報 文

難消化性デキストリンのヒト便通に及ぼす影響

里 内 美津子^{*1,2}, 若 林 茂^{*1,2}, 大 隈 一 裕^{*1}

藤 原 啓 子^{*2}, 松 岡 瑛^{*2}

^{*1}松谷化学工業(株)研究所, ^{*2}兵庫医科大学臨床病理学

Effects of Indigestible Dextrine on Bowel Movements

Mitsuko Satouchi^{*1,2}, Shigeru Wakabayashi^{*1,2}, Kazuhiro Ohkuma^{*1}, Keiko Fujiwara^{*2} and Akira Matsuoka^{*1}

^{*1}Research Institute, Matsutani Chemical Industry Co., Ltd. ;

^{*2}Department of Clinical Pathology, Hyogo College of Medicine

The Effects of indigestible dextrine intake on stool weight, stool state and conditions of the stomach and intestines were investigated in order to study the influence of indigestible dextrine on evacuation in the humans. The results obtained were as follows.

1) A 10~60 g indigestible dextrine intake resulted in almost soft stools. The effective dose of 50% diarrhea (ED₅₀) was assumed to be 2.4 g/kg body weight. There were no noticeable changes in the stomach or intestines.

2) After the continuous indigestible dextrine intake (35 g/day for 5 days), stool weight and frequencies were increased with the water content remaining unchanged.

3) After the continuous indigestible dextrine intake (5~1 g/day for 5 days), bowel movements were improved.

Jpn. J. Nutr., 51 (1) 31~37 (1993)

結 言

大腸癌, 腸憩室症, 肥満症, 虚血性心疾患, 糖尿病など, いわゆる成人病の発生頻度と食物繊維摂取量との間に負の相関関係が推定されることは, 多くの医学, 栄養学者の指摘するところであり^{1, 2)}, 以来, 食物繊維が生体に及ぼす影響の実験的検討が活発になされてきた^{3, 4)}。その結果, 食物繊維が有する生理効果として, 腸管内容物の消化管通過時間の短縮及び便量の増加(便通改善効果)²⁾, 耐糖能改善効果⁵⁾, 並びに血清コレステロール低下効果^{4, 6)}などが報告されてきている⁷⁾。

食物繊維の定義は, 現在のところ「ヒトの消化酵素によって消化されない食品成分の総体」が受け入れられており³⁾, その生理効果はたん白質, 糖質, 脂質, ビタミン, ミネラル等の栄養素の効果とは質的に異なっている。また, 効果発現の場は主に消化管内であり, 他の栄養素との相互作用を介して生理効果が発現するものと考えられている。従って, 起源や製造法により, 個々の食物繊維の消化管内での挙動は異なるものと考えられ, 一律に生理効果の有無を論ずることはできない。

本研究において著者らは, 馬鈴薯でんぷんを加熱処理して調製した水溶性食物繊維である難消化性デキストリンを用いて, 健康成人を対象に単回及び反復投与試験を実施し, 排便時間, 排便量, 排便感覚, 便性状, 並

Key words : indigestible dextrine, defecation, stool state, evacuation

難消化性デキストリン, 排便, 便性状, 便通

表1 便性状、胃腸症状の判定参考表

〈便の状態〉

便の状態は、下図を参考に観察して下さい。

〈胃腸症状〉

胃腸症状については、下記の説明を参考に判定して下さい。

- しぶり : 便意はあったが、排便できず痛みを感じた
- グル音 : ゴロゴロと鳴った。空腹時の腹鳴り（ゲー）とは異なる
- 膨満感 : おなかが張った
- 放 屁 : ガスの発生
- 嘔気・嘔吐 : むかつき（吐き気）など

びに胃腸症状等、便通に及ぼす影響について検討を加えた。

試 験 方 法

1. 被験物質

難消化性デキストリン（松谷化学工業㈱製；以下、PFと略す）を使用した。PFは既報⁹⁾に述べたように、焙焼デキストリン（馬鈴薯でんぷん由来）を α -アミラーゼで加水分解し、イオン交換樹脂により脱塩、脱色して粉末化した分枝構造の発達したデキストリンである。平均分子量は1,600であり、高速液体クロマトグラフィー（HPLC法）により測定した食物繊維含量は57.1～58.5%であった。

2. 臨床試験

(1) 試験1

健康成人 74人（男性 53人，女性 21人）に，PF（食物繊維含有量 58.2%）を，朝食後0900hに水100mlに溶解して経口摂取させ，摂取後48時間にわたり便性状，胃腸症状並びに一般状態を観察した。便性状は表1を参考に，調査表に排便時刻とともに記入させた。摂取量は10，20及び40gの3用量とし（食物繊維含有量 5.8～23.3g），各人それぞれ3用量を，前回の試験の影響を排除するため最低1週間の間隔をおいて摂取させた。なお，摂取用量の順序は無作為に割り付けた。また，男性9人については更に60g投与試験を行った。

(2) 試験2

健康成人男性8人を2群に分け，1群は第1週目，2群は第2週目のそれぞれ月曜日から金曜日までの5日間，PF 35g（食物繊維含有量 57.1%，20g）を朝食後に反復摂取させた。また，両群ともカルミン（和光純薬㈱製）を第1週及び第2週目のそれぞれ月曜日と金曜日の朝食後に摂取させ，各週の月曜日に摂取したカル

ミンが排泄された時から同一週の金曜日に摂取したカルミンが排泄されるまでの便を採取し（表 2），湿重量，乾燥重量，水分量を測定した。また，同期間内での排便回数を併せて記録した。1 群の第 1 週及び 2 群の第 2 週を PF 摂取期間，1 群の第 2 週及び 2 群の第 1 週を PF 無摂取期間とした。なお，第 1 週と第 2 週の曜日ごとの食事内容は同一とした。

(3) 試験 3

便秘傾向にある健常成人を 2 群に分け，1 群（男性 3 人，女性 10 人）には 1 日 5 g，2 群（男性 4 人，女性 13 人）には 1 日 10g の PF（食物繊維含有量 58.5％）を，朝食後 0900h に水 100ml に溶解して 5 日間にわたり反復摂取させ，摂取前と摂取開始後 6 日目の状態を，表 3 に示した調査項目について回答させた。摂取前後の排便状態の変化は，各調査項目をスコア化して比較し，便通に及ぼす影響の検討を行った。

なお，以上の臨床試験はいずれもヘルシンキ宣言の精神に則って計画し，実施した。

3. 統計処理

各検討で得られた測定値は平均値±標準誤差で表現し，群間の有意差検定は，Student の *t* 検定により行い，5％以下の危険率であるものを有意とした。

表 2 試験 2 の試験スケジュール

		第 1 週目							第 2 週目						
		月火水木金土日							月火水木金土日						
〈PF の 摂 取〉															
1 群		●	●	●	●	●									
2 群										●	●	●	●	●	
〈カルミンの摂取〉															
1 群		●				●				●				●	
2 群		●				●				●				●	
〈採 便*〉															
1 群		┌──────────┐						┌──────────┐							
2 群		┌──────────┐						┌──────────┐							

* 採便は，各週月曜日に摂取したカルミンが排泄された時より開始し，同金曜日に摂取したカルミンが排泄されるまで行う。

図 1 PF40g 摂取時の便性状とその頻度

試 験 結 果

(1) 試験 1

PF 40g摂取時の結果を図 1 に示す。排便状態は、40g摂取により男女とも便が軟化する傾向がみられ、10g及び20g摂取時にはみられなかった泥状の便の発生を認めた。しかし、いずれも一過性であり、PF摂取後48時間以内に消失した。40g摂取時の下痢発生率は男性 2.5%，女性 5.3%であり、大半はバナナ状～半練状の便であった。また、10g及び20g摂取時の男性の下痢発生率は6.1%及び6.2%であったが、10、20g摂取時の女性及び60g摂取時の男性には下痢の発生は認められなかった。

投与量を横軸に、下痢発生率を縦軸にとり、男性では10gと20g摂取時、女性では20gと40g摂取時における下痢発生率のポイントを結び、摂取した半数が下痢を発症する単回摂取量（ED₅₀）を推定すると、男性では156g、女性では118gであった（図 2）。平均体重はそれぞれ64.0±7.1、50.3±5.7kgであり、kg体重当たりのED₅₀値は男女とも2.4gと算出された。一方、胃腸症状については摂取後に腹部の膨満感及び放屁が女性に認められたが、いずれも軽度であり臨床問題となる例は認められなかった。

(2) 試験 2

採取した糞便の湿重量、乾燥重量、水分含有率及び排便回数を表 4 に示す。糞便湿重量、糞便乾燥

表 3 排便状況についての調査項目

〈排便回数〉			
4点	2回以上/1日	3点	1回/1日
2点	1回/2日	1点	1回/3日及び不規則
〈排便量〉			
4点	多い	3点	普通
2点	少ない	1点	微量または無し
〈便の性状〉			
4点	軟らかい	3点	やや軟らかい
2点	普通	1点	硬便または下痢便
〈排便後の感覚〉			
4点	スッキリ感あり	3点	普通
2点	残便感あるが軟らかい	1点	残便感あるが硬便

図 2 PF 摂取量と下痢発生率の相関関係

表 4 PF の排便状況に及ぼす影響

	糞便湿重量* ¹ (g)	糞便乾燥重量* ¹ (g)	水分含有率 (%)	排便回数 (回)
PF 摂 取 群 (n=8)	778.2±93.2*	180.5±12.9*	76.8±1.8	5.92±0.40*
PF 無 摂 取 群 (n=8)	571.5±58.7	137.9±5.6	76.2±1.7	4.76±0.36

*¹ 月曜日に採取したカルミンが排泄された時から、同一週の金曜日に摂取したカルミンが排泄されるまでの便をすべて採取し、測定した。

* $p<0.05$

表 5 PF の便通に及ぼす影響

	PF 摂取前の得点		PF 摂取後の得点	
	5 g 摂取 (n=13)	10 g 摂取 (n=17)	5 g 摂取 (n=13)	10 g 摂取 (n=17)
排 便 回 数	2.31±0.2	1.94±0.3	2.62±0.1	2.88±0.2*
排 便 量	2.46±0.1	1.94±0.2	2.77±0.1	2.94±0.2*
便 の 性 状	2.00±0.1	1.77±0.2	2.23±0.1	2.53±0.1*
排便後の感覚	1.69±0.2	1.82±0.3	2.77±0.3*	3.29±0.2*
合 計	8.46±1.9	7.50±2.8	10.40±1.3*	11.60±2.0**

* $p<0.01$, ** $p<0.001$

重量ともPF摂取群で有意な増加が認められたが、水分含有率は両群で差はなかった。また、排便回数は有意に増加した。

(3) 試験 3

調査表に従い、スコア化した結果を表 5 に示した。10g摂取群ではすべての項目で、摂取前に比べて摂取後に有意なスコアの上昇が認められた。また、5 g摂取群は項目別では排便後の感覚以外に有意差は認められなかったものが、合計点では 5 g 及び 10g 摂取群のいずれにおいても有意に高値を示した。また、摂取後の胃腸症状として 30 例中 7 例で膨満感及び放屁が認められたが一過性のものであり、PF 摂取後 48 時間以内に消失した。

各試験期間中、被験者は日常生活を行い、食事は 1 日 3 食をきちんととっていた。また、PF の摂取も必ず行われ、摂取を中止した例はみられなかった。

考 察

古くからデキストリンは食品として利用されており、米国連邦規則集においては GRAS (184～1277) として扱われている。また、FAO/WHO においても A₁ 物質として分類されており、極めて安全性の高い物質である。これに対して、PF は、分枝構造の発達したデキストリンと定義されており、マウスを用いた急性毒性試験において、最大投与量の 40g/kg においても死亡例は全くみられなかった^{9, 10)}。また、変異原性試験における微生物突然変異誘起性は陰性であり^{9, 10)}、食品素材として毒性に何ら問題のないことが確認されている。加えて、PF は既報に述べたように、食後のインスリン分泌量の節約効果^{11, 12)}、血清脂質代謝の改善効果^{13, 14)}などの生理効果を有する一方、微量金属の吸収阻害を認めず¹⁵⁾、長期投与における安全性¹⁴⁾が確認されている。しかしながら、食物繊維の代表的な作用の 1 つである便通改善に関しては、これまであまり報告されておらず、その有効性及び安全性については十分な知見が得られていない。そこで、今回これらについて検討を行った。

多くの疫学的データから食物繊維の摂取量と便秘、腸憩室症、大腸癌などの疾病との間に深い関係があるこ

とが示され、その後多くの実験的研究がなされてきた。その結果、食物繊維は腸管内容物の容積を増加させることにより腸の蠕動運動を刺激し、内容物の消化管通過時間を短縮させる効果を有するものと推察されている。内容物の容積の増加は発癌物質等有害物質の希釈に、また、消化管通過時間の短縮は大腸との接触時間を短縮させる効果が期待できることから、Burkittは食物繊維の摂取により大腸癌発生の危険度を低下させることが可能であるとした（繊維仮説）。

本研究において、試験2の結果が示すように、PF摂取により糞便量及び排便回数の増加が認められた。また、試験3のアンケート調査の結果から、PFを1日5g、あるいは10g摂取することにより、排便回数及び排便量が増加し、便の性状及び排便後の感覚が良好になったという結果が得られた。これらの成績は、PFが便秘改善作用を有することを示すものであり、上述した直接的な慢性腸疾患の予防効果に加え、便秘の不快感をやわらげる等、精神面に与える効果も期待できることを支持するものである。

一方、PFは難消化性であるため、過剰摂取により、下痢等、消化器に及ぼす悪影響が懸念される。難消化性オリゴ糖や糖アルコール、例えばフラクトオリゴ糖、ソルビトールは下痢発症に対するED₅₀値がそれぞれ0.8g及び0.5g/kg体重と報告されているが¹⁶⁾、試験1で推定したPFのED₅₀値は2.4g/kg体重であり、上記の難消化性糖類に比べてより高値であった。

PFは試験3で示したように、1日5g（食物繊維含有量 3g）、5日間の連続摂取で排便状態の改善が認められ、更に試験2で示したように、1日35g（食物繊維含有量 20g）、5日間の連続摂取においては水分含有率を上昇させることなく、糞便重量を増加させた。これらの成績から、PFの便秘改善に対する有効量は、1日5～35gと推定される。この有効量を平均体重の軽い女性の下痢発症に対するED₅₀値が118gであることと比較すると、有効域はED₅₀値の1/3以下であり、その安全性は高いものと考えられた。

*In vitro*における消化性試験により、PFが各種消化酵素に対して抵抗性であり、大部分が大腸に到達するであろうことは既に報告した¹³⁾。更にラットを用いての単回投与では、大腸到達量のおよそ半分が糞便から回収され、また、連続投与により盲腸内容物中に酢酸、プロピオン酸、酪酸など短鎖脂肪酸が増加することを確認した。短鎖脂肪酸が腸内発酵により糖質から産生されることは周知の事実であり^{17, 18)}、PFは腸内細菌に資化され、その結果産生される短鎖脂肪酸が内容物のpHを低下させ、腸の蠕動運動を賦活化して排便を促し、あるいは腸内フローラの改善によって便秘状態を改善した可能性が考えられる。試験1、3において放屁がしばしば認められたことは、腸内発酵が盛んになった結果を裏付けるものである。

以上の結果から、難消化性デキストリンは糞便量増加、便秘状態の改善など便秘改善効果を有するものと考えられた。しかも安全に摂取することのできる食物繊維であり、便秘、憩室症、癌など腸の非感染症の予防に有用性が期待された。

要 約

難消化性デキストリン（PF）の便秘に及ぼす影響について検討する目的で、PF摂取後の糞便重量、糞便水分量、排便状態、便性状、胃腸症状等について調べた。

1) PF10～60g摂取後の便性状は大半がバナナ状～半練状であり、下痢発症のED₅₀値は2.4g/kg体重と推定された。また、臨床上的問題となるような胃腸症状は認められなかった。

2) PF35g/日、5日の連続摂取で、糞便重量、排便回数の増加が認められたが、糞便水分含有率は変化がみられなかった。

- 3) PF 5 ~10g/日, 5 日の連続摂取で, 排便状態の改善が認められた。

文 献

- 1) Burkitt, D. P. : Epidemiology of cancer of the colon and rectum, *Cancer*, **28**, 3~13 (1971)
- 2) Burkitt, D. P., Walker, A. R. P. and Painter, N. S. : Effect of dietary fiber on stools transit times, and its role in the causation of disease, *Lancet*, **30**, 1408~1411 (1972)
- 3) 辻 啓介 : 食物繊維と健康, 臨床栄養, **73**, 673~680 (1988)
- 4) 印南 敏, 桐山修八編 : 食物繊維 (1982) 第一出版, 東京
- 5) Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Leads, A. R., Gassull, M. A., Haisman, P., Dilawri, J., Goff, D. V., Mets, G. L. and Alberti, K. G. M. M. : Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance : importance of viscosity, *Br. Med. J.*, **1**, 1392~1394 (1978)
- 6) 辻 啓介, 大島寿美子, 松崎悦子, 中村敦子, 印南 敏, 手塚朋通, 鈴木慎次郎 : 多糖類とコレステロール代謝 (第一報), 栄食誌, **26**, 133~139 (1968)
- 7) (社)日本栄養食品協会編 : 加工食品栄養成分表示制度普及に関する研究報告書 (平成4年)
- 8) 大隈一裕, 松田 功, 勝田康夫, 半野敬夫 : 澱粉の熱変性と酵素作用, 澱粉化学, **37**, 107~114 (1990)
- 9) 若林 茂, 里内美津子, 植田由香, 大隈一裕 : 難消化性デキストリンの急性毒性および変異原性試験ならびにラットの便通に及ぼす影響, 食品衛生学雑誌, **33**, 557~562 (1992)
- 10) 大隈一裕, 高橋禮治 : 低カロリー用加工でん粉の開発と応用, 月刊フードケミカル, **6** (11), 62~67 (1990)
- 11) 大隈一裕, 若林 茂, 里内美津子, 香川昌平, 松岡 瑛 : 難消化性デキストリンのインスリン分泌節約効果, 医学のあゆみ, **155**, 353~354 (1990)
- 12) Wakabayashi, S., Satouchi, M., Ueda, Y., Ohkuma, K. and Matsuoka, A. : Effect of indigestible dextrine on insuline secretion, *Diabetes*, **40** (Suppl. 1), 487A (1991)
- 13) 若林 茂, 里内美津子, 野上義喜, 大隈一裕, 松岡 瑛 : ラットのコレステロール代謝に及ぼす難消化性デキストリンの影響, 栄食誌, **44**, 471~478 (1991)
- 14) 松岡 瑛, 斎藤通宏, 永野貞明 : 難消化性デキストリンの連続投与試験, 臨床栄養, **80**, 167~172 (1992)
- 15) 野村 誠, 守田万理子, 大橋 誠, 中島泰子, 大隈一裕, 里内美津子, 阿部 裕 : 各種食物繊維による栄養素の吸収阻害の検討, 糖尿病, **33**, 283 (1990)
- 16) 泰 葭哉, 中島久美子 : フラクトオリゴ糖摂取と胃腸症状の関係, *Geriat. Med.*, **23**, 817~828 (1985)
- 17) Chen, W. J. L., Anderson, J. W. and Jennings, D. : Propionate may mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fibers in cholesterol-fed rats, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **175**, 215~218 (1984)
- 18) Cummings, J. H. : Short chain fatty acids in the human colon, *Gut*, **22**, 763~779 (1981)

(受付 : 平成4年5月18日)