

栄養バランスのエビデンス

山田 悟 Satoru Yamada (北里研究所病院糖尿病センターセンター長/
慶應義塾大学医学部内科内分泌代謝学教室)

● key words 栄養バランス/三大栄養素/脂質制限食/糖質制限食/レビュー

I. 栄養バランス設定に関するレビュー

栄養学は、栄養(素)不足との闘いの中で発展してきた。一方、今日のが国においては、栄養不足(エネルギー不足)や各種の栄養素不足は特殊な環境においてしかみられず、逆に過剰摂取の問題が生じている。適切な栄養バランスとは、エネルギー量および単一の栄養素に過不足のない状況において、付加的な医学上の有益性が得られる三大栄養素比率と定義される。

こうした三大栄養素比率による医学上の有益性を証明した研究はほぼ皆無であろう。実際、「macronutrient-balance」と「review」をkey wordsにしてPubMedを検索すると、14件しかヒットせず、21世紀になってからの文献は1件しかない¹⁾。このレビューは体重減量やカロリー制限が糖質代謝に与える影響を検証したものであるが、ここでユニークなことは、糖質制限(たんぱく質あるいは脂質に糖質を置き換えること)によるカロリー制限という観点で議論を開始していることである。

まず、本稿では、このレビューを含めて最近の3件のレビュー論文に記載されている栄養バランスを概観する。

1 イタリアのグループのレビュー¹⁾

このレビューでは、非糖尿病患者を含めて糖質制限食の糖代謝に対する有効性が冒頭で検討されており(表1)²⁾⁻¹¹⁾、概して糖質制限食が対照食に比して、体重や糖代謝、脂質

代謝を改善することが多いようである。しかし、このレビューの結論としては、その効果のすべてが糖質の制限によるかどうかは未証明であり、部分的には体重減量とカロリー制限がその効果を説明できるとしている。

2 オックスフォード大学のレビュー¹²⁾

このレビューでは、MEDLINEなどのデータベースを検索して、2型糖尿病患者に対する糖質制限食の研究が拾い上げられ(表2)¹³⁾⁻²⁰⁾、試験デザイン(無作為比較試験が1件のみ)や症例数(少数)によって結論は制限されるが、短期には糖質制限食は安全かつ有効であると結論されている。

3 米国糖尿病学会のレビュー²¹⁾

このレビューでは、PubMedデータベースを検索して、糖尿病に対するさまざまな食事法に関する2001年以降に論文化された研究が拾い上げられ、糖質量、糖質の質、脂質量、脂質の質、たんぱく量、たんぱくの質、ナッツ、大豆、野菜と果物、乳製品、肉や魚、地中海食、ベジタリアン食について検討した上で、いくつかの異なる栄養バランスが血糖管理や心血管疾患リスクの改善に有用かもしれないと結論している。なお、糖質制限食の参考文献が11件(表3)²²⁾⁻²⁸⁾、中等から高糖質食の参考文献が10件(ただし、うち2件はメタ解析)であるのに対して、脂質制限食の参考文献が9件であり、糖質に関する研究の数がきわめて多いことが示されていた。

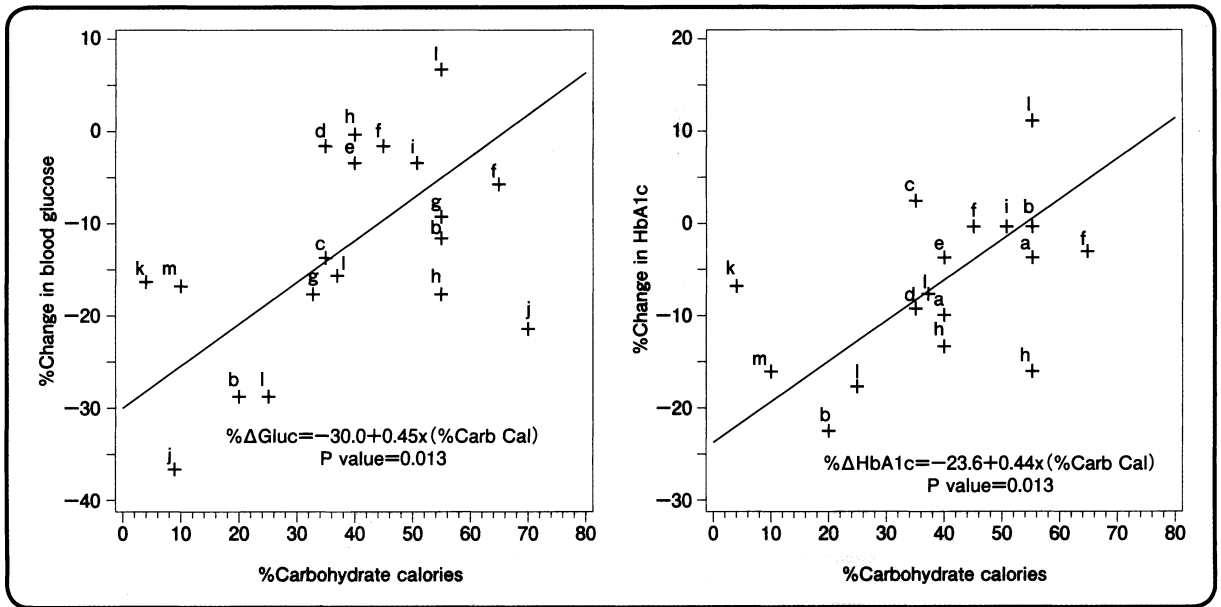


図. Kirkらのメタ解析で作られた糖質比率と血糖コントロールの関係をみた図

(文献40より引用)

こうしてしてみると、イタリアのグループのレビューがカロリー制限の方法として最も積極的に取り上げた栄養バランス食が糖質制限食であり、オックスフォード大学のレビューは最初から糖質制限食にのみ注目し、米国糖尿病学会のレビューで最も参考文献数が多かったのが糖質に関する食事法であった。

このことは、「macronutrient-balance」と「review」をkey wordsにしてPubMedを検索してヒットした20世紀末のレビューの多くが脂質制限食に着目していたことと比較すると大きな変化である^{29)・31)}。かつて注目されていた脂質制限食の有効性が証明されがたく、一方で徐々に糖質制限食の有用性を示す論文が蓄積していることの表れと感じられる。ここで、糖質制限食については表1～3をまとめ、中等・高糖質食、脂質制限食については米国糖尿病学会のレビューの参考文献を参照しつつ、筆者なりの評価を加えたものを表4～6^{32)・45)}に示す。やはり、糖質制限食の有効性が際立っているように思われる。なかでも、表5(中等・高糖質食)で取り上げた2つのメタ解析^{39)・40)}は裏を返してみれば糖質制限食についてのメタ解析であり、その意味では2つのメタ解析ともに糖質制限食による糖代謝や脂質代謝の改善を示している。なかでもKirkらのメタ解

析⁴⁰⁾の図はきわめて示唆に富んでおり、糖質摂取比率が少ないほど血糖やHbA1cを改善し(図)、TGを改善するがTC、LDL-C、HDL-Cには有意な影響を与えず、体重も糖質摂取比率の影響は受けがたいということであった。

II. 糖質制限食に残された課題

このように世の注目が脂質制限食から糖質制限食に移りゆくなかで、米国糖尿病学会は2008年から「体重減量には、糖質制限食も脂質制限カロリー制限食もいずれも短期には有効である」という旨の記載をするようになった⁴⁶⁾。

しかし、糖質摂取比率の変動以上にカロリー制限が重要であることを示唆する論文もある。たとえば、米国国立心臓・肺・血液研究所の研究⁴⁷⁾では、マサチューセッツ州とルイジアナ州の811人の体重異常者(BMI 25kg/m²以上)が、安静時代謝から求めたエネルギーから750kcal減じたカロリー設定の中で、高たんぱくあるいは通常たんぱく(エネルギー比25%あるいは15%)、高脂肪あるいは低脂肪(エネルギー比40%あるいは20%)の2×2で4群(①高たんぱく高脂肪、②高たんぱく低脂肪、③通常たんぱく高脂肪、

④通常たんぱく低脂肪)に割り付けられた。2年間の介入の結果、どの群でも有意差なく体重を減量させ、どの群の満腹感、飢餓感、満足度にも有意差はなかったのである。

こうした点からか、英国糖尿病学会は2011年のガイドライン⁴⁸⁾において糖質制限食を取り上げる際に、「血糖管理には栄養バランスよりも全エネルギー摂取量に焦点が当てられるべきである」ことを明記し、その上で「専門家のサポートのもとに、糖質制限食が減量のための選択肢であるという考え方を支持する」としている。今後のわが国におけるエビデンスの集積のなかで、糖質制限食をガイドラインに取り上げる際に参考となる考え方と思われる。

今後、糖質制限食が安全に普及するための課題として筆者が考える点を以下にあげておきたい。

1 糖質制限食の定義を明確化する

これまで、糖質制限食の定義は明確化されておらず、Westmanら⁴⁹⁾は50～150g/日、Accursoら⁵⁰⁾は130g/日以下と絶対量で定義し、米国糖尿病学会²¹⁾はエネルギー比率40%以下と相対比率で定義している。こうした定義の混乱が糖質制限食に対する理解を妨げることはいうまでもない。筆者個人としては1食あたり20～40g、1日あたり70～130gという絶対量で定義する(投稿中)ことがよいと考えている。

2 糖質制限食の不応を明確化する

糖質制限食ではたんぱく摂取が増えることが多く、一般に顕性腎症以上の腎症のある患者には不応になると考えられている。一方、糖質制限食は健康な肥満者の腎臓に何らの負担も与えず、さらには腎不全の悪化が予防できているという報告もある⁵¹⁾。妊婦⁵²⁾や子供⁵³⁾への適応も含め、不応を明確化すべきと思われる。

3 糖質制限食を指導した後のフォローアップ項目を明確化する

糖質制限食を糖質量のみで規定し、それ以外に条件を付けないとすると、カロリー、脂質、たんぱく質の摂取に過剰が生じることになる。カロリーが過剰になれば体重増加が生じるであろう。脂質やたんぱく質が過剰になった際の医学的な問題は依然明らかではないが⁵⁴⁾⁻⁵⁷⁾、血中脂質プロファイルや尿素窒素濃度などのチェックが望ましいと

思われる。また、疫学(観察)研究では、糖質摂取が少ないほど動脈硬化症が発症しやすいという結果が得られることがある⁵⁸⁾⁻⁶¹⁾。もちろん、逆の関係が得られることもある⁶²⁾⁻⁶³⁾、肥満や糖尿病など動脈硬化症をきたしやすい人ほど、その治療のために糖質の摂取を制限しがちなためかもしれない。しかし、糖質摂取を制限するほど動脈硬化症をきたしやすいという可能性がないわけではない。動脈硬化症のチェックも必要であろう。

結語

この10年間で糖尿病治療のための栄養バランスは、脂質制限食から糖質制限食にシフトしてきていることは明らかである。しかし、糖質制限食の歴史は浅く、解決すべき課題も残されている。世界的にはそうした課題を残しつつもガイドラインに糖質制限食の有用性を掲載するようになっており、今後わが国でのエビデンスの集積が求められている。

●文 献

1. Manco M, Mingrone G : Effects of weight loss and calorie restriction on carbohydrate metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 8 : 431-439, 2005
2. Brehm BJ, Seeley RJ, Daniels SR, et al : A randomized trial comparing a very low carbohydrate diet and a calorie-restricted low fat diet on body weight and cardiovascular risk factors in healthy women. *J Clin Endocrinol Metab* 88 : 1617-1623, 2003
3. Brinkworth GD, Noakes M, Keogh JB, et al : Long-term effects of a high-protein, low-carbohydrate diet on weight control and cardiovascular risk markers in obese hyperinsulinemic subjects. *Int J Obes Relat Metab Disord* 28 : 661-670, 2004
4. Brinkworth GD, Noakes M, Parker B, et al : Long-term effects of advice to consume a high-protein, low-fat diet, rather than a conventional weight-loss diet, in obese adults with type 2 diabetes: one-year follow-up of a randomised trial. *Diabetologia* 47 : 1677-1686, 2004
5. Farnsworth E, Luscombe ND, Noakes M, et al : Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women. *Am J Clin Nutr* 78 : 31-39, 2003
6. Foster GD, Wyatt HR, Hill JO, et al : A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity. *N Engl J Med* 348 : 2082-2090, 2003
7. Johnston CS, Tjonn SL, Swan PD : High-protein, low-fat diets are effective for weight loss and favorably alter biomarkers in healthy adults. *J Nutr* 134 : 586-591, 2004
8. Meckling KA, O'Sullivan C, Saari D : Comparison of a low-fat diet to a low-carbohydrate diet on weight loss, body composition, and risk factors for diabetes and cardiovascular disease in free-living, overweight men and women. *J Clin Endocrinol Metab* 89 : 2717-2723, 2004

表1. イタリアのグループによる糖質制限食に関するレビューで取り上げられた研究の一覧

著者	対象	期間	糖質制限食		対照食		体重	糖代謝	脂質代謝
			カロリー	糖質量	カロリー	糖質量			
Brehm ²⁾	N = 42 肥満者	6M	1,302	97.0g 29.8%	1,247 (脂質制限)	162.9g 52.3%	両群改善, 糖質制限優位	両群に有意差なし	両群に有意差なし
Brinkworth ³⁾	N = 43 肥満者	17M	1,816 (高たんぱく)	140g 40%で指導 (12ヵ月後 46.3%)	2,150 (標準たんぱく)	200g 55%で指導 (12ヵ月後 46.4%)	両群に有意差なし	両群に有意差なし	両群に有意差なし
Brinkworth ⁴⁾	N = 38 T2DM	15M	1,816 (高たんぱく)	140g 40%で指導	2,150 (標準たんぱく)	200g 55%で指導	両群に有意差なし	両群に有意差なし	両群に有意差なし
Farnsworth ⁵⁾	N = 57 肥満者	4M	当初 1,500 その後 1,905 (高たんぱく)	45%	当初 1,548 その後 1,952 (標準たんぱく)	57%	両群改善 (女性の除脂肪体重の維持で糖質制限優位)	糖質制限優位	糖質制限優位
Foster ⁶⁾	N = 37 肥満者	12M	無制限	当初 20g, その後増量 (不詳)	1,200 ~ 1,800 (脂質制限食)	60% (不詳)	両群に有意差なし (6ヵ月後まで糖質制限優位)	両群に有意差なし	糖質制限優位
Johnston ⁷⁾	N = 16 過体重者	6W	1,700 (高たんぱく)	170g 40.4%	1,700 (標準たんぱく食)	280g 65.9%	両群に有意差なし (満足度・満腹感で糖質制限が優位)	両群に有意差なし	両群に有意差なし
Meckling ⁸⁾	N = 31 過体重者	10W	1,529	59g 15.4%	1,447 (脂質制限食)	225g 61.9%	両群に有意差なし	糖質制限優位	糖質制限; HDL-C, TG 改善, 脂質制限; LDL-C, TG 改善
Samaha ⁹⁾	N = 79 肥満者	6M	1,630	151g 37%	1,576 (脂質制限食)	201g 51%	糖質制限優位	糖質制限優位	糖質制限優位
Stern ¹⁰⁾	N = 87 肥満者	12M	1,462	120g 32.8%	1,822 (脂質制限食)	230g 50.5%	糖質制限優位	糖質制限優位	糖質制限優位
Yancy ¹¹⁾	N = 79 肥満者	24W	1,461	29.5g 8%	1,502 (脂質制限食)	197.6g 52%	糖質制限優位	n.a.	糖質制限優位

(文献1より引用)

9. Samaha FF, Iqbal N, Seshadri P, et al : A low-carbohydrate as compared with a low-fat diet in severe obesity. *N Engl J Med* **348** : 2074-2081, 2003

10. Stern L, Iqbal N, Seshadri P, et al : The effects of low-carbohydrate versus conventional weight loss diets in severely obese adults: one-year follow-up of a randomized trial. *Ann Intern Med* **140** : 778-785, 2004

11. Yancy WS Jr, Olsen MK, Guyton JR, et al : A low-carbohydrate, ketogenic diet versus a low-fat diet to treat obesity and hyperlipidemia: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* **140** : 769-777, 2004

12. Dyson PA : A review of low and reduced carbohydrate diets and weight loss in type 2 diabetes. *J Hum Nutr Diet* **21** : 530-538, 2008

13. Gutierrez M, Akhavan M, Jovanovic L, et al : Utility of a short-term 25% carbohydrate diet on improving glycemic control in type 2 diabetes mellitus. *J Am Coll Nutr* **17** : 595-600, 1998

14. Robertson AM, Broom J, McRobbie LJ, et al : Low carbohydrate

diets in the treatment of resistant overweight patients with type 2 diabetes. *Diabet Med* **19** (Suppl 2) : 24, 2002

15. Boden G, Sargrad K, Homko C, et al : Effect of a low-carbohydrate diet on appetite, blood glucose levels, and insulin resistance in obese patients with type 2 diabetes. *Ann Intern Med* **142** : 403-411, 2005

16. Yancy WS Jr, Foy M, Chalecki AM, et al : A low-carbohydrate, ketogenic diet to treat type 2 diabetes. *Nutr Metab (Lond)* **2** : 34, 2005

17. Nielsen JV, Jönsson E, Nilsson AK : Lasting improvement of hyperglycaemia and bodyweight: low-carbohydrate diet in type 2 diabetes. A brief report. *Ups J Med Sci* **110** : 179-183, 2005

18. Nielsen JV, Joansson EA : Low-carbohydrate diet in type 2 diabetes: stable improvement of bodyweight and glycemic control during 44 months follow-up. *Nutr Metab (Lond)* **5** : 14, 2008

19. Daly ME, Paisey R, Paisey R, et al : Short-term effects of severe dietary carbohydrate-restriction advice in Type 2 diabetes--a

表2. オックスフォード大学による2型糖尿病に対する糖質制限食に関するレビューで取り上げられた研究の一覧

著者	対象 (試験デザイン)	期間	糖質制限食		対照食		体重	糖代謝	脂質代謝
			カロリー	糖質量	カロリー	糖質量			
Gutierrez ¹³⁾	N = 28 (cross-over)	8 ~ 12W	n.a.	25%	n.a. (標準バランス食)	55%	糖質制限期に減少	糖質制限期に改善	記載なし
Robertson ¹⁴⁾	N = 88 (single-arm)	12M	不明	40g 以下	対照食なし	対照食なし	改善あるも有意でない	改善あるも有意でない	記載なし
Boden ¹⁵⁾	N = 10 (cross-over)	14D	2,164	21g	3,111 (通常食)	309g	糖質制限期に減少	糖質制限期に減少	糖質制限期に改善
Yancy ¹⁶⁾	N = 28 (single-arm)	4M	1,419	33.8g	対照食なし	対照食なし	有意に改善	有意に改善	有意に改善
Nielsen ¹⁷⁾	N = 31 (non RCT)	6M	1,800 (M) 1,600 (F) N = 16	75 ~ 95g (20%)	1,600 ~ 1,800(M) 1,400 ~ 1,600 (F) N = 15	60%	糖質制限優位	糖質制限優位	糖質制限でHDL-C有意改善, TC非有意上昇
Nielsen ¹⁸⁾	N = 31 (non RCT の follow-up)	22M	1,800 (M) 1,600 (F)	80 ~ 90g (20%)	すぐに糖質20%に変更 (n = 7) 後に糖質20%に変更 (n = 3) 食事変更せず (n = 5)		糖質制限群では初期効果維持。	糖質制限群では初期効果維持。	糖質制限群では初期効果部分的に維持。
Daly ¹⁹⁾	N = 102 (RCT)	3M	1,290	109.5g 33.5%	1,434 (脂質制限食)	168.6g 45.2%	糖質制限優位	両群改善で有意差なし	糖質制限優位
Daly ²⁰⁾	N = 206 (RCT の follow-up)	6M	不明	不明	不明	不明	糖質制限優位	両群改善で有意差なし	記載なし

(文献 12 より引用)

- randomized controlled trial. *Diabet Med* **23** : 15-20, 2006
20. Daly ME, Piper J, Paisey R, et al : Efficacy of carbohydrate restriction in obese type 2 diabetes patients. *Diabet Med* **23** (Suppl 2) : 26, 2006
 21. Wheeler ML, Dunbar SA, Jaacks LM, et al : Macronutrients, food groups, and eating patterns in the management of diabetes: a systematic review of the literature, 2010. *Diabetes Care* **35** : 434-445, 2012
 22. Davis NJ, Tomuta N, Schechter C, et al : Comparative study of the effects of a 1-year dietary intervention of a low-carbohydrate diet versus a low-fat diet on weight and glycemic control in type 2 diabetes. *Diabetes Care* **32** : 1147-1152, 2009
 23. Dyson PA, Beatty S, Matthews DR : A low-carbohydrate diet is more effective in reducing body weight than healthy eating in both diabetic and non-diabetic subjects. *Diabet Med* **24** : 1430-1435, 2007
 24. Westman EC, Yancy WS Jr, Mavropoulos JC, et al : The effect of a low-carbohydrate, ketogenic diet versus a low-glycemic index diet on glycemic control in type 2 diabetes mellitus. *Nutr Metab (Lond)* **5** : 36, 2008
 25. Haimoto H, Sasakabe T, Wakai K, et al : Effects of a low-carbohydrate diet on glycemic control in outpatients with severe type 2 diabetes. *Nutr Metab (Lond)* **6** : 21, 2009
 26. Miyashita Y, Koide N, Ohtsuka M, et al : Beneficial effect of low carbohydrate in low calorie diets on visceral fat reduction in type 2 diabetic patients with obesity. *Diabetes Res Clin Pract* **65** : 235-241, 2004
 27. Wolever TM, Gibbs AL, Mehling C, et al : The Canadian Trial of Carbohydrates in Diabetes (CCD), a 1-y controlled trial of low-glycemic-index dietary carbohydrate in type 2 diabetes: no effect on glycated hemoglobin but reduction in C-reactive protein. *Am J Clin Nutr* **87** : 114-125, 2008
 28. Jönsson T, Granfeldt Y, Åhrén B, et al : Beneficial effects of a Paleolithic diet on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a randomized cross-over pilot study. *Cardiovasc Diabetol* **8** : 35, 2009
 29. Dyck DJ : Dietary fat intake, supplements, and weight loss. *Can J Appl Physiol* **25** : 495-523, 2000
 30. Gibney MJ : Optimal macronutrient balance. *Proc Nutr Soc* **58** : 421-425, 1999
 31. Tataranni PA, Ravussin E : Effect of fat intake on energy balance. *Ann N Y Acad Sci* **819** : 37-43, 1997
 32. Barnard ND, Cohen J, Jenkins DJ, et al : A low-fat vegan diet and a conventional diabetes diet in the treatment of type 2 diabetes: a randomized, controlled, 74-wk clinical trial. *Am J Clin Nutr* **89** : 1588S-1596S, 2009
 33. Gerhard GT, Ahmann A, Meeuws K, et al : Effects of a low-fat diet

表 3. 米国糖尿病学会による 2 型糖尿病に対する糖質制限食に関するレビューで取り上げられた研究の一覧

著者	対象 (試験デザイン)	期間	糖質制限食		対照食		体重	糖代謝	脂質代謝
			カロリー	糖質量	カロリー	糖質量			
Boden ¹⁵⁾	N = 10 (cross-over)	14D	2,164	21g	3,111 (通常食)	309g	糖質制限期に減少	糖質制限期に減少	糖質制限期に改善
Daly ¹⁹⁾	N = 102 (RCT)	3M	1,290	109.5g 33.5%	1,434 (脂質制限食)	168.6g 45.2%	糖質制限優位	両群改善で有意差なし	糖質制限優位
Davis ²²⁾	N = 105 (RCT)	1Y	1,642	137.1g 33.4%	1,810 (脂質制限食)	226.7g 50.1%	経過中、有意差あるも 1 年後は同等	有意差なし	糖質制限優位
Dyson ²³⁾	N = 26 (RCT)	3M	1,313	56.8g 17.3%	1,593 (脂質制限食)	167.3g 39.3%	糖質制限優位	有意差なし	糖質制限優位の傾向
Yancy ¹⁶⁾	N = 28 (single-arm)	4M	1,419	33.8g	対照食なし	対照食なし	糖質制限食で改善	糖質制限食で改善	糖質制限食で改善
Stern ¹⁰⁾	N = 87 (RCT)	12M	1,462	120g 32.8%	1,822 (脂質制限食)	230g 50.5%	糖質制限優位	糖質制限優位	糖質制限優位
Westman ²⁴⁾	N = 50 (RCT)	24W	1,550	49g 13%	1,335 (低 GI 食)	149g 44%	糖質制限優位	糖質制限優位傾向	糖質制限優位
Haimoto ²⁵⁾	N = 33 (single-arm)	6M	1,852	137g 30%	対照食なし	対照食なし	糖質制限食で改善傾向	糖質制限食で改善	糖質制限食で改善
Miyashita ²⁶⁾	N = 22 (RCT)	4W	1,000	97.5g 39%	1,000 (高糖質食)	155g 62%	両群改善で有意差なし	両群改善だが IRI の低下率は糖質制限食で大	両群改善だが HDL-C は糖質制限食のみ改善
Wolever ²⁷⁾	N = 156 (RCT)	1Y	2,020	198.5g 39.3%	1,890 (高 GI 食)	219.7g 46.5%	3 群に有意差なし	3 群に HbA1c での有意差なし (低 GI 食群は FPG が高く、OGTT2hPG が低かった)	TG, HDL-C において糖質制限食群が最良、低 GI 群が最悪
Jonsson ²⁸⁾	N = 13 (cross-over)	3M	1,581	125g 32%	1,878 (脂質制限食)	196g 42%	糖質制限食優位	糖質制限食優位	糖質制限食優位

(文献 21 より引用)

compared with those of a high-monounsaturated fat diet on body weight, plasma lipids and lipoproteins, and glycemic control in type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* **80** : 668-673, 2004

34. Wycherley TP, Noakes M, Clifton PM, et al : A high-protein diet with resistance exercise training improves weight loss and body composition in overweight and obese patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* **33** : 969-976, 2010
35. Gannon MC, Nuttall FQ, Saeed A, et al : An increase in dietary protein improves the blood glucose response in persons with type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* **78** : 734-741, 2003
36. Rodríguez-Villar C, Pérez-Heras A, Mercadé I, et al : Comparison of a high-carbohydrate and a high-monounsaturated fat, olive oil-rich diet on the susceptibility of LDL to oxidative modification in subjects with Type 2 diabetes mellitus. *Diabet Med* **21** : 142-149, 2004
37. Rosenfalck AM, Almdal T, Viggers L, et al : A low-fat diet improves peripheral insulin sensitivity in patients with Type 1 diabetes. *Diabet Med* **23** : 384-392, 2006
38. Lovejoy JC, Most MM, Lefevre M, et al : Effect of diets enriched in almonds on insulin action and serum lipids in adults with normal glucose tolerance or type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* **76** : 1000-

1006, 2002

39. Kodama S, Saito K, Tanaka S, et al : Influence of fat and carbohydrate proportions on the metabolic profile in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Care* **32** : 959-965, 2009
40. Kirk JK, Graves DE, Craven TE, et al : Restricted-carbohydrate diets in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis. *J Am Diet Assoc* **108** : 91-100, 2008
41. Snell-Bergeon JK, Chartier-Logan C, Maahs DM, et al : Adults with type 1 diabetes eat a high-fat atherogenic diet that is associated with coronary artery calcium. *Diabetologia* **52** : 801-809, 2009
42. Mostad IL, Qvigstad E, Bjerve KS, et al : Effects of a 3-day low-fat diet on metabolic control, insulin sensitivity, lipids and adipocyte hormones in Norwegian subjects with hypertriglycerolaemia and type 2 diabetes. *Scand J Clin Lab Invest* **64** : 565-574, 2004
43. Coppell KJ, Kataoka M, Williams SM, et al : Nutritional intervention in patients with type 2 diabetes who are hyperglycaemic despite optimised drug treatment--Lifestyle Over and Above Drugs in Diabetes (LOADD) study: randomised controlled trial. *BMJ* **341** : c3337, 2010
44. Yip I, Go VL, DeShields S, et al : Liquid meal replacements and glycemic control in obese type 2 diabetes patients. *Obes Res* **9** (Suppl

表4. 糖質制限食についての著者の評価

Ref. No.	対照食	体重	糖代謝	脂質代謝	著者の評価
Single arm					
14	なし	△	△	n.a.	△
16	なし	○	○	○	○
25	なし	△	○	○	○
Non-RCT					
13	標準バランス食	○	○	n.a.	○
15	通常食	○	○	○	○
17	標準バランス食	○	○	○	○
RCT					
2	脂質制限食	○	△	△	○
3	標準たんぱく食	△	△	△	△
4	標準たんぱく食	△	△	△	△
5	標準たんぱく食	○	○	○	○
6	脂質制限食	△	△	○	○
7	標準たんぱく食	△	△	△	△
8	脂質制限食	△	○	△	○
9	脂質制限食	○	○	○	○
10	脂質制限食	○	○	○	○
11	脂質制限食	○	n.a.	○	○
19	脂質制限食	○	△	○	○
22	脂質制限食	△	△	○	○
23	脂質制限食	○	△	△	○
24	低GI食	○	△	○	○
26	高糖質食	△	○	○	○
27	高GI, 低GI食	△	△	○	○
28	脂質制限食	○	○	○	○

○：改善または優位，△：同等または有意な変化なし，×：悪化または劣位

- 4) : 341S-347S, 2001
45. Li Z, Hong K, Saltsman P, et al : Long-term efficacy of soy-based meal replacements vs an individualized diet plan in obese type II DM patients: relative effects on weight loss, metabolic parameters, and C-reactive protein. *Eur J Clin Nutr* **59** : 411-418, 2005
46. American Diabetes Association, Bantle JP, Wylie-Rosett J, Albright AL, et al : Nutrition recommendations and interventions for diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* **31** (Suppl 1) : S61-78, 2008
47. Sacks FM, Bray GA, Carey VJ, et al : Comparison of weight-loss diets with different compositions of fat, protein, and carbohydrates. *N Engl J Med* **360** : 859-873, 2009
48. Dyson PA, Kelly T, Deakin T, et al : Diabetes UK evidence-based nutrition guidelines for the prevention and management of diabetes. *Diabet Med* **28** : 1282-1288, 2011
49. Westman EC, Feinman RD, Mavropoulos JC, et al : Low-carbohydrate nutrition and metabolism. *Am J Clin Nutr* **86** : 276-284, 2007
50. Accurso A, Bernstein RK, Dahlqvist A, et al : Dietary carbohydrate restriction in type 2 diabetes mellitus and metabolic syndrome: time for a critical appraisal. *Nutr Metab (Lond)* **5** : 9, 2008
51. Nielsen JV, Westerland P, Bygren P : A low-carbohydrate diet may prevent end-stage renal failure in type 2 diabetes. A case report. *Nutr Metab (Lond)* **3** : 23, 2006
52. Major CA, Henry MJ, De Veciana M, et al : The effects of carbohydrate restriction in patients with diet-controlled gestational diabetes. *Obstet Gynecol* **91** : 600-604, 1998
53. Neal EG, Chaffe H, Schwartz RH, et al : The ketogenic diet for the treatment of childhood epilepsy: a randomised controlled trial. *Lancet Neurol* **7** : 500-506, 2008
54. Aranceta J, Pérez-Rodrigo C : Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review. *Br J Nutr* **107** (Suppl 2) : S8-S22, 2012
55. Keller U : Dietary proteins in obesity and in diabetes. *Int J Vitam Nutr Res* **81** : 125-133, 2011
56. Bray GA, Smith SR, de Jonge L, et al : Effect of dietary protein content on weight gain, energy expenditure, and body composition during overeating: a randomized controlled trial. *JAMA* **307** : 47-55, 2012
57. Friedman AN, Ogden LG, Foster GD, et al : Comparative effects of low-carbohydrate high-protein versus low-fat diets on the kidney. *Clin J Am Soc Nephrol* **7** : 1103-1111, 2012
58. Lagiou P, Sandin S, Weiderpass E, et al : Low carbohydrate-high protein diet and mortality in a cohort of Swedish women. *J Intern Med* **261** : 366-374, 2007
59. Trichopoulou A, Psaltopoulou T, Orfanos P, et al : Low-

表5. 中等・高糖質食についての米国糖尿病学会のレビューと著者の評価

Ref. No.	対照食	糖質比率 (%) 当該食 vs. 対照食	糖代謝	脂質代謝	著者の評価
RCT					
4*	高たんぱく食	55 vs. 40	△	△	△
32	従来食	75 vs. 60 ~ 70	△	△	△
33	高 MUFA 食	65 vs. 45	△	△	△
34	高たんぱく食	53 vs. 43	△	△	△
35	高たんぱく食	55 vs. 40	×	×	×
36	高 MUFA 食	50 vs. 40	△	×	×
37	同等糖質で脂質比率の相違	55 vs. 55 (fat 25 vs. 30)	×	× (両群とも悪化) n.a.	×
38	高脂質食	60 vs. 48	△	×	×
Meta 解析					
39	糖質制限食	中央値 40 vs. 24	×	×	×
40	糖質制限食	平均 55 vs. 29	×	×	×

○：改善または優位，△：同等または有意な変化なし，×：悪化または劣位

(文献 21 より引用)

表6. 脂質制限食についての米国糖尿病学会のレビューと著者の評価

Ref. No.	対照食	脂質比率 (%) 当該食 vs. 対照食	糖代謝	脂質代謝	著者の評価
横断研究					
41	T1DM 患者と健常者	n.a.	HbA1c が脂質比率と相関	LDL-C と脂質比率が相関	△ (横断研究であり，因果関係は不明)
Single arm					
42	n.a.	22% (介入前 39%)	△	○	○
RCT					
32	従来食	10 vs. 33.7	△	△	△
33	高 MUFA 食	20 vs. 40	△	△	△
34	高たんぱく食	22 vs. 26	△	△	△
37	従来食	25 vs. 30	×	n.a.	×
43	従来食	28.7 vs. 29.9	○	×	△ (教育の重要性を示すのみ)
44	通常食	11 vs. 30	○	△	△ (減量用液体栄養剤の話)
45	通常食	11 vs. 30	○	△	△ (減量用液体栄養剤の話)

○：改善または優位，△：同等または有意な変化なし，×：悪化または劣位

(文献 21 より引用)

carbohydrate-high-protein diet and long-term survival in a general population cohort. Eur J Clin Nutr 61 : 575-581, 2007

- 60. Sjögren P, Becker W, Warensjö E, et al : Mediterranean and carbohydrate-restricted diets and mortality among elderly men: a cohort study in Sweden. Am J Clin Nutr 92 : 967-974, 2010
- 61. Lagiou P, Sandin S, Lof M, et al : Low carbohydrate-high protein diet and incidence of cardiovascular diseases in Swedish women: prospective cohort study. BMJ 344 : e4026, 2012
- 62. Halton TL, Willett WC, Liu S, et al : Low-carbohydrate-diet score and the risk of coronary heart disease in women. N Engl J Med 355 : 1991-2002, 2006
- 63. Fung TT, van Dam RM, Hankinson SE, et al : Low-carbohydrate diets and all-cause and cause-specific mortality: two cohort studies. Ann Intern Med 153 : 289-298, 2010



筆者プロフィール

山田 悟

1994年 慶應義塾大学医学部卒業
同 大学内科学教室入局
1998年 同 教室腎臓内分泌代謝学研究室入局
東京大学中央病院、国保南多摩病院の勤務を経て
2002年 北里研究所病院勤務
2007年より現職

「楽しくて続けたい糖療養」の研究を行っている。

「楽しくて続けたい糖療養」の研究を行っている。糖尿病治療の目的は、血糖値を正常範囲内に保ち、合併症を予防することである。しかし、血糖値を正常範囲内に保つだけでは、患者の生活の質を向上させることができない。糖尿病治療の目的は、血糖値を正常範囲内に保ち、合併症を予防することである。しかし、血糖値を正常範囲内に保つだけでは、患者の生活の質を向上させることができない。糖尿病治療の目的は、血糖値を正常範囲内に保ち、合併症を予防することである。しかし、血糖値を正常範囲内に保つだけでは、患者の生活の質を向上させることができない。