

いわゆる食物繊維飲料がラットの糞量と消化管通過時間 ならびにヒトの便通に及ぼす影響

及川桂子
(1995年6月23日受理)

はじめに

近年、若年層において便秘傾向が増加しており、とりわけ青年期女性に多くみられる^{1,2)}。便秘は種々の疾患発生と関連があるといわれ、特に、近年わが国において急速に増加している大腸癌、大腸憩室症の発生に密接に関与していることが指摘されている³⁾ことから、便秘の改善は健康保持上きわめて重要であると考ええる。

便秘の主要因の1つとして食物繊維不足があげられていて、それを補うために若年層では安易に市販の「いわゆる食物繊維飲料」(以下食物繊維飲料と略す)に依存する傾向がみられる。

市販の食物繊維飲料に使用されているポリデキストロース(以下PDと略す)は、グルコース、ソルビトールおよびクエン酸を高温・真空下で重合させた人工合成の多糖である。このPDは難消化性多糖であることから食物繊維に近い生理作用を有していると考えられており、ラットにおいて食物の消化管通過時間の短縮作用や糞便重量の増加作用などが報告されている⁴⁾。しかし、PDを含む市販の食物繊維飲料の便通に及ぼす影響についての報告はない。そこで、食物繊維飲料をラット飼料に混入して投与し、糞量、糞水分含量および食物の消化管通過時間に及ぼす影響について検討した。さらに女子学生による飲用試験を行い、ヒトの便通に及ぼす影響についてもあわせて検討した。

試験方法

1. ラットによる負荷試験

(1) 試験材料

試験材料は市販の清涼飲料で、1本(100 ml)当たりPD 5 g含有の炭酸飲料(以下PD飲料と略す)および、1本(140 ml)当たりPD 3 gとガラクトオリゴ糖0.6 g含有の清涼飲料水(以下PD+O飲料と略す)である。ほかに市販の大麦を使用した。

(2) 動物試験および飼育方法

試験動物は5週齢のWistar系雄ラットを用い、表1に示す基本飼料(無繊維食)で7日間予備飼育した後、1群6匹ずつ4群に分けて試験に供した。基本飼料にPD飲料およびPD+O飲料をPD含量が3.7%レベルになるように添加した試験飼料を与え、それぞれPD群、PD+O

群とした。さらに、比較のために基本飼料のコーンスターチと蔗糖を大麦に置換した大麦群(食物繊維 3.7%)と基本飼料の無繊維食群を設けた。給餌は pair-feeding (粉末飼料に換算して)とし、飲料水は水道水を自由に摂取させ 21 日間飼育した。

表 1 基本飼料の組成 (%)

カゼイン	20.00
α コーンスターチ	39.85
蔗糖	30.00
大豆油	5.00
ミネラル混合*	4.00
ビタミン混合*	1.00
塩化コリン	0.15

* Harper 配合

(J. Nutr. 68, 405-418, 1959)

(3) 糞量および糞水分含量の測定

試験飼料を投与して 15 日目から 4 日間の糞を 9:00~19:00 までは 1 時間おきに、19:00~翌朝 9:00 まではまとめて採取した。9:00~19:00 までの糞について湿重量および乾燥重量を測定し、水分含量を算出した。19:00~翌朝 9:00 までの糞については乾燥重量を測定し、9:00~19:00 までの乾燥重量と合わせて糞量とした。

(4) 消化管通過時間の測定

食物の消化管通過時間の測定は試験飼料投与 18 日目と 21 日目の 2 回実施した。18:00~翌朝 9:00 まで絶食させた後 0.5% のカルミンで着色した試験飼料 5 g を 60 分間与えた。その後 2 時間絶食させた後、無着色の試験飼料を自由摂取させた。10:00 から 30 分おきに糞を観察し、着色糞が出始めるまでの時間を消化管通過時間とした。

(5) 統計処理

試験データの有意差の検定は Student の t 検定によった。

2. 女子学生による飲用試験

(1) 被験者および被験物

被験者は便秘傾向があると自覚している 21 歳~22 歳の健康な本学女子学生 10 名である。被験物はラットの負荷試験に使用したものと同一の PD 飲料および PD+O 飲料である。

(2) 飲用方法

試験期間は 6 週間で、はじめの 2 週間は PD 飲料を毎日 1 本ずつ、次の 2 週間は飲用を中止し、終りの 2 週間は PD+O 飲料を毎日 1 本ずつ飲用させた。飲用時刻は朝食時ないし朝食後とし、被験者の食事には特別な制限を加えず日常の食事を摂取させた。この試験期間中の排便状況および胃腸の状態をアンケート用紙を用いて毎日記録させた。

なお、本試験はヘルシンキ宣言の精神に基づいて十分な配慮のもとに実施した。

結 果

1. ラットによる負荷試験

(1) 発育

PDならびにPD+Oを含む市販の清涼飲料をPD含量が3.7%、大麦を食物繊維含量が3.7%になるように調製した飼料および無繊維飼料を用いてラットを21日間飼育し、体重増加の経過を観察した。体重増加は図1に示すとおりで、4群間においてはほとんど差が認められず、各群とも良好な発育を示した。

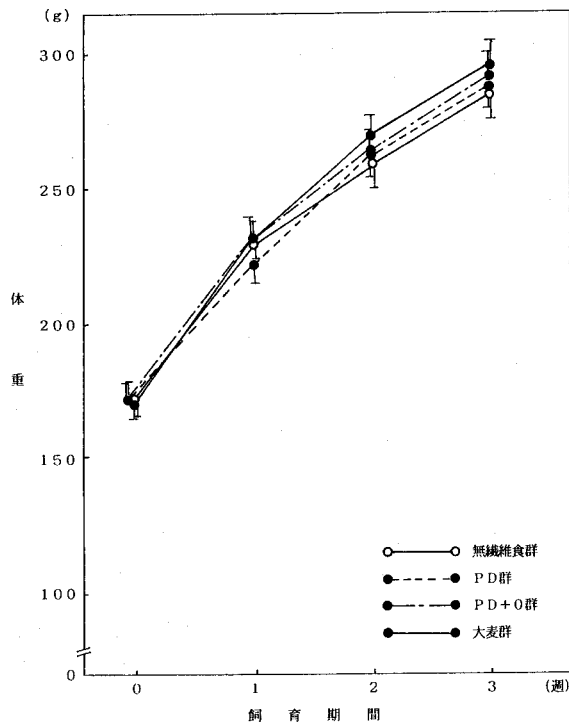


図1 ラットの発育曲線

(2) 糞量および糞水分含量

試験飼料を投与して15日目から4日間の糞の乾燥重量を糞量として表2に示した。無繊維食群に比べてPD, PD+Oの両群で若干増加傾向がみられたが有意ではなく、大麦群では有意に増加した。

PD, PD+O両群で糞が著しく軟らかくなり、糞水分含量は表2に示すように無繊維食群および大麦群に比べて有意に高かった。この結果からPDは、糞水分含量の増加作用があることが示唆された。

(3) 消化管通過時間

消化管通過時間は表2に示すとおりである。PD群およびPD+O群の消化管通過時間は無繊維食群に比べて差は認められなかった。大麦群は他の3群に比べそれぞれ有意に低値を示し、

消化管通過時間の短縮効果が認められた。

表2 糞量, 糞水分含量および消化管通過時間

	糞量 ^{c)} (g)	糞水分含量 (%)	消化管通過時間 (hr)
無繊維食群	2.00±0.21	47.5±6.0	15.7±0.4
PD ^{a)} 群	2.73±0.81	64.0±5.9 ^{d)g)} **	15.1±1.0
PD ^{a)} +O ^{b)} 群	2.76±0.74	64.3±8.1 ^{d)g)} **	15.0±0.7
大麦群	3.97±0.4 ^{d)} ***	50.0±7.1	12.4±1.9 ^{d)e)g)} *

- a) ポリデキストロース b) ガラクトオリゴ糖
- c) 4日間の糞乾燥重量
- d) 無繊維食群と有意差あり (* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001)
- e) PD群と有意差あり (* p<0.05)
- f) PD+O群と有意差あり (* p<0.05)
- g) 大麦群と有意差あり (** p<0.01)

2. 女子学生による飲用試験

便秘傾向があると自覚している21歳~22歳の健康な女子学生10名を被験者として飲用試験を実施した。飲用試験中の平均排便回数および被験者個々の排便回数の変動を図2に示した。

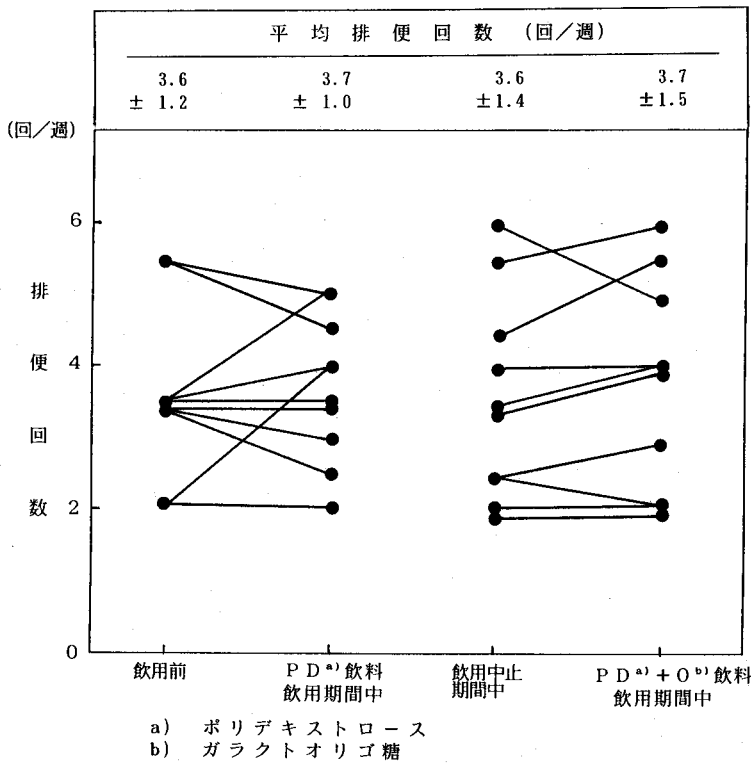


図2. 食物繊維飲料飲用による排便回数の変動

平均排便回数は飲用前、飲用中止期間中および両飲料飲用期間中で差が認められなかった。

被験者個々の排便回数を飲用前および飲用中止期間中と比べて±1回を変化なし、+2回以上を増加、-2回以下を減少として、両飲料の飲用期間中における排便回数の増減をみると、PD飲料では増加2名、減少2名、変化なし6名、PD+O飲料では増加1名、減少1名、変化なし8名であった。

便量、便の性状および排便感は、PD飲料飲用では3名に軟便化の傾向がみられ、時折下痢の発生を認めたが、他の7名は量が少ない(6名)、硬い(5名)、残便感がありすっきりしない(4名)等飲用前とほとんど変化がなかった。このPD飲料飲用による軟便化傾向は、ラットの負荷試験でみられた糞水分含量増加作用と関連があると考えられる。PD+O飲料飲用では、量は普通(2名増)、硬さ普通(3名増)、排便時の爽快感(2名増)がわずかに増加傾向にあった。

両飲料の飲用期間中における愁訴状況を図3に示した。愁訴は排便のなかった日に感じられたものが多く、便秘の特徴的愁訴といえる腹部膨満感は全員が訴えており、そのほか腹痛、憂うつ、下腹部が重い、食欲不振、腹がなる等は飲用前より増加していた。さらに、ガスがたま

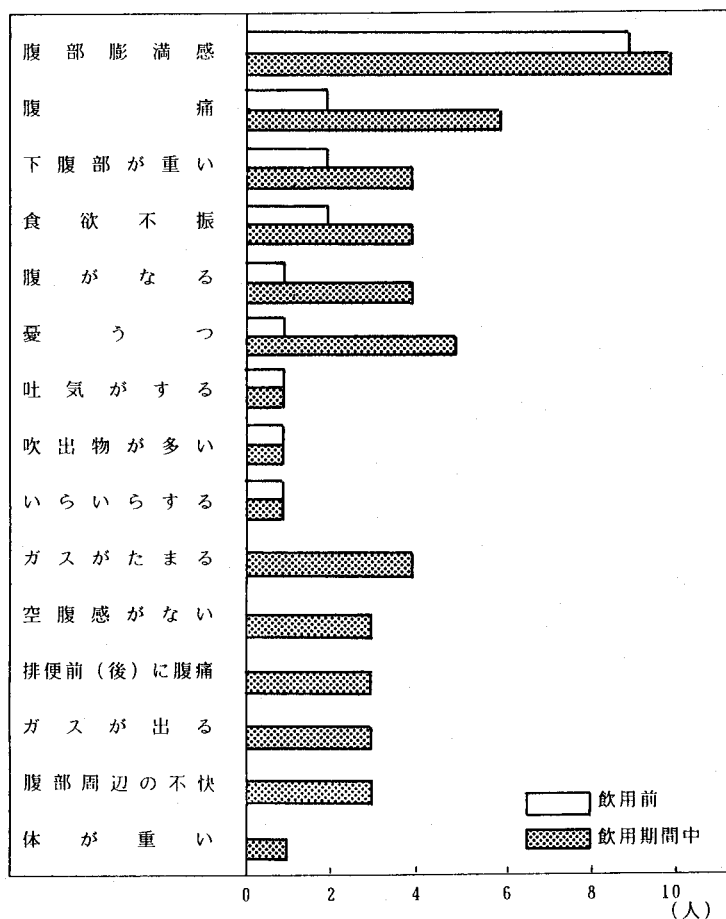


図3 食物繊維飲料飲用前・両飲料飲用期間中の愁訴状況

る、空腹感がない等いくつかの新たな愁訴も認められた。

考 察

水溶性のグルコマンナンを投与すると水溶性のセルロースを投与した場合より、食物の消化管通過時間が長くなるにもかかわらず下痢便あるいは軟便になること⁶⁾や、ペクチン⁷⁾、グアガム⁷⁾、寒天⁸⁾などの水溶性食物繊維は高い保水性を有しており、便の水分含量を増加させることが知られている。本試験のラットによる負荷試験において、PDを含有した食物繊維飲料の投与により糞の著しい軟化と水分含量の増加が観測され、さらに女子学生による飲用試験において若干であるが軟便化傾向が認められたことから、PDにこれらの食物繊維と類似の作用のあることが示唆された。

食物の消化管通過時間について、Burkitら⁹⁾は糞重量が増大すると消化管通過時間は短縮すると報告し、Wrickら¹⁰⁾は糞保水性が高いと同様に消化管通過時間が短くなると報告している。また、奥⁴⁾はグルコマンナンにポリデキストロースを添加して投与した場合、消化管通過時間が短縮することを認めている。一方、糞水分含量は消化管通過時間に直接には関係がないという竹久ら¹¹⁾の報告や水溶性食物繊維はその粘度により消化管通過時間を遅らせる傾向がある¹²⁾という報告もある。また、ヒトに小麦ふすまを投与すると糞量が増加し、食物の消化管通過時間が短縮されることが多くの研究者によって明らかにされており¹³⁾¹⁴⁾、この作用は主として水不溶性の食物繊維によるものであるとされている。

今回の試験において、食物繊維飲料投与では糞水分含量が有意に増加したが、消化管通過時間の短縮は認められず、竹久ら¹¹⁾が指摘しているように糞水分含量は消化管通過時間に直接関係ないことが示唆された。今回の試験で認められた食物繊維飲料の投与による糞水分含量の増加は、PDにより消化管内の浸透圧が高められて増加した腸管内容物の水分が、盲腸や大腸で十分に吸収されていないことを示すものと推測される。

一方、大麦投与では糞重量が増大し消化管通過時間が短縮してBurkitらやWrickらの報告と同様の結果が得られた。大麦の食物繊維は水不溶性のものよりも水溶性のものが多く¹⁵⁾ことから大麦は糞量の増加作用および食物の消化管通過時間の短縮作用が劣ることが推測されたが、本試験では糞量が増加し、消化管通過時間が有意に短縮することが明らかにされた。このことから大麦は便通改善に非常に有効であると考えられる。

中川ら¹⁶⁾はヒトにPDを投与し、PD 7gあるいは10g摂取で便の硬度は有意に軟らかくなったが、排便回数および便通感には影響を与えなかったと報告している。今回の女子学生による飲用試験において、PD飲料(PD 5g)飲用によって若干の軟便化傾向が観測されたが、排便回数および便通感では変化が認められなかった。これは中川らの報告と一致しており、さらに軟便化傾向はラットの負荷試験において観察された結果に符号するものである。

なお、PD+O飲料(PD 3g)の飲用により、便通、便の性状、排便感において若干の改善傾向がみられたが、これはPDの摂取が少量であることから考えてPDよりむしろオリゴ糖の影響によるものと推察される。

また、食物繊維飲料の飲用中にみられた愁訴の増加は便通が改善されていないことを示すものと考えられる。

以上のことより、市販のPD含有の食物繊維飲料は、1日1本程度の飲用では便通改善効果が

期待できないことが認められた。一方、大麦は糞重量の増加、食物の消化管通過時間の短縮といった便通改善に有効な生理作用を示すことが認められた。

要 約

市販の「いわゆる食物繊維飲料」の便通に及ぼす影響を調べる目的で、ポリデキストロース 5 g およびポリデキストロース 3 g とガラクトオリゴ糖を含有する 2 種類の市販の食物繊維飲料 (PD 飲料, PD+O 飲料) をラットに投与し、糞量、糞水分含量および食物の消化管通過時間に及ぼす影響を検討した。さらに、これらの飲料を女子学生に飲用させて排便回数および便通感に及ぼす影響について検討した。

1) PD 飲料, PD+O 飲料をそれぞれ PD 3.7% レベルで添加した飼料をラットに投与し、21 日間飼育した。その結果、糞水分含量は両飲料群で無繊維食群に比べて有意に高い値を示した。しかし、糞量および食物の消化管通過時間に差は認められなかった。

2) 比較のために設けた大麦群は、糞量は無繊維食群に比べ有意に高値を、食物の消化管通過時間は無繊維食群, PD 群, PD+O 群に比べ有意に低値を示した。

3) 女子大生に PD 飲料を 1 日 1 本ずつ 2 週間連続飲用させた後、2 週間の飲用中止期間をおき、続いて PD+O 飲料を前飲料同様に飲用させた。その結果、PD 飲料で若干の軟便化傾向が認められたが、排便回数と便通感には両飲料とも影響を与えなかった。

本研究を行うにあたり、深い理解をもって試験に協力して下さった被験者の方々ならびに本学部卒業生大沢 (池田) 栄子、佐藤道子さんに感謝いたします。

なお、本論文の一部は日本家政学会東北・北海道支部第 36 回総会において発表した。

- 1) 武副禮子, 平井和子, 岡本佳子, 川上瑩子, 宮川久邇子: 女子学生の排便傾向と食物摂取状況との関連について, 栄養学雑誌, 43, 93~98, 1985
- 2) 日本ケロッグ株式会社編: 便秘に関する日本人の意識と実態, Kellogg's Update 13, 1~4, 1994
- 3) 印南 敏, 桐山修八: 食物繊維, 304~316, 1982, 第一出版, 東京
- 4) 奥 恒行: 合成難消化性多糖類ポリデキストロースの消化性と食物繊維様作用について, 第 34 回日本栄養改善学会講演要旨集, 272~273, 1987
- 5) Van Soest, P.J. and Wine, R.H.: Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. I V. Determination of Plant Cell-Wall Constituents, J. Assoc. Off. Anal. Chem., 50, 50~55, 1967
- 6) 奥 恒行, 小西史子, 細谷憲政: ラットの生理機能におよぼす難消化性多糖類の性状ならびに飼育期間の影響, 栄養と食糧, 34, 437~443, 1981
- 7) Jenkins, D.J.A., Reynolds, D., Leeds, A.R., Waller, A.L. and Cummings, J.H.: Hypocholesterolemic action of dietary fiber unrelated of fecal bulking effect, Am. J. Clin. Nutr., 32, 2430~2435, 1979

- 8) Willians, R.D. and Olmsted, W.H. : The effect of cellulose, hemicellulose and lignin on the weight of the stool : a contribution on the study of laxation in man, *J. Nutr.*, 11, 433~449, 1936
- 9) Burkitt, D. P., Walker, A.R. P. and Painter, N.S. : Effect of dietary fiber on stools and transit times, and its role in the causation of disease, *Lancet*, II, 1408~1411, 1972
- 10) Wrick, k.L., Robertson, J.B., Van Soest, P.J., Lewis, B.A., Ribers, J.M., Roe, D.A. and Hackler, L.R. : The influence of dietary fiber source on human intestinal transit and stool output. *J. Nutr.*, 113, 1464~1469, 1983
- 11) 竹久文之, 鈴木 徹, 木村修一 : セルロース摂取の消化に及ぼす影響, *栄養と食糧*, 32, 187~190, 1979
- 12) Holt, S., Heading, R.C., Carter, D.C., Prescott, L.F. and Tothill, P. : Effect of gel fiber on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol, *Lancet*, I, 636~639 1979
- 13) Wyman, J.B., Heaton, K.W., Manning, A.P. and Wicks, A.C. B. : The effect on intestinal and feces of raw and cooked bran in different doses, *Am.J. Clin. Nutr.*, 29, 1474~1479, 1976
- 14) Cummings, J.H., Hill, M.J., Jenkins, D.J.A., Pearson, J.R. and Wiggins, H.S. : Changes in fecal composition and colonic function due to cereal fiber, *Am.J. Clin. Nutr.*, 29, 1468~1473, 1976
- 15) 印南 敏 : 食の科学, 94, 37~50, 1985
- 16) 中川靖枝, 岡松 洋, 藤井康弘 : ポリデキストロース摂取が青年期女性の便通感に及ぼす影響, *栄食誌*, 43, 95~101, 1990