

低糖質麺における血糖値上昇抑制効果および筋量とグルコース代謝の関係

山本 亜衣^{*1}・樋口 行人^{*2}・崎山 栄子^{*1}・田所 加奈^{*1}・新富 瑞生^{*1}・
長谷川 伸^{*2}・巴 美樹^{*1}

^{*1}九州女子大学家政学部栄養学科 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-1 (〒807-8586)

^{*2}九州共立大学スポーツ学部スポーツ学科 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8 (〒807-8585)

(2019年10月31日受付、2019年12月18日受理)

要 旨

[目的] 難消化性デキストリンは食後の血糖値上昇を穏やかにすることが報告されている。本研究では(株)大橋製麺所および丸岩産業(株)が共同開発した難消化性デキストリンを添加した「糖質オフ麺」を使用し、食事摂取量を把握できる全寮制の野球部の男子大学生32名を対象に血糖値上昇抑制効果を検討した。

[方法] 試験は2018年12月～2019年1月に実施した。九州共立大学硬式野球部の男子学生32名(19.4±0.9歳)を対象とし、一重盲検法クロスオーバー試験を実施した。低糖質麺群には「糖質オフ麺」を試験食として提供した。通常麺群には「通常麺」を対照食として提供した。空腹時の血液検査および摂取後30分、60分、90分、120分の血糖値を測定した。第1期に摂取後30分の血糖値が0分より低値を示した被験者が32名中10名みられたため、第2期はインスリン値の測定を追加した。

[結果・考察] 低糖質麺群は通常麺群と比較し、摂取後120分の血糖値上昇を抑制することが明らかとなり、糖尿病の予防としての有効性が示唆された。また、全例の36%に摂取後30分の血糖値低下がみられ、第2期試験では血糖値30分後低下群において、1kg体重当たりの筋量が有意に高く、インスリン分泌量が有意に低値を示した。筋量増加によってインスリン感受性が高まり、糖の取り込みが亢進していることが考えられた。

1. 研究の背景および目的

平成29(2017)年患者調査¹⁾では、糖尿病の患者数は328万9,000人(男性184万8,000人、女性144万2,000人)となり、前回(2014年)調査の316万6,000人から12万3,000人増加して過去最高となった。また、平成29年度国民健康・栄養調査によると「糖尿病が強く疑われる者」の割合は男性18.1%、女性10.5%である²⁾。平成28年の国民医療費は42兆1,381億円であり、そのうち糖尿病医療費は1兆2,132円を占め³⁾、糖尿病の予防、合併症などの重症化を予防することが必要とされている。2018年に厚生労働省研究班が1型糖尿病の患者数を10～14万人と推定⁴⁾したことから、糖尿病患者の約95%以上が2型糖尿病と考えることができる。2型糖尿病の治療は細小血管症や大血管症を予防するために食事療法、運動療法を中心とし、血糖コントロールを行うことが基本方針となっている。血糖コントロールを維持、改善するための研究として、難消化性デキストリン⁵⁾、人工甘味料⁶⁾、オカラ発酵素材⁷⁾などの食素材の研究やカーボカウント⁸⁾、グリセミックインデックス(Glycemic index; GI)⁹⁾食品の摂取順序¹⁰⁾などを利用した食後の血糖の上昇を緩慢にする効果が報告されている。笹岡¹¹⁾らのホットケーキ粉に水溶性食物繊維であるβグルカン含有の大麦粉を混ぜた粉と通常のホットケーキ粉を食べた被験者を比較した結果、βグルカン含有の大麦粉を混ぜた粉の方が食後血糖値の上昇を抑制することが明らかになった。青江ら¹²⁾は不溶性食物繊維に富む小麦全粒粉を配合したパンを喫食した被験者の食後血糖値上昇抑制効果を報告している。近年、健康志向に向けての低糖質麺やパンが市販されるようになった。理由の一つに、糖尿病患者の外出食摂取選択頻度状況を調査した研究¹³⁾において、ラーメン、中華麺類が全体の11.1%を占め選択頻度の高い外出食メニューであげられている。またラーメンの世代別嗜好を調査した研究¹⁴⁾では、小学生、学生の世代85%、成人68%、全体として79%の人がラーメンを好んでいるという結果である。

これらの背景から、低糖質ラーメンの開発は食嗜好の観点から糖尿病の予防において意義深いと考えられ、血糖値上昇抑制効果についてのエビデンスの確立が重要である。本研究では(株)大橋製麺所および丸岩産業(株)が共同開発した難消化性デキストリンを添加した「糖質オフ麺」を使用し、健康な男子大学生32

名を対象に食後の血糖値上昇抑制効果について検討した。

II. 方法

1. 対象および倫理的配慮

九州共立大学硬式野球部の男子学生32名を対象とした。本研究はヘルシンキ宣言の精神に則り、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」を遵守し、九州共立大学倫理審査委員会の承認番号（2018-08）を受けて被験者に説明を行い、同意を得て実施した。

2. 試験食

試験食は（株）大橋製麺所および丸岩産業（株）が共同開発した難消化性デキストリンを添加した「糖質オフ麺」を用い、乾麺135gを沸騰水浴中で4分間茹で、茹で上がり300gに350mlのスープを加えて低糖質ラーメンとして提供した。対照食として同企業が従来から製造している「通常麺」を用い、生麺165gを沸騰水浴中で2分間茹で、茹で上がり300gに350mlのスープを加えて通常のラーメンとして提供した。茹で上がり後の「糖質オフ麺」、「通常麺」の栄養成分を表1に、「糖質オフ麺」および「通常麺」の栄養価を表2に示した。「糖質オフ麺」および「通常麺」は茹で上がり後の重量を300gに揃えた結果、エネルギーは「糖質オフ麺」の方が69kcal低いが、炭水化物はほぼ同量であったため、エネルギーの違いは血糖値へ影響を与えないとした。

表1 茹で上がり後の「糖質オフ麺」、「通常麺」の栄養成分
(100g当たり)

栄養成分		「糖質オフ麺」	「通常麺」
エネルギー	kcal	111	134
たんぱく質	g	5.4	4.6
脂質	g	0.6	0.6
炭水化物	g	27.4	28.4
糖質	g	14.8	26.9
食物繊維	g	12.6	1.5
灰分	g	0.6	0.7
食塩相当量	g	0.5	0.6
水分	g	66.0	65.7

※一般財団法人日本食品分析センターによる

表2 「糖質オフ麺」および「通常麺」の栄養価

材料	分量 g	エネルギー kcal	たんぱく質 g	脂質 g	炭水化物 g	糖質 g	食物繊維 g	食塩相当量 g
「糖質オフ麺」	低糖質麺(ゆで)	300	333	16.2	1.8	82.2	44.4	37.8
	豚骨スープ	89	255	12.8	20.8	4.0	-	0.4
	醤油だれ	48	73	0.5	0.8	12.1	-	4.7
	合計	437	661	29.5	23.4	98.3	44.4	37.8
「通常麺」	通常麺(ゆで)	300	402	13.8	1.8	85.2	80.7	4.5
	豚骨スープ	89	255	12.8	20.8	4.0	-	0.4
	醤油だれ	48	73	0.5	0.8	12.1	-	4.7
	合計	437	730	27.1	23.4	101.3	80.7	4.5

3. 試験デザイン

試験は2018年12月14日～2019年1月25日に実施した。被験者32名をAグループ16名、Bグループ16名の2グループに分け、一重盲検法クロスオーバー試験を実施した。割り付け時介入前の調査結果をもとに被験者の年齢、BMIを層別法で割り付けた。第1期はAグループに試験食として「低糖質麺」を摂取させ、Bグ

グループは対照食として「通常麺」を摂取させた。第2期は約6週間のウォッシュアウト期間後に行い、Aグループは「通常麺」、Bグループに「糖質オフ麺」を摂取させた。以下、「糖質オフ麺」を摂取した群を低糖質麺群、「通常麺」を摂取した群を通常麺群とする。被験者は採血条件を一定にするために、前日18:30より全員同じ食事(表3)を摂取させ、20時より水のみ自由摂取とし、安静にするように指示をした。翌日の空腹時血液生化学検査および血糖値測定を6:30から7:10までの間に行った。空腹時採血後、「糖質オフ麺」、「通常麺」を10分以内で摂取させた。空腹時を0分とし、摂取後30分、60分、90分、120分の30分毎の血糖値を測定した。第2期試験については120分間30分毎のインスリン値の測定を追加した。被験者の基礎データとして、第1期試験時に身体計測、体組成の測定、食事調査、生活・食生活調査、身体活動調査を行った。

表3 前日の夕食の献立および栄養価

前日の夕食の献立			前日の夕食の栄養価		
献立名	材料名	分量 (g)	栄養素	(単位)	
ご飯		500	エネルギー	(kcal)	2302
とんかつ	豚肉	160	たんぱく質	(g)	89.3
付け合せ	キャベツ	30	脂質	(g)	94.3
	ミニトマト	20	炭水化物	(g)	254.8
ほうれん草の胡麻和え	ほうれん草	60	カリウム	(mg)	2487
	しらす干し	6	カルシウム	(mg)	314
卵焼き(市販品)		60	リン	(mg)	1058
鯖の塩焼き	塩鯖	80	鉄	(mg)	8.5
	大根	40	レチノール当量	(μ g)	482
	レモン	10	ビタミンB ₁	(mg)	1.7
ポテトサラダ(市販品)		80	ビタミンB ₂	(mg)	1.49
豚汁	豚肉	15	ビタミンC	(mg)	77
	豆腐	30	食物繊維総量	(g)	10.8
	白菜	30	食塩相当量	(g)	8.23
	里芋	20			
	大根	15			
	人参	10			
	糸こんにゃく	10			

4. 身体計測

身体計測は排尿後、朝食摂取2時間経過後に行った。身長はデジタル身長計(YG-200,ヤガミ)で計測し、体重、体組成(筋量、体脂肪量)は体成分分析装置(Inbody770, (株)インボディ・ジャパン)で測定した。

5. 血液検査

1) 血液生化学検査および血球検査

血液検査は第1期および第2期に行った。(株)キューリンに依頼し、早朝6時30分から空腹時の採血を行った。検査項目は総蛋白(TP)、アルブミン(Alb)、アルブミン・グロブリン比(A/G)、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ(AST)、アラニンアミノトランスフェラーゼ(ALT)、乳酸脱水素酵素(LDH)、 γ -グルタミルトランスペプチダーゼ(γ -GTP)、血中尿酸(B-UA)、血中カリウム(B-K)、血中尿素窒素(BUN)、血中クレアチニン(B-CRE)、推定糸球体濾過量(e-GFR)、中性脂肪(TG)、総コレステロール(T-cho)、LDLコレステロール(LDL-cho)、HDLコレステロール(HDL-cho)、血中ナトリウム(B-Na)、血中クロール(B-Cl)、白血球数(WBC)、赤血球数(RBC)、ヘモグロビン(Hb)、ヘマトクリット(Ht)、平均赤血球容積(MCV)、平均赤血球ヘモグロビン量(MCH)、平均赤血球ヘモグロビン濃度(MCHC)、血小板数(PLT)の26項目について行った。

2) 血糖値、インスリン値の測定

血糖値の測定は第1期および第2期に行い、インスリン値は第2期のみ測定した。

血糖値およびインスリン値は空腹時(0分)、「糖質オフ麺」および「通常麺」を摂食後30分、60分、90分、120分の5回測定した。第1期の採血において、30分値に血糖値が低下する被験者が32名中10名見られたため、インスリン量に違いが見られるか検討するため第2期のみ測定を行った。

6. 食事調査

食事調査は第1期のみ行った。土日の休日1日と平日2日の3日間行い、エネルギーおよび栄養素摂取量の平均値を算出した。喫食状態を確認するため、食事の写真をスマートフォンで撮影し、同時に摂取したすべての食品と飲料について、献立名、材料名、材料の重量、市販食品のメーカー、商品名を食事記録表に記載するように依頼した。食事記録表は提出時に管理栄養士が写真を見ながら喫食率、残食率等の記録内容を確認した。栄養価算定は日本食品標準成分表2015年版(七訂)を食品データベースとした栄養指導支援システム((株)コアソリューションズ)を用いて行った。

7. 生活・食生活調査

生活・食生活調査は第1期のみ行った。特定健診・特定保健指導で使用されている生活・食生活調査・問診票を一部改変し、被験者の生活・食生活状況を確認した。

8. 身体活動調査

身体活動調査は第1期のみ行った。一日のタイムスタディ調査を行い、被験者の身体活動状況を確認した。

9. 統計解析

試験食および前日の規定食以外の測定値は、すべて平均値±標準偏差で示した。統計解析ソフトIBM SPSS Statistics 20(日本アイ・ビー・エム(株))を使用し、同一被験者の2群間の有意差検定は対応のあるt検定、異なる被験者の2群間の有意差検定は対応のないt検定を用いた。検定はすべて両側検定とし、有意水準を5%とした。

III. 結果

本稿では血液検査、血糖値およびインスリン値の結果を中心に報告する。

1. 低糖質麺における血糖値上昇抑制効果

(1) 被験者の属性

被験者の属性を表4に示した。被験者の年齢 19.4±0.9歳、身長 173.4±7.0cm、体重71.8±8.7kg、BMI 23.8±2.0kg/m²であり、AグループとBグループの2群間に有意な差はみられなかった。

表4 被験者の属性

	Aグループ (n=16)			Bグループ (n=16)			合計 (n=32)		p値 [†]	
	Mean	±	SD	Mean	±	SD	Mean	±		SD
年齢(歳)	19.4	±	0.9	19.4	±	0.9	19.4	±	0.9	0.84
身長(cm)	172.9	±	7.4	173.9	±	6.5	173.4	±	7.0	0.68
体重(kg)	72.1	±	7.5	71.5	±	9.7	71.8	±	8.7	0.86
BMI(kg/m ²)	24.1	±	1.6	23.6	±	2.3	23.8	±	2.0	0.50

[†]: 対応のないt検定

(2) 血液検査

1) 血液生化学検査および血球検査

被験者のクロスオーバー試験における血液検査および血球検査の結果を表5に示した。いずれの項目においても基準値の範囲内であった。低糖質麺群と通常麺群で有意な違いがみられた項目はAlb、A/Gであった。Albは低糖質麺群 $4.6\pm 0.2\text{g/dl}$ 、通常麺群 $4.7\pm 0.2\text{g/dl}$ で通常麺群の方が有意に高値を示した ($p=0.02$)。A/Gは低糖質麺群 $1.65\pm 0.16\text{g/dl}$ 、通常麺群 $1.72\pm 0.17\text{g/dl}$ で通常麺群の方が有意に高値を示した ($p=0.004$)。他の項目では2群間に有意な差はみられなかった。

表5 低糖質麺群と通常麺群における血液検査および血球検査の結果

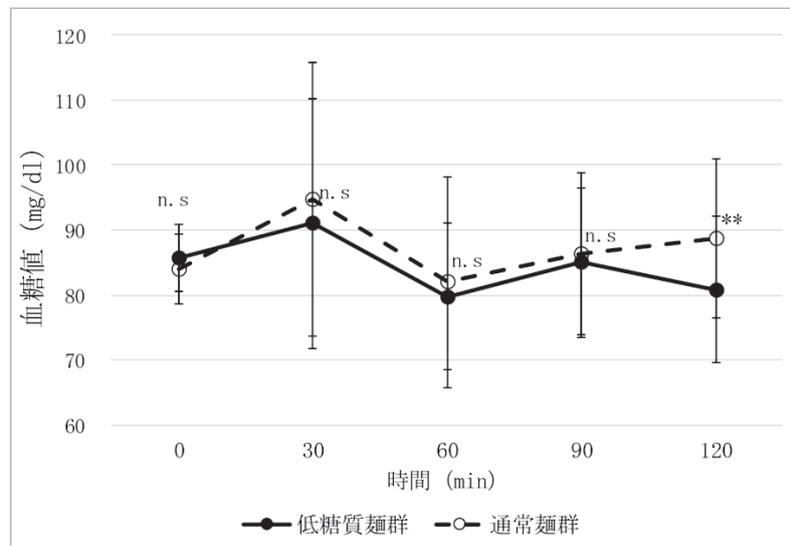
検査項目	低糖質麺群 (n=32)			通常麺群 (n=32)			p値 [†]
	Mean	±	SD	Mean	±	SD	
TP	g/dl	7.3	± 0.3	7.4	± 0.3	0.3	0.26
Alb	g/dl	4.6	± 0.2	4.7	± 0.2	0.2	0.02
A/G		1.65	± 0.16	1.72	± 0.17	0.17	0.004
AST	U/l	25.2	± 5.8	23.9	± 6.4	6.4	0.15
ALT	U/L	24.6	± 10.1	24.6	± 10.5	10.5	0.96
LDH	U/L	192.0	± 30.2	189.7	± 25.0	25.0	0.61
γ-GTP	U/l	22.7	± 10.8	21.6	± 8.8	8.8	0.28
B-UA	mg/dl	15.2	± 2.2	15.7	± 2.1	2.1	0.37
B-K	mmol/l	4.5	± 0.3	4.6	± 0.3	0.3	0.24
B-BUN	mg/dl	15.2	± 2.2	15.7	± 2.1	2.1	0.11
B-CRE	mg/dl	1.0	± 0.1	1.0	± 0.1	0.1	0.26
eGFR	ml/min/1.7m ²	85.8	± 10.2	86.8	± 10.1	10.1	0.32
TG	mg/dl	74.5	± 39.5	82.9	± 44.7	44.7	0.14
T-cho	mg/dl	161.3	± 19.4	165.6	± 17.1	17.1	0.11
LDL-cho	mg/dl	86.7	± 15.9	87.1	± 16.5	16.5	0.83
HDL-cho	mg/dl	59.8	± 11.8	61.9	± 12.0	12.0	0.11
B-Na	mmol/l	141.0	± 1.1	141.0	± 1.3	1.3	0.92
B-Cl	mmol/l	102.1	± 1.5	102.2	± 1.5	1.5	0.74
WBC	mm ³	6375	± 900	6613	± 1206	1206	0.22
RBC	万/μg	508	± 35	509	± 27	27	0.84
Hb	g/dl	15.3	± 0.9	15.5	± 0.7	0.7	0.35
Ht	g/dl	47.0	± 2.8	47.3	± 2.1	2.1	0.57
MCV	f1	92.6	± 2.7	93.0	± 2.9	2.9	0.06
MCH	pg	30.2	± 1.1	30.4	± 1.1	1.1	0.07
MCHC	g/dl	32.7	± 0.8	32.7	± 0.8	0.8	0.55
PLT	×10 ⁴ /μl	26.2	± 5.6	26.4	± 4.4	4.4	0.88

[†]: 対応のあるt検定, n=64

2) 血糖値

図1に低糖質麺群および通常麺群のクロスオーバー試験による血糖値の推移を示した。「糖質オフ麺」および「通常麺」を摂取後0分は低糖質麺群 $85.6\pm 5.2\text{mg/dl}$ 、通常麺群 $83.9\pm 5.4\text{mg/dl}$ 、30分後では低糖質麺群 $91.1\pm 19.2\text{mg/dl}$ 、通常麺群 $94.7\pm 21.0\text{mg/dl}$ 、60分後では低糖質麺群 $79.8\pm 11.3\text{mg/dl}$ 、通常麺群 $82.0\pm 16.2\text{mg/dl}$ 、90分後では低糖質麺群 $85.0\pm 11.4\text{mg/dl}$ 、通常麺群 $86.4\pm 12.5\text{mg/dl}$ であり、2群間に有意な

差はみられなかった。しかし、120分後は低糖質麺群 $80.8 \pm 11.3 \text{mg/dl}$ 、通常麺群 $88.8 \pm 12.2 \text{mg/dl}$ であり、低糖質麺群の方が有意に低値を示した ($p < 0.001$)。



n=64 (低糖質麺群: n=32, 通常麺群 n=32), 対応のある t 検定, **: $p < 0.01$

図1 低糖質麺群および通常麺群の血糖値の推移

各被験者の摂取30分後血糖値の差を図2に示した。第1期試験において、「糖質オフ麺」および「通常麺」摂取30分後に血糖値が低下する被験者が32名中、10名みられた。

第1期試験

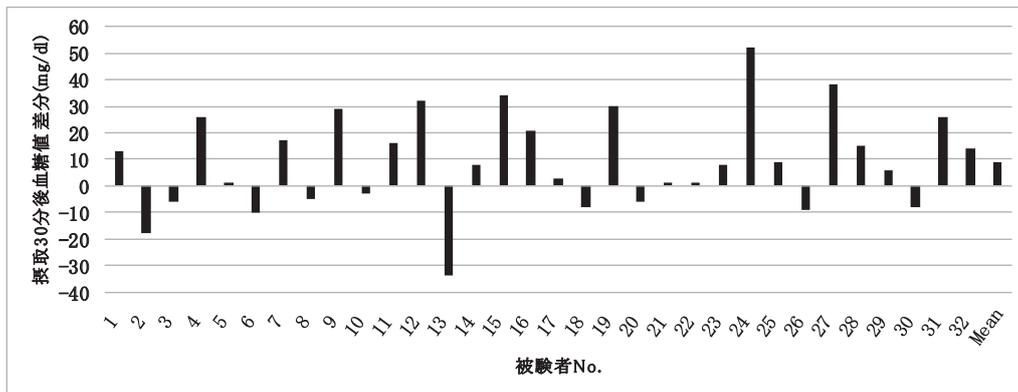
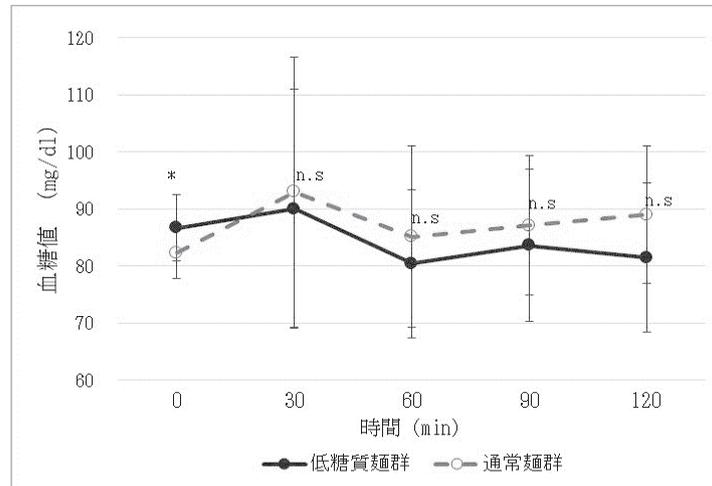


図2 第1期試験における各被験者の摂取30分後血糖値の差分

そこで、血糖値とインスリンの関係を調べるために、急遽第2期のみインスリン測定を追加した。図3に第2期試験における低糖質麺群および通常麺群の血糖値の推移を示した。摂取後0分では低糖質麺群 $86.7 \pm 5.8 \text{mg/dl}$ 、通常麺群 $82.3 \pm 5.5 \text{mg/dl}$ であり、低糖質麺群の方が有意に高値を示した。摂取後30分は低糖質麺群 $90.0 \pm 20.9 \text{mg/dl}$ 、通常麺群 $93.1 \pm 23.7 \text{mg/dl}$ 、60分後では低糖質麺群 $80.4 \pm 13.0 \text{mg/dl}$ 、通常麺群 $85.2 \pm 15.9 \text{mg/dl}$ 、90分後では低糖質麺群 $83.6 \pm 13.3 \text{mg/dl}$ 、通常麺群 $87.1 \pm 12.2 \text{mg/dl}$ 、120分後では低糖質麺群 $81.5 \pm 13.1 \text{mg/dl}$ 、通常麺群 $89.0 \pm 12.1 \text{mg/dl}$ であり、2群間に有意な差はみられなかった。

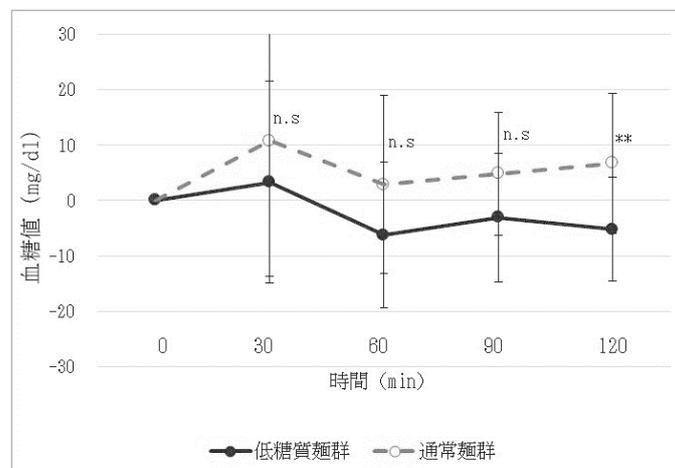
図4に第2期試験における低糖質麺群および通常麺群の血糖値について、0分後との差分の推移を示した。「糖質オフ麺」、「通常麺」を摂取後30分は低糖質麺群 $3.3 \pm 18.2 \text{mg/dl}$ 、通常麺群 $10.8 \pm 24.5 \text{mg/dl}$ 、60分後

では低糖質麺群-6.3±13.1mg/dl、通常麺群2.9±16.1mg/dl、90分後では低糖質麺群-3.1±11.6mg/dl、通常麺群4.8±11.1mg/dl であり、2群間に有意な差はみられなかった。しかし、120分後は低糖質麺群-5.2±9.3mg/dl、通常麺群6.7±12.7mg/dlであり、低糖質麺群の方が有意に低値を示した (p<0.001)。



n=32 (低糖質麺群: n=16, 通常麺群: n=16), 対応のない t 検定, *: p < 0.05

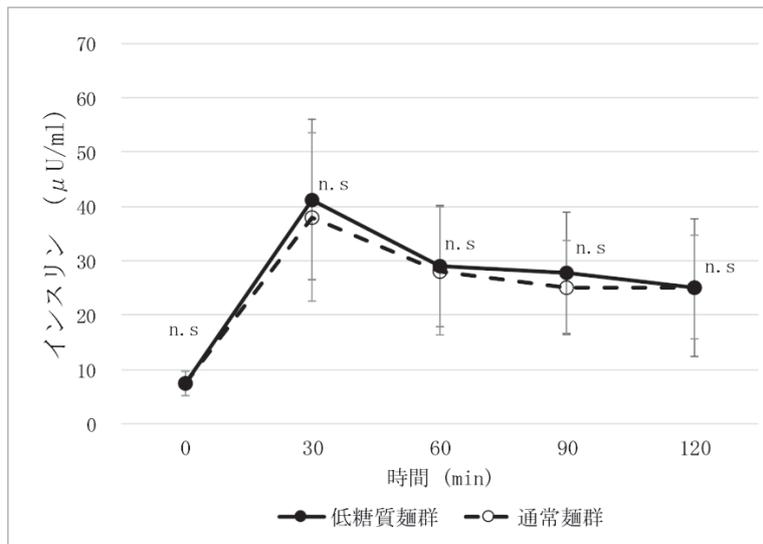
図3 第2期試験における低糖質麺群および通常麺群の血糖値の推移



n=32 (低糖質麺群: n=16, 通常麺群: n=16), 対応のない t 検定, **: p < 0.01

図4 第2期試験による低糖質麺群および通常麺群の血糖値の推移(0minとの差分)

図5に第2期試験における低糖質麺群および通常麺群のインスリンの推移を示した。摂取後0分は低糖質麺群7.4±2.2μU/ml、通常麺群7.4±2.3μU/ml、30分後では低糖質麺群41.3±14.8μU/ml、通常麺群38.0±15.5μU/ml、60分後では低糖質麺群28.9±11.2μU/ml、通常麺群28.1±11.8μU/ml、90分後では低糖質麺群27.8±11.1μU/ml、通常麺群25.1±8.8μU/ml、120分後では低糖質麺群25.0±12.7μU/ml、通常麺群25.1±9.6μU/mlであり、2群間に有意な差はみられなかった。

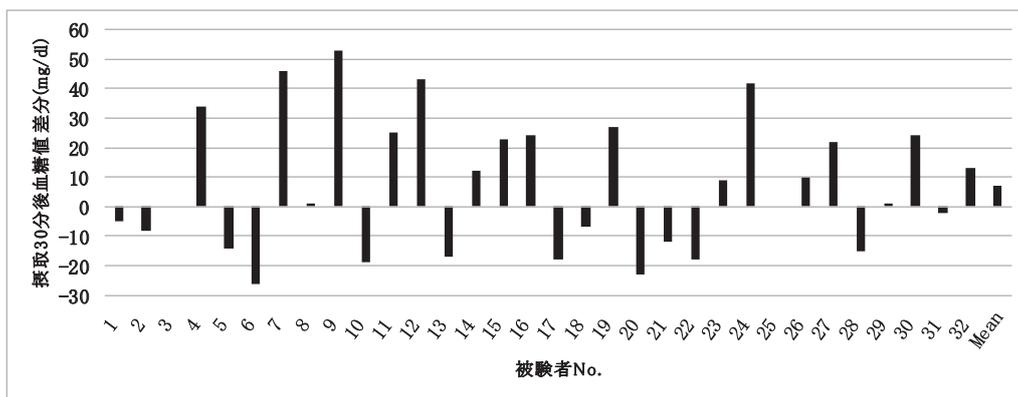


n=32 (低糖質麺群: n=16, 通常麺群: n=16), 対応のない t 検定

図5 第2期試験による低糖質麺群および通常麺群のインスリンの推移

各被験者の摂取30分後血糖値の差分を図6に示した。第2期では「糖質オフ麺」および「通常麺」摂取30分後に血糖値が低下する被験者が32名中、13名みられた。インスリン値を測定している第2期の試験において、摂取30分後に血糖値が低下した13名(摂取後0分との差分が0mg/dl未満)を血糖値30分後低下群、摂取30分後の血糖値が低下しなかった被験者19名(摂取後0分との差分が0mg/dl以上)を血糖値30分後上昇群とし、2群に分けて体組成の違いおよび血糖値およびインスリンの推移を比較して体脂肪量、筋量とグルコース代謝の関係を検討した。

表6に血糖値30分後低下群と血糖値30分後上昇群におけるBMI、筋量、体脂肪量の比較を示した。BMIは血糖値30分後低下群の方が有意に低値を示した (p=0.034)。1 kg体重当たりの筋量は血糖値30分後低下群の方が有意に高値を示した (p=0.024)。1 kg体重当たりの体脂肪量は血糖値30分後低下群の方が有意に低値を示した (p=0.028)



n=32

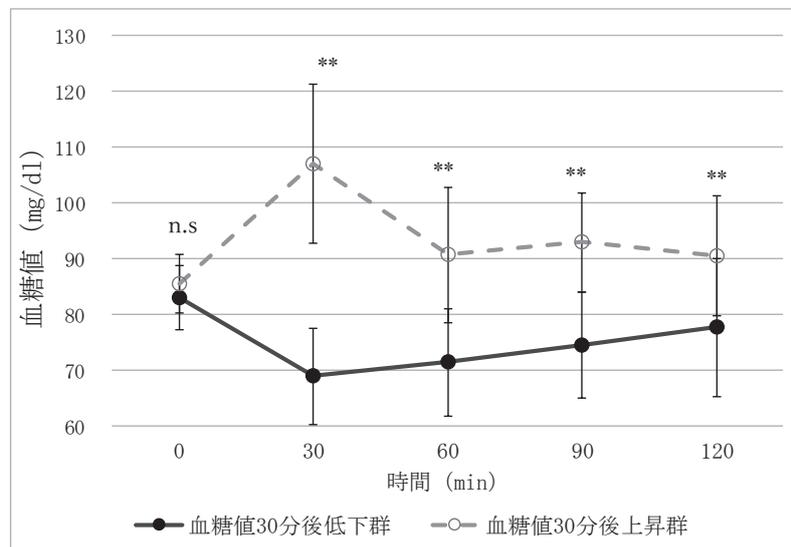
図6 第2期試験における各被験者の摂取30分後血糖値の差分

表6 血糖値30分後低下群と血糖値30分後上昇群におけるBMI、筋量、体脂肪量の比較

項目	血糖値30分後低下群 (n=13)			血糖値30分後上昇群 (n=19)			p値 [†]
	Mean	±	SD	Mean	±	SD	
BMI (kg/m ²)	22.9	±	1.4	24.5	±	2.1	0.034
1kg体重当たりの筋量 (kg/kgBW)	0.81	±	0.03	0.79	±	0.03	0.024
1kg体重当たりの体脂肪量 (kg/kgBW)	0.14	±	0.03	0.16	±	0.03	0.028

[†]: 対応のないt検定, BW: 体重

図7に第2期試験における血糖値30分後低下群および上昇群の血糖値の推移を示した。血糖値30分後低下群は摂取後60分71.3±9.7mg/dl、90分74.4±9.5mg/dl、120分後77.6±12.4mg/dlであった。血糖値30分後上昇群は摂取後60分90.7±12.2mg/dl、90分92.9±8.9mg/dl、120分90.5±10.9mg/dlであった。



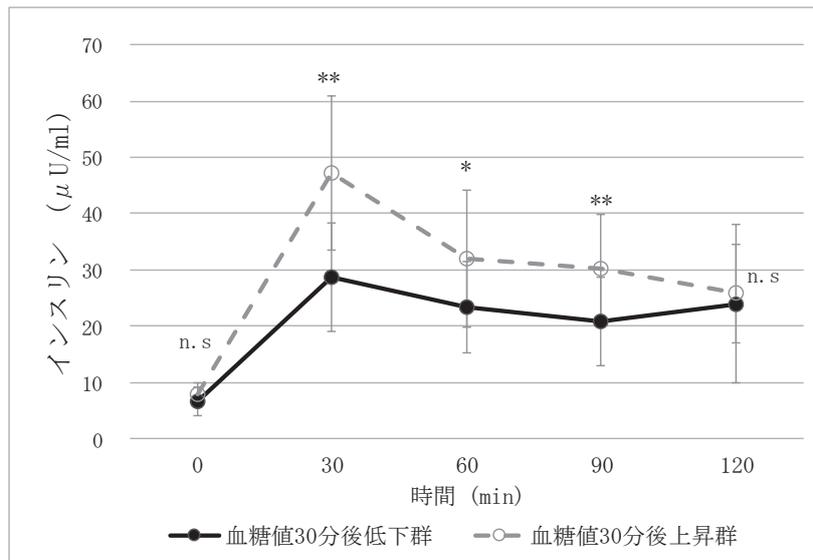
n=32 (血糖値30分後低下群: n=13, 血糖値30分後上昇群: n=19), 対応のないt検定,

摂取後30分の血糖値で2群に層別したため、0分、60分以降に解析, **: p<0.01

図7 第2期試験における血糖値30分後低下群および上昇群の血糖値の推移

図8に第2期試験における血糖値30分後低下群および上昇群のインスリン値の推移を示した。血糖値30分後低下群は摂取後0分6.6±2.4μU/ml、30分後28.6±9.7μU/ml、60分後23.4±8.1μU/ml、90分後20.8±7.8μU/ml、120分後23.9±14.0μU/mlであった。血糖値30分後上昇群は摂取後0分8.0±1.9μU/ml、30分後47.2±13.7μU/ml、60分後32.0±12.1μU/ml、90分後30.3±9.6μU/ml、120分後25.8±8.8μU/mlであった。

摂取後0分は両者に有意な違いは認められなかったが、30分後 (p<0.001)、60分後 (p=0.037)、90分後 (p=0.007) は、血糖値30分後低下群の方が有意に低値を示した。



n=32(血糖値30分後低下群: n=13, 血糖値30分後上昇群: n=19), 対応のないt検定, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

図8 第2期試験における血糖値30分後低下群および上昇群のインスリン値の推移

IV. 考察

「通常麺」および「糖質オフ麺」摂取時の被験者の血液検査の結果を比較したところ、いずれの項目においても両群に有意な違いはみられず、基準値の範囲内であった。低糖質麺群および通常麺群の血糖値の推移は、120分後のみ低糖質麺群の方が有意に低値を示した。低糖質麺は通常麺と比較し、糖質は55%、食物繊維は難消化性デキストリン添加のため8.4倍となっている。難消化性デキストリンは α グルコシダーゼによる二糖加水分解に共役するグルコースの血中輸送を阻害し、食後の血糖値上昇を穏やかにすることが報告されている¹⁵⁾。本研究で120分後に低糖質麺群の血糖値が通常麺群よりも低値であったことは、低糖質麺に含まれるデンプンが麦芽糖に分解され、糖輸送が阻害された結果と示唆された。また、摂食後30分から90分に血糖抑制効果がみられなかった理由としては、「通常麺」および「糖質オフ麺」のいずれも糖質含有量が少なかったこと、デンプンの場合は α グルコシダーゼに先立ちアミラーゼによる加水分解反応が起こるため、血糖値の上昇を抑制する作用が遅延したことが考えられる。

また、第1期試験において、「糖質オフ麺」および「通常麺」摂取30分後に血糖値が低下する被験者が32名中、10名みられたため、第2期試験では血糖値とインスリンの関係を調べた。インスリンは「糖質オフ麺」、「通常麺」を摂取後0分から120分のすべてにおいて2群間に有意な差はみられなかった。初期の基礎研究では難消化性デキストリンはインスリン分泌を抑制するとされてきたが^{16,17)}、近年、インクレチンの1つであるGLP-1が分泌され、グルカゴン分泌を阻害するとともにインスリン分泌を亢進させる可能性が考えられている¹⁸⁾。本研究においてもインスリン分泌抑制作用はみられず、低糖質麺における難消化性デキストリンの血糖値上昇抑制のメカニズムについては今後詳細な検討が必要とされた。

本研究の被験者の体格は平成29年国民健康・栄養調査における19歳男性の身長 170.7 ± 5.9 cm、体重 63.0 ± 9.4 kg、BMI 21.6 kg/m²と比較していずれも高値を示した。被験者の体重は 71.8 ± 8.7 kgで、除脂肪量は 60.7 ± 6.7 kgであり、体重の約85%を占めていた。本研究は全寮制の全国大会出場レベルの野球部の学生を対象としたため、トレーニングにより骨格筋量を増加させている。食後に上昇した血糖の75%以上はインスリン依存性GLUT4トランスロケーションを介して骨格筋に取り込まれ、血糖値が定常化する¹⁹⁾。運動トレーニングは、骨格筋GLUT4発現を増加させる最も強力な刺激とされている²⁰⁾。グルコースの取込にAMPK (AMP-activated protein kinase) が関与してATP合成を促進する²¹⁾ことから、スポーツ選手は特異的なグルコース吸収機構を有することが考えられる。本研究では「通常麺」および「糖質オフ麺」摂取時の体脂肪量、筋量とグルコース代謝の関係についても検討を行った。前述のように急遽第2期のみインスリン測定を追加

したが、第2期では30分値に血糖値が低下する被験者が32名中13名みられた。血糖値30分後低下群、血糖値30分後上昇群に分け、体組成の違いおよび血糖値およびインスリンの推移を比較して筋量とグルコース代謝の関係を検討した。その結果、血糖値30分後低下群は上昇群よりも1 kg体重当たりの筋量は有意に高く、体脂肪量は有意に低い結果となった。血糖値の推移は、血糖値30分後低下群では摂取後30分に摂取後0分の82.9%まで低下し、摂取60分後85.9%、90分後89.6%、120分後93.5%と徐々に血糖値の回復がみられた。また、血糖値30分後低下群のインスリン値は上昇群と比較して30分後、60分後、90分後に有意に低値を示し、インスリン感受性が高いことが推測された。肥大化した脂肪細胞から分泌されるアディポサイトカインであるTNF- α は、インスリン作用阻害が報告されている²²⁾。しかし、血糖値30分後上昇群の1 kg体重当たりの体脂肪量が、低下群に比して有意に高いといっても体脂肪率16%であり、男性では健康的に類する数値である。上昇群が体脂肪の蓄積によりインスリン感受性が弱まったとは考えづらく、発達した筋の影響が第一に考えられる。30分後に血糖値が低下する被験者は、筋量増加によってGLUT4濃度が増加し、インスリン感受性が高まって血糖値が空腹時よりも低下していることが考えられた。血糖値30分後低下群13名の内訳は低糖質麺群7名、通常麺群6名であり、両群による違いはみられなかった。今回の結果から、新たな課題としてこのようなスポーツ選手に対する筋量と糖代謝の関係を調べる必要性が見出された。

V. 結 論

低糖質麺群は通常麺群と比較し、摂取後120分の血糖値上昇を抑制することが明らかとなり、糖尿病の予防対策としての有効性が示唆された。今後、さらにエビデンスを確立させるために、筋量の低下した中年の被験者を対象とした血糖値上昇抑制効果を確認したい。

謝 辞

本研究にご協力いただきました被験者の皆様および調査実施にご協力いただきました皆様に深謝申し上げます。

文 献

- 1) 厚生労働省: 平成29 (2017) 年患者調査の概況, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/17/index.html> (2019年3月13日)
- 2) 厚生労働省: 厚生労働省: 平成29年国民健康・栄養調査結果の概要, <http://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000351576.pdf> (2019年3月13日)
- 3) 厚生労働省: 平成28年国民医療費の概況, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/16/index.html> (2019年3月13日)
- 4) 田嶋 尚子: 厚生労働科学研究費補助金 循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業研究事業 総合研究報告書 1型糖尿病の実態調査、客観的診断基準、日常生活・社会生活に着目した 重症度評価の作成に関する研究, <https://mhlw-grants.niph.go.jp/niph/search/NIDD00.do?resrchNum=201608013A> (2019年3月13日)
- 5) 別府秀彦, 渡邊治夫: 難消化性デキストリンの血糖値抑制効果と糖負荷の関係—特定保健用食品申請ヒト試験デザインの留意点—, 生活衛生, 55, (2011) 3-14
- 6) 斎藤雅文, 堀由美子, 中島啓: 人工甘味料と糖代謝—2000年以降の臨床研究から—, 日本栄養・食糧学会誌, 66, (2013) 69-75
- 7) 野口聡子, 駿河 康平, 中井久美子 他: オカラ発酵素材による食後血糖及び血清インスリン値に対する探索的検討, 栄養学雑誌, 76, (2018) 156-162
- 8) 黒田暁生, 松久宗英: 摂取栄養と高血糖, 糖尿病, 59, (2016) 24-26
- 9) 亀山詞子, 丸山千寿子: 見直される糖尿病の食事療法2. GIとカーボカウント, 糖尿病 56 (12) (2013) 906-909
- 10) 今井佐恵子, 松田美久子, 藤本さおり 他: 糖尿病患者における食品の摂取順序による食後血糖上昇抑制

- 効果, 糖尿病, 53 (2) (2010) 112-115
- 11) 笹岡歩, 河本高伸, 青江誠一郎: 小麦粉含有ホットケーキの摂取による食後の血糖応答に及ぼす影響, 栄養学雑誌, 33, (2015) 253-258
 - 12) 青江誠一郎, 野崎聡美, 菊池洋介 他: 小麦全粒粉配合パンの食後血糖値上昇抑制効果, 栄養学雑誌, 76, (2018) 20-25
 - 13) 本田佳子: 都市生活の糖尿病患者の外出摂取状況と食品重量の目測に関する検討, 糖尿病, 43, (2000) 1093-1097
 - 14) 近雅代, 沼田貴美子, 江後迪子: ラーメンの世代別, 地域別嗜好, 一福岡, 長崎, 大分, 熊本, 鹿児島, 東京の場合一, 福岡女子短大紀要, 61, (2003) 25-39
 - 15) 山崎祥史, 福田真一, 白石浩荘 他: 難消化性デキストリンを配合した米菓の摂取が健常成人の食後血糖に与える影響, 生活衛生, 50, (2006) 84-88
 - 16) 若林茂: 難消化性デキストリンの耐糖能に及ぼす影響 第1報: 消化吸収試験および糖負荷試験による検討, 日内分泌学会誌, 68 (1992) 623-235
 - 17) 若林茂, 松岡由香, 松岡瑛: 各種糖質負荷後のラットの血糖値ならびにインスリン分泌に及ぼす難消化性デキストリンの影響, 日本栄養・食糧学会誌, 46, (1993) 131-137
 - 18) 中島英洋: 血糖変動に及ぼす難消化性デキストリンの影響—ブドウ糖溶液と米飯摂取後の比較—, 大阪青山大学紀要, 1 (2008) 1-8
 - 19) 神崎展: 3. 筋・脂肪におけるインスリン作用, 糖尿病, 52 (5) (2009) 325-328
 - 20) Erik A. Richter and Mark Hargreaves: Exercise, glut4, and skeletal muscle glucose uptake, *Physiol Rev*, 93, (2013) 993-1017
 - 21) 福渡努, 伏木亨: 運動による筋肉のグルコース吸収機構—AMP-activated Protein Kinase (AMPK) の関与を中心とする最近の研究の進展—, 日本栄養・食糧学会誌, 53 (1) (2000) 33-37
 - 22) 高栗郷: インスリン抵抗性の新たな発症機序の解明 ~インスリン情報伝達系に対するスタチン及びTNF-aの影響~, *The Pharmaceutical Society of Japan*, 138 (11) (2018) 1329-1334

Effect of low-carbohydrate noodles on blood glucose level elevation and the relationship between muscle mass and glucose metabolism

Ai YAMAMOTO^{*1}, Yukito HIGUCHI^{*2}, Eiko SAKIYAMA^{*1}, Kana TADOKORO^{*1},
Tamaki SHINTOMI^{*1}, Shin HASEGAWA^{*2}, Miki TOMOE^{*1}

^{*1}Department of Nutrition, Faculty of Home Economics, Kyushu Women's University

1-1 Jiyugaoka, Yahatanishi-ku, Kitakyushu-shi, 807-8586, Japan

^{*2}Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University

1-8 Jiyugaoka, Yahatanishi-ku, Kitakyushu-shi, 807-8585, Japan

Abstract

In this study, low-carbohydrate noodles with indigestible dextrin were used as test foods. Thirty-two men's colleges students in baseball clubs with a dormitory system ingested this and compared the effect of suppressing blood sugar elevation with normal noodles.

Thirty-two students ingested and compared the effect of suppressing the increase in blood glucose level with normal noodles. The test was conducted from December 2018 to January 2019. Men's studies at Kyushu Kyoritsu University Baseball Club. single-blind crossover test was conducted on 32 students (19.4 ± 0.86 years).

The low-carbohydrate noodles group suppressed the increase in blood glucose level of 120 minutes after ingestion compared to the normal noodle group. This suggested the effectiveness in preventing diabetes. In addition, 36% of all cases showed a decrease in blood glucose level 30 minutes after ingestion. In the second phase test, the muscle mass per kg body weight was significantly high and the insulin secretion amount was significantly low in the blood glucose lowering group after 30 minutes. The increase in muscle mass increased insulin sensitivity, suggesting that glucose uptake was enhanced.

Key words : low-carbohydrate noodle, blood glucose level, muscle mass