* 2005 ; 161 : 161.
- Levitan EB, Mittleman MA, Wolk A. Dietary glycaemic index, dietary glycaemic load and incidence of myocardial infarction in women. *Br J Nutr* 2010 ; 103 : 1049.
- Oba S, Nagata C, Nakamura K, et al. Dietary glycaemic index, glycaemic load, and intake of carbohydrate and rice in relation to risk of mortality from stroke and its subtypes in Japanese men and women. *Metabolism* 2010 ; 59 : 1574.
- Burger KN, Beulens JW, Boer JM, et al. Dietary glycaemic load and glycaemic index and risk of coronary heart disease and stroke in Dutch men and women : The EPIC-MORGEN Study. *PLoS One* 2011 ; 6 : e25955.
- Dong JY, Zhang L, Zhang YH, Qin LQ. Dietary glycaemic index and glycaemic load in relation to the risk of type 2 diabetes : a meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Nutr* 2011 [Epub ahead of print].
- Sakurai M, Nakamura K, Miura K, et al. Dietary glycaemic index and risk of type 2 diabetes in middle-aged Japanese men. *Metabolism* 2011 [Epub ahead of print].
- Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, et al. Dietary glycaemic index and load in relation to metabolic risk factors in Japanese female farmers with traditional dietary habits. *Am J Clin Nutr* 2006 ; 83 : 1161.
- Murakami K, Sasaki S, Okubo H, et al. Dietary fiber intake, dietary glycaemic index and load, and body mass index : a cross-sectional study of 3931 Japanese women aged 18-20 years. *Eur J Clin Nutr* 2007 ; 61 : 986.
- Malik VS, Schulze MB, Hu FB. Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain : a systematic review. *Am J Clin Nutr* 2006 ; 84 : 274.
- Schulze MB, Manson JE, Ludwig DS, et al. Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women. *JAMA* 2004 ; 292 : 927.
- Fung TT, Malik V, Rexrode KM, et al. Sweetened beverage consumption and risk of coronary heart disease in women. *Am J Clin Nutr* 2009 ; 89 : 1037.
- de Koning L, Malik VS, Rimm EB, et al. Sugar-sweetened and artificially sweetened beverage consumption and risk of type 2 diabetes in men. *Am J Clin Nutr* 2011 ; 93 : 1321.
- Yamada M, Murakami K, Sasaki S, et al. Soft drink intake is associated with diet quality even among young Japanese women with low soft drink intake. *J Am Diet Assoc* 2008 ; 108 : 1997.