

# 三大栄養素とその割合によって生じる血糖値の変化 ～単体摂取と複合摂取による血糖値への影響～

浅田 英嗣<sup>1</sup>、野末 貴寛<sup>2</sup>、若松 美咲<sup>3</sup>

<sup>1</sup>愛知学泉大学、<sup>2</sup>シダックス株式会社、<sup>3</sup>医療法人 清水会 相生山病院

## Change of the blood sugar level to occur because of three major nutrients and the ratio Influence on blood sugar level by the intake by an intake and the composition in the simple substance

Eiji Asada, Takahiro Nozue, Misaki Wakamatu

キーワード：炭水化物 carbohydrates, 糖質 sugariness, たんぱく質 protein, 脂質 fat,  
血糖値 blood glucose level

### 1. 背景および目的

糖尿病は我が国において増加している生活習慣病の一つとして大きな問題になっている。糖尿病の治療においては血糖コントロールが重要であり、それに必要なインスリンの作用は糖代謝のみならず、脂質ならびにたんぱく質代謝など多岐に及んでおり、これらは相互に密接な関連をもつことから、治療方針と目標を設定するためには個々の病態に合わせ、糖質だけでなく三大栄養素からの影響、運動が及ぼす影響が検証されなければならない<sup>(1)</sup>。

現在日本糖尿病学会では一般的な指示エネルギーの3大栄養素のバランスを炭水化物を50～60%、たんぱく質を20%までとし、残りを脂質で摂取するように調整することが推奨されている。しかし、これが糖尿病患者にとって血糖管理と健康管理の両面で最良であるというエビデンスが記されておらず、特にたんぱく質、脂質が及ぼす影響についての見解は様々で、明確さに欠けることから、糖質を制限することのみに関心が集まっているのが現状である。

血糖値は炭水化物の量を減らすことで低下することが知られているが、たんぱく質、脂質を単独で摂取した場合にそれぞれが血糖値にどのような影響を与えるかの検証は充分とは言えない。また炭水化物とたんぱく質、炭水化物と脂質の組合せによる食事の摂取の場合には血糖値へどのような影響を与えるかという点も明らかとは言えない。

本研究では健常人での血糖測定を実施し、高炭水化物食、高たんぱく質食、高脂質食とその組合せが血糖に与える影響について検証し、現行の認識との違いを明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

#### (1) 対象者

愛知学泉大学管理栄養士専攻在学中で健康に問題のない4年生男性5名、女性5名の計10名とし、前もって本研究についての説明を行い同意が得られた者を対象とした。

なお、本研究におけるすべての実験は、愛知学泉大学倫理委員会の承認を得て実施した。

#### (2) 対象者の選定方法

1) 身長、体重よりBMI (Body mass Index) を算出した(表1)。

2) 糖値の確認として栄養素の偏りが少ない弁当を摂取し、血糖値を確認した。(表2)、(図1, 2) 学生の中から、BMI18.5以上25未満の者、空腹時血糖値126mg/dℓ以下、食後2時間値血糖値200 mg/dℓ以下の者を対象とした。

表1 対象者のBMI

BMI	
平均	20.46
標準誤差	0.571003
中央値 (メジアン)	20
標準偏差	1.80567
分散	3.260444
最小	18.5
最大	23
標本数	10
最大値(1)	23
信頼区間(95.0%)	1.291699

表2 普通食摂取後の血糖値

タンパク質エネルギー比率 87.3%

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
FBG	98	91	91	85	90	90	88	97	80	90
0.5h	172	142	137	117	132	127	159	175	137	146
1h	139	156	139	133	115	102	124	150	132	117
1.5h	124	144	111	115	121	115	134	136	127	119
2h	137	152	130	117	110	114	131	128	130	122
2.5h	119	128	107	120	105	110	112	114	117	118
3h	106	118	105	117	114	106	111	128	98	97

研究開始の前に、被験者にお血糖情緒に異常がないかを確認するために、普通食として「鶏マヨ井」を食して血糖値を測定した。(図1,2)

図1 普通食摂取後の血糖値 (全員)

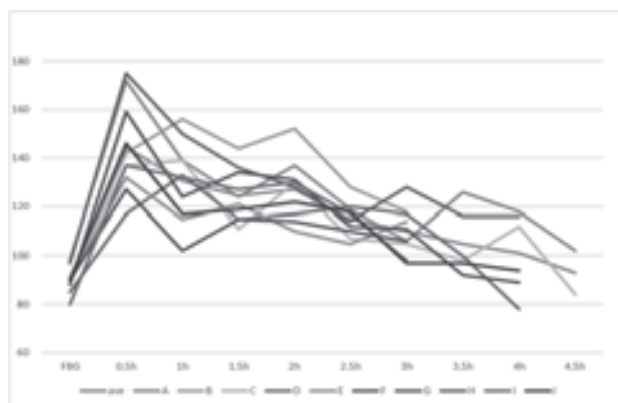
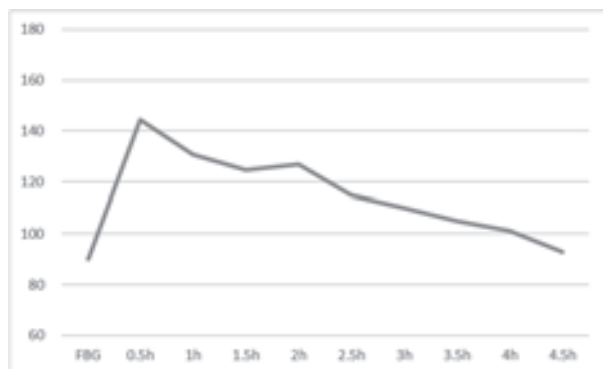


図2 普通食摂取後の血糖値 (平均)



(3) 試験食

昼食の試験食として、たんぱく質の多い食事(以下「たんぱく質食」という)、脂質の多い食事(以下「脂質食」という)、炭水化物(糖質)の多い食事(以下「糖質食」という)、糖質食とタンパク質食を組み合わせた糖質+たんぱく質食、糖質食と脂質食を組み合わせた糖質+脂質食を摂取した。(表3, 4)

1) たんぱく質食 (300kcal) kcal

茹でささみ 240g と食塩(味付け)少々

2) 脂質食 (302kcal)

マヨネーズ 41g ときゅうり 100g。

脂質エネルギー比 92.4%

3) 糖質食 (302kcal)

白飯 180gkcal 食塩(味付け)少々

糖質エネルギー比率 86.1%

4) 糖質+タンパク質食 (602kcal)

白飯 180g+鶏ささみ(ゆで) 240g

糖質エネルギー比率 43.2%

タンパク質エネルギー比率 47.7%

5) 糖質+脂質食 (604kcal)

白飯 180g+マヨネーズ 41g+きゅうり 100g

糖質エネルギー比率 46.2%

脂質エネルギー比 53.5%

表3: 各試験食栄養価

	重量 (g)	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)
若鶏ささみ(ゆで)、塩:たんぱく食	240	300	65.5	2.4	0
マヨネーズ	41	288	0.6	30.9	1.8
ときゅうり	100	14	1.0	0.1	3.0
計:脂質食	141	302	1.6	31.0	4.8
白飯、塩:糖質食	180	302	6.3	0.5	65.0
たんぱく+糖質食		602	71.8	2.9	65.0
脂質+糖質食		604	7.9	31.5	69.8

表 4：各試験食栄養素割合（エネルギー比）

	タンパク 質%E	脂質%E	炭水化 物%E
P食	87.3	12.7	0
F食	2.2	92.4	5.4
C食	8.3	5.6	86.1
PC食	47.7	9.1	43.2
FC食	6.9	46.9	46.2

(4) 食事内容

昼食後の血糖値に朝食の影響を排除するために全員の朝食を統一し、カロリーメイト 2 本(40 g)と牛乳 200ml を摂取することとした。

表 5 朝食のカロリーメイト

	食品	重量 (g)	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質(g)	炭水化物 (g)
朝食	カロリーメイト	40	200	4	11.3	20.1

(5) 測定方法

朝 8 時までには朝食を摂取し、3 時間 30 分あけて 11 時 30 分に血糖値を測定し、血糖値低下を確認後昼食を摂取し、30 分おきに 12 回 6 時間測定した。

表 6 たんぱく質食摂取後の血糖値

時間/対象	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	ave	SE
FBG	96	88	90	86	94	85	99	92	85	95	91	1.57
0.5h	98	94	84	83	95	82	100	96	88	98	92	2.17
1h	97	96	91	82	98	88	107	97	87	98	94	2.26
1.5h	96	91	83	84	93	94	104	96	88	101	93	2.14
2h	102	86	90	87	92	99	101	100	85	98	94	2.12
2.5h	99	90	87	82	94	87	98	94	85	97	91	1.87
3h	97	88	90	86	86	87	94	94	90	96	91	1.31
3.5h	92	90	81	87	88	85	101	92	86	100	90	2.01
4h	92	91	85	83	88	86	99	93	88	101	91	1.86
4.5h	87	88	88	83	89	93	93	91	84	88	88	1.06
5h	82	85	82	79	96	80	90	88	83	94	86	1.86
5.5h	89	82	75	73	82	85	89	89	83	92	84	1.97
6h	93	78	78	71	88	88	85	87	81	90	84	2.13

測定に際しての対象者への条件を下記とした。

- 1) 測定前日夜 10 時までには飲食を済ませる（水の摂取は可）。
- 2) 測定当日は終了までに指定の食品以外の飲食、運動はせず、安静を守る。
- 3) 測定期間中は日常の生活習慣を維持する。

(6) 検定方法

統計処理は EZR (VER1.26) を使用し、糖質食、脂質食、たんぱく質食の 3 群間での血糖値の増加率の比較は Kruskal-Wallis 検定、時間ごとの血糖値の比較では Friedman 検定を用いた。平均値±標準誤差で示し、統計学的優位水準は 5%未満を有意な差ありとした。

(7) 測定に使用した機器

血糖値測定にはニプロフリースタイルフリーダムライト (ニプロ株式会社)、ニプロフリースタイルフリーダムライトセット S (ニプロ株式会社)、ニプロ FS 血統センサーライト (ニプロ株式会社) を用いた。

朝 8 時までには朝食を摂取し、3 時間 30 分あけて 11 時 30 分に血糖値を測定し、血糖値低下を確認後、昼食を摂取し、30 分おきに 12 回 6 時間の血糖値を測定した。

3. 結果

(1) 栄養素単体摂取による血糖値の上昇

1) たんぱく質食の血糖上昇 (表 6)

たんぱく質食では全員の血糖値に大きな変化は見られず、最も大きく上がった者でもその差は 14 mg/dl で、中には下がった者もいた。(図 3, 4)

表 7 脂質食摂取後の血糖値

時間/対象	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	ave	SE
FBG	85	89	84	78	86	88	71	95	76	79	83	2.24
0.5h	86	94	80	75	74	87	80	70	79	83	81	2.23
1h	84	94	81	75	79	87	80	91	82	90	84	1.91
1.5h	82	87	87	92	86	88	90	95	78	94	88	1.66
2h	80	88	81	89	82	80	90	87	73	91	84	1.83
2.5h	77	86	77	81	86	86	89	85	71	89	83	1.89
3h	76	88	76	80	76	81	86	85	74	82	80	1.54
3.5h	78	86	79	83	74	84	93	85	70	88	82	2.16
4h	80	83	76	83	79	81	90	88	73	85	82	1.64
4.5h	71	86	76	75	77	84	81	86	76	84	80	1.67
5h	74	81	75	73	73	81	78	85	74	80	77	1.33
5.5h	72	83	68	77	75	84	87	89	75	90	80	2.41
6h	80	82	75	75	80	84	80	87	76	78	80	1.24

図 3 たんぱく質食の血糖値推移 (全員)

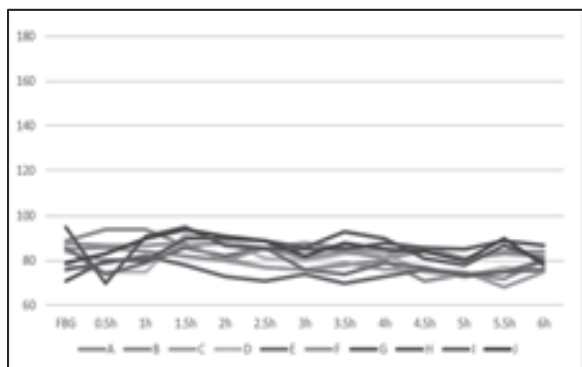
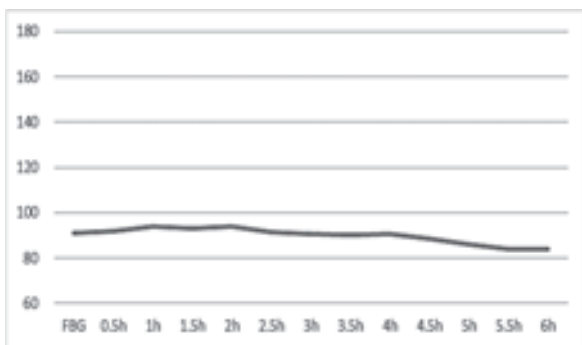


図 4 たんぱく質食の血糖値推移 (平均)



たんぱく質単体摂取での血糖値への影響は非常に少ないと言え、平均するとほぼ横ばいである。

2) 脂質食の血糖上昇

脂質食ではたんぱく質食と同様に血糖値に大きな変化はなく、最も上がった者で血糖値の上昇は 19 mg/dℓで、わずかながら下がった者もいた。

脂質単体での血糖値への影響も非常に少ないと考えられる。(表 7) (図 5, 6)

図 5 脂質食の血糖値推移 (全員)

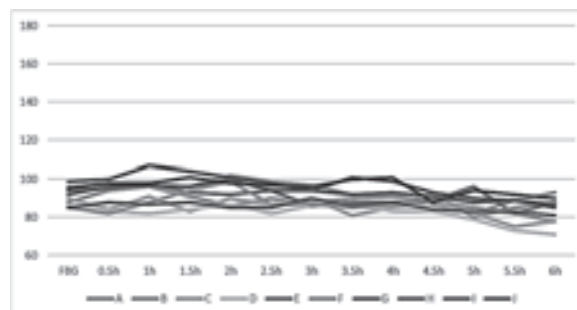
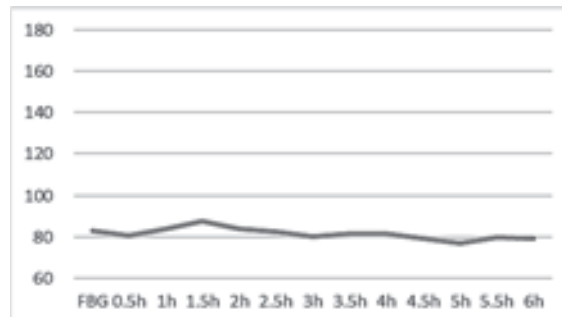


図 6 脂質食の血糖値推移 (平均)



3) 糖質食の血糖上昇

糖質食では摂取後 1 時間で血糖値のピークを迎え、摂取後 3 時間で摂取前の血糖値に戻りさらに低下し

表 8 糖質食摂取後の血糖値

時間/対象	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	ave	SE
FBG	82	90	92	89	90	84	96	107	87	95	91	2.24
0.5h	170	119	167	154	144	134	175	158	126	109	146	7.23
1h	174	175	157	177	105	110	154	159	120	206	154	10.33
1.5h	164	185	173	156	103	119	125	123	107	186	144	10.17
2h	124	153	133	112	106	106	117	98	95	140	118	5.98
2.5h	97	96	94	90	99	89	97	144	83	130	102	6.13
3h	84	111	91	76	95	89	94	111	80	115	95	4.31
3.5h	76	114	84	72	93	85	80	90	87	85	87	3.63
4h	80	93	84	77	84	82	87	82	79	69	82	2.00
4.5h	77	77	77	72	81	90	87	90	89	79	82	2.07
5h	81	78	78	73	82	84	89	89	85	84	82	1.59
5.5h	81	78	80	80	81	85	86	89	85	87	83	1.15
6h	78	80	78	79	79	79	85	88	86	84	82	1.19

た。たんぱく質、脂質と比べて明らかに血糖値の上昇が早く、そして高い。糖質を単体で摂取することで血糖値の上昇は避けられないことが分かる。(表 8) (図 7, 8)

図 7 糖質食の血糖値推移 (全員)

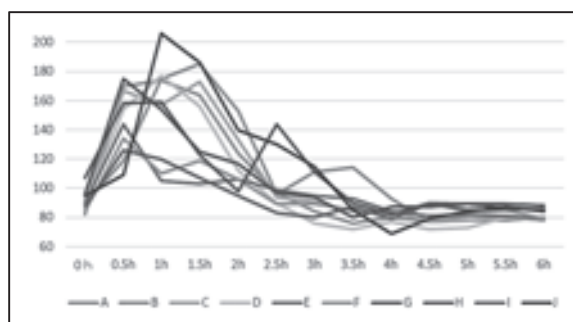
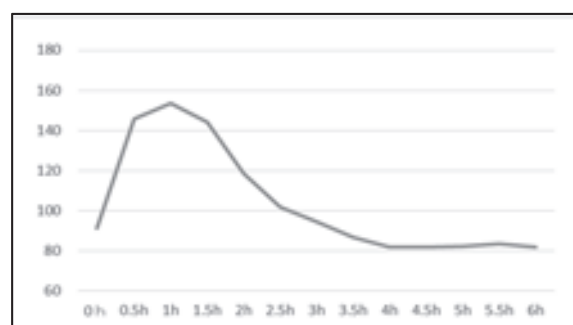


図 8 糖質食の血糖値推移 (平均)



4) 血糖値の増加率の比較 (表 9)

糖質食とたんぱく質食で有意な差が見られ、糖質食と脂質食にも有意な差が見られた。しかしたんぱく質食、脂質食の間には有意な差が見られなかった。

5) 時間ごとの血糖値の比較 (表 8)

今回時間ごとの比較は血糖値の低下してきている 3.5 時間から 6 時間までをそれぞれ比較した。

3.5 時間ではたんぱく質食と脂質食に有意な差が見られ、4 時間、4.5 時間ではたんぱく質食、脂質食とたんぱく質食、糖質食の間に有意な差が見られたが、5.5 時間以降では 3 群のすべてで有意な差が見られなかった。

表 9 栄養素ごとの血糖値の増加率

	糖質	脂質	たんぱく質
A	92	1	17
B	95	5	7
C	81	3	7
D	88	14	9
E	54	0	12
F	50	0	11
G	79	22	36
H	52	0	5
I	39	6	14
J	111	15	22
平均	74.1	6.6	14

図9 3大栄養素の単体摂取でのこれまでのイメージと本研究の成果との差

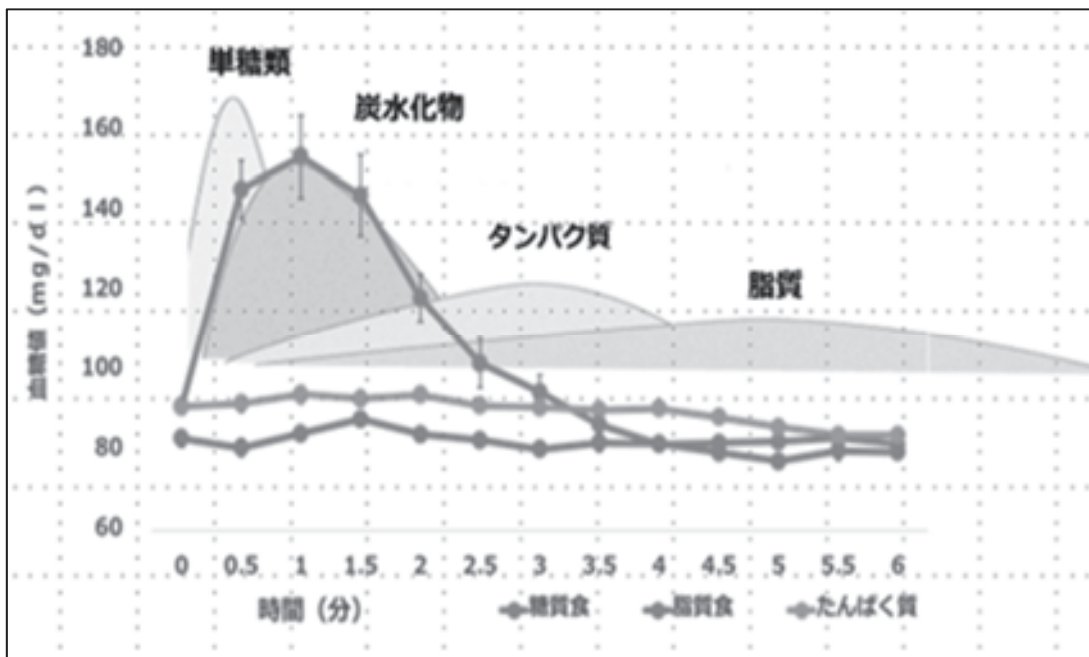


図10 栄養素ごとの血糖値の増加率の比較グラフ

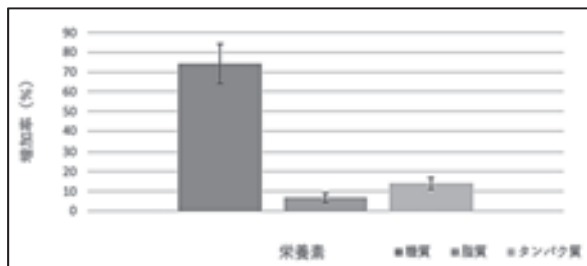
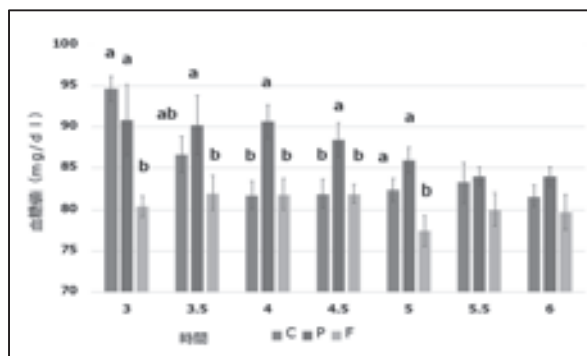


図11 時間ごとの血糖値の比較



6) 3大栄養素の血糖上昇の比較

糖質食のグラフでは約1時間でピークを迎え、その後低下する形となり、予想通りであった。たんぱく質食は3~4時間後にピークを迎え、脂質食は5時間後にピークを示すと予想したが、本研究では血糖値の上昇がほとんど見られないことが示され、これまで言われてきたたんぱく質と脂質の摂取後の血糖値の上昇とは大幅に異なる結果となった。(図9)

表10 血糖値増加の比較統計結果(Kruskal-Wallis検定)

	t	p
C:F	3.78	0.00045
C:P	3.78	0.00046
F:P	2.65	0.021

(2) 栄養素の複合摂取による血糖値の上昇

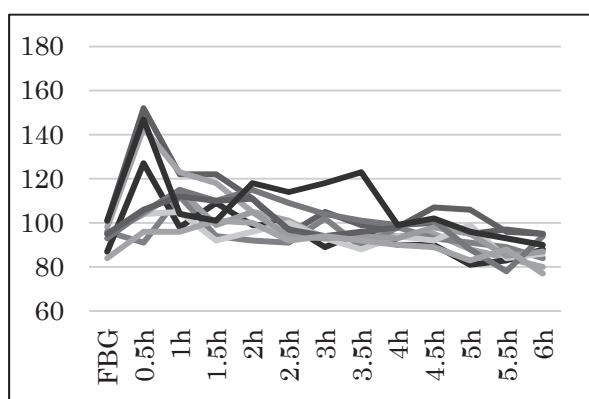
1) 糖質+たんぱく質食の血糖上昇

糖質食に比べて血糖値のピークが約30分早い、最大血糖値は糖質食よりも30mg/dl低く、さらに血糖値の下降がなだらかになることが読み取れる。(表11) (図12)

表 11 糖質+たんぱく質食摂取後の血糖値

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
FBG	101	98	96	87	95	95	93	95	84	101
0.5h	152	143	91	127	104	104	105	106	96	147
1h	122	123	112	98	105	115	115	112	96	104
1.5h	122	118	94	109	92	99	110	110	101	101
2h	111	105	92	99	96	105	115	111	100	118
2.5h	95	101	91	99	100	94	109	97	92	114
3h	105	93	102	89	93	93	104	94	94	118
3.5h	99	95	89	96	88	94	101	96	92	123
4h	99	94	98	90	94	93	99	98	90	99
4.5h	100	95	93	90	92	98	101	107	89	102
5h	95	88	91	81	99	95	88	106	83	96
5.5h	97	84	89	83	84	85	78	96	88	93
6h	95	80	84	88	86	87	94	95	77	90

図 12 糖質+たんぱく質食に血糖値推移（全員）



たんぱく質は糖質よりやや遅れて血糖値を上げると考えられていたが、単体摂取ではほとんど血糖値に影響しないことが示された。では、たんぱく質と糖質を一緒に食べると血糖値は糖質単体摂取より上がるのか下がるのかに注目した。本研究では糖質とたんぱく質を半々にするのではなく、単純にプラスしたので、エネルギーは約2倍である。では血糖値も糖質+たんぱく質となるのか、それとも糖質+たんぱく質になるのか、興味深いところであった。

結果は糖質単体摂取より大幅に血糖値が下がるということになった。

表 12 糖質+脂質食摂取後の血糖値

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
FBG	93	93	102	90	94	89	90	103	89	92
0.5h	115	111	100	94	96	112	122	168	120	89
1h	118	106	104	126	102	116	124	142	126	118
1.5h	147	119	156	139	99	128	123	119	140	122
2h	138	122	140	141	112	102	124	121	112	108
2.5h	104	147	103	130	110	101	111	102	91	105
3h	117	120	92	112	101	96	92	89	76	97
3.5h	100	114	89	94	102	93	94	91	74	98
4h	87	103	87	86	104	92	96	93	84	91
4.5h	92	95	86	74	97	89	93	97	88	96
5h	86	89	78	73	87	90	100	100	87	94
5.5h	92	95	78	82	87	85	89	101	88	87
6h	84	91	78	85	85	90	94	98	88	94

図 13 糖質+脂質食の血糖値推移 (全員)

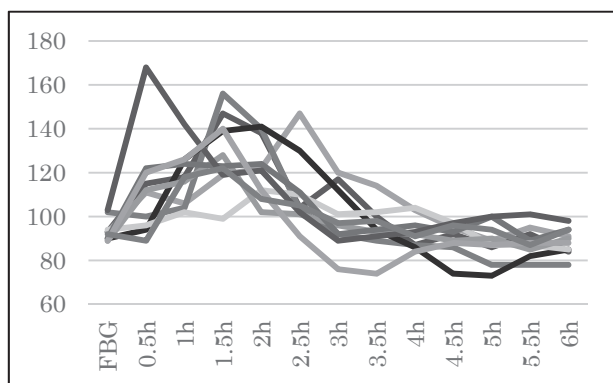
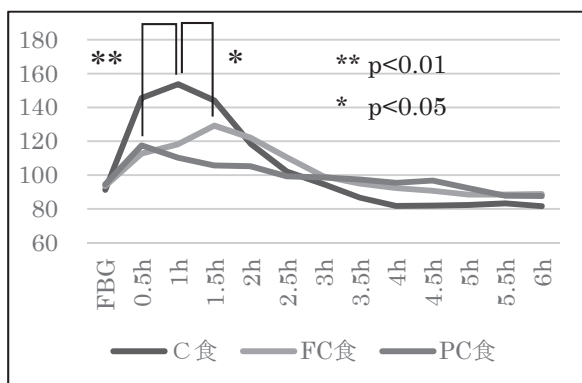


図 14 血糖値間の統計解析

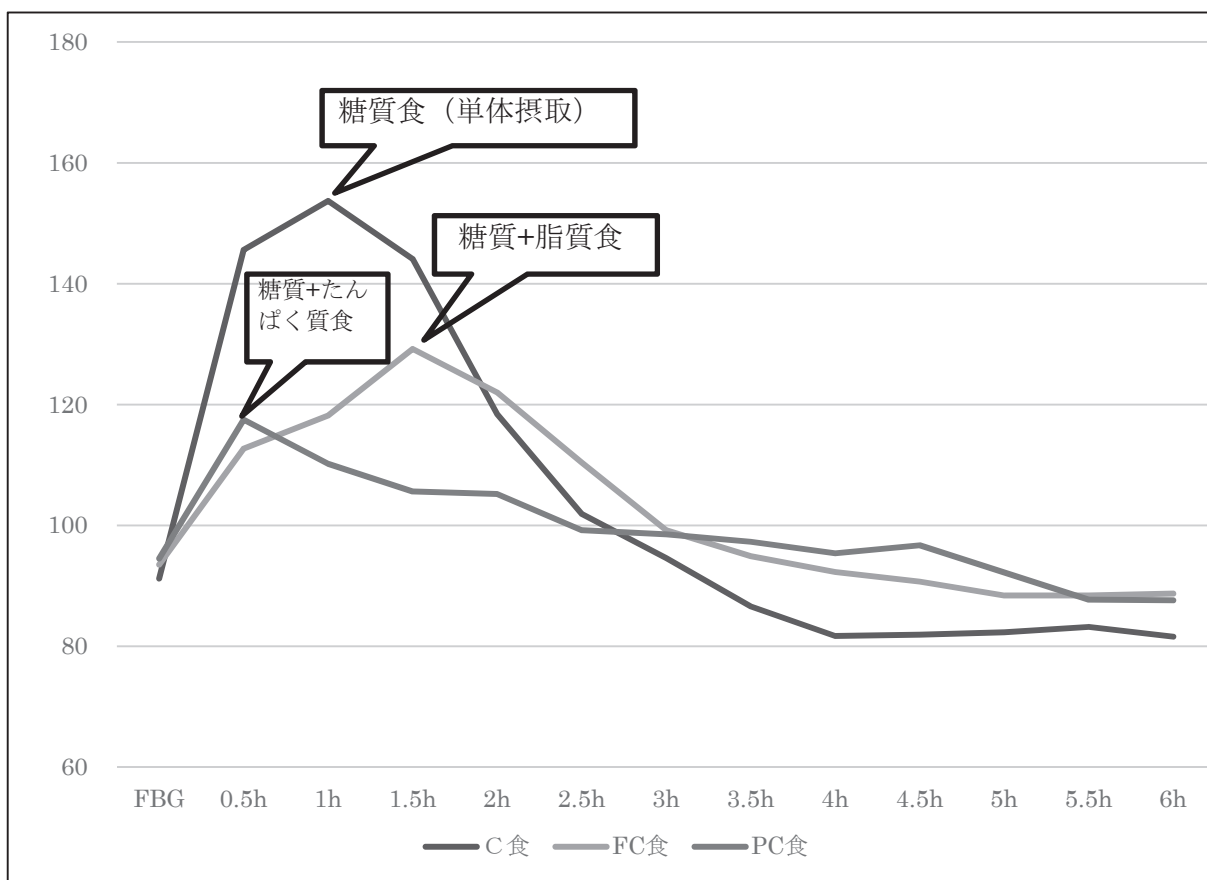


2) 糖質+脂質食の血糖上昇

脂質を加えた糖質+脂質食は、糖質食に比べてピークは約 30 分遅れ、最大血糖値は糖質単体摂取よりも約 40mg/dl 低くなることを読み取れる。(表 12)、(図 13)

図 15 複合摂取による血糖値の推移 (平均)

(C=糖質食 F食=脂質食 P=たんぱく質食)



3) 解析

各試験食の最大血糖値を比較した結果、糖質食 (C食) と脂質+糖質食 (FC食) 間で有意に差が見られた ( $p<0.05$ )。 (表 10) (図 14)

また、C食とPC食間では著しい有意差が見られた ( $p<0.01$ )。FC食とPC食間では有意な差は見られなかった。



また、図 15 より、脂質が加わる FC 食では C 食に比べてピークが約 30 分遅れ、尚且つ最大血糖値は FC 食の方が C 食よりも約 40mg/dl 低くなることを読み取れる。さらに、タンパク質が加わる PC 食では C 食に比べてピークが約 30 分早く、尚且つ最大血糖値は PC 食の方が C 食よりも 30mg/dl 低く、さらに血糖値の推移がなだらかになることが読み取れる。

糖質を単体で摂取した時と比べて、たんぱく質、脂質を加えた食事は、エネルギーが上昇しても血糖値は下がることが実証された。

#### 4. 考察

糖質食の摂取の実験により、糖質のみを摂取した際の血糖値は急速に上昇し、その後、摂取前の血糖値よりもさらに下がることから、満足感と空腹感を生じやすいことが示唆された。

また、糖質食では最大血糖値が 160 mg/dl 付近まで上昇し、大きな影響があることが分かるが、上昇した血糖値は 3 時間後にはたんぱく質食、脂質食の血糖値を下回り、3 時間 30 分で食事前の血糖値 90 mg/dl を通過し、4 時間後には食事開始時よりも低い 80 mg/dl まで下降しており、糖質の単体摂取は血糖値の山が高く谷が低いことが示唆された。

食事時の糖質の割合が大きいと血糖値は大きく変動するが、たんぱく質や脂質を組み合わせることにより変動が緩和できることが明らかとなった。

タンパク質と脂質には血糖値の上昇や下降を緩やかにする働きがあり、日常的な食事では糖質にタンパク質や脂質を組み合わせる摂取することが重要であることが示唆された。

脂質食とたんぱく質食では血糖値に大きな変動が見られず測定終了時には空腹時よりも低値となるデータがあった。これまで考えられてきたたんぱく質、脂質の血糖値変動はインスリンの枯渇した 1 型糖尿病患者に適応するものであり、健常人ではインスリンの働きによりたんぱく質や脂質のみでは血糖値の上昇が見られなかったと考えられる。

栄養素の複合摂取では、たんぱく質を組み合わせた糖質+たんぱく質食が糖質食よりも低い値で早く最大血糖値を迎えており、血糖値降下が糖質食よりも早かった。

本研究の結果より、糖質食では血糖値の上昇が高く、脂質食、たんぱく質食では血糖値の上昇がほとんど見られなかった。また、糖質食、タンパク質と糖質食、脂質食の血糖上昇の間には有意な差が見られ、たんぱく質食、脂質食の間には有意な差が見られなかった。健常者の食事では、糖質の単体摂取ででは血糖値が大きく上昇するが、タンパク質、脂質はほとんど血糖値上昇に作用しないことが示唆された。

このことにより、健常者による食事では、血糖値の上昇に関与しているのは、3 大栄養素のうちほとんど炭水化物(糖質)のみであることが示された。

#### 5. 結論

栄養素の複合摂取によって、糖質食の血糖値上昇は大きく緩和されることが示された。この効果はたんぱく質、脂質ともに大きく、食事の際に栄養素のバランスに配慮することは血糖上昇に大きな意味を持つことが実証された。

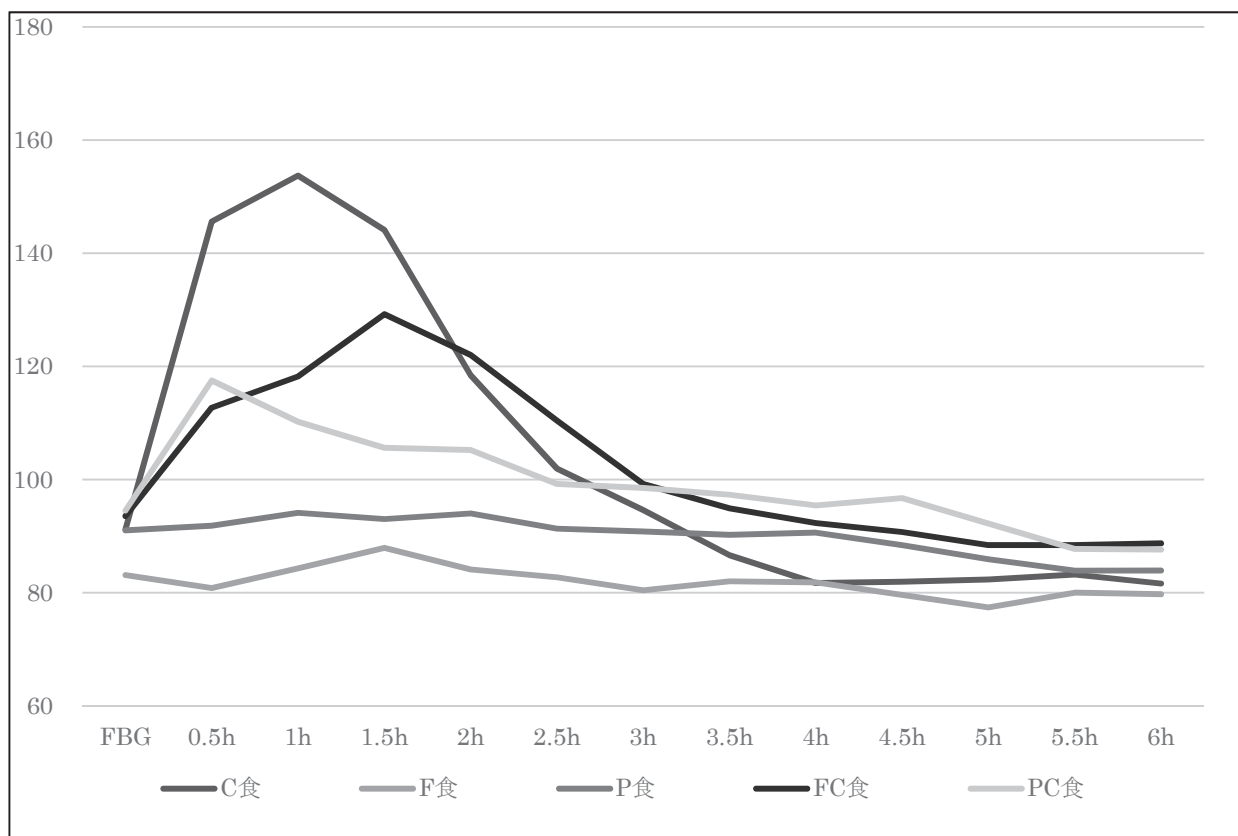
食事摂取で重要なのは、糖質に偏った食事はエネルギーに比して血糖値が早く高く上がり、その後大きく下降することで、満足感を早く感じるが、その後の空腹感も早く到来するという事実である。

本研究でタンパク質食、脂質食で予想と異なる結果となった。本研究で特に注目すべき点は、エネルギーが 2 倍になった糖質+たんぱく食と糖質+脂質食であり、従来から糖尿病の食事療法で実践されてきた「エネルギーの低下=血糖値の低下」というイメージは一掃されるべきであり、果となった要因として、絶対的にインスリンが欠乏している 1 型糖尿病患者ではたんぱく質、脂質でも血糖値が上昇するが、健常者はもちろん、2 型糖尿病患者では少ないながらもインスリン分泌があれば、たんぱく質、脂質単体摂取での血糖上昇は当てはまらないということから今回の結果となったと考えられる。(図 16)

本研究では健常人での血糖を測定し、高炭水化物食、高たんぱく質食、高脂質食とその組合せが血糖に与える影響について検証した。

糖尿病の原因が肥満にあることはゆるぎない事実であるが、血糖コントロールにおいてはエネルギー調整ではなく、糖質の調整と栄養素のバランスを保つことが最も重要であることが示唆された。

図 16 単体摂取と複合摂取による血糖値への影響



### 6. 謝辞

被験者として採血や食品摂取に協力してくれた学生諸君とデータの統計処理をご指導いただいた柴田清教授に深く感謝申し上げます。

### 7. 引用文献

- (1) 日本人の糖尿病の食事療法に関する日本糖尿病学会の提言 P2 22
- (2) 糖尿病治療ガイドライン 2014-2015 編・著 日本糖尿病学会 P40 4
- (3) 糖尿病食事療法の選択肢を増やす「緩やかな糖質制限」ハンドブック 山田悟 P3 3
- (4) 糖尿病の療養指導 2007 療養指導士を育てるために 社会法人糖尿病学会編 第1班診断と治療者：114,2007 永田正男
- (5) 農林水産省 トランス脂肪酸の摂取と健康への影響 H27.6.24