胃切除ラットの消化管の機能ならびに 形態に及ぼす食物繊維の影響

宮田 富弘^{*,***}, 海老原 清^{*}, 中 島 昭^{**}

^{*} 愛媛大学農学部農芸化学科

^{**} 松山東雲短期大学食物科

Effect of Dietary Fibers on Function and Morphology of Gastrointestinal Tract in Gastrectomized Rats

Tomihiko MIYADA^{*,***} Kiyoshi EBIHARA^{*} and Akira NAKAJIMA^{**}

^{*} Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture,
Ehime University, Matsuyama, Ehime 790

^{**} Department of Food Science, Matsuyama Shinonome Junior
College, Matsuyama, Ehime 790

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 40, 199~205 (1987)

Effects of dietary fibers (DFs) on function and morphology of gastrointestinal tract were examined in gastrectomized rats. Animals were gastrectomized and then were given a fiber-free diet or test diets containing 10% wheat bran, 10% solka-floc; cellulose powder or 5% pectin for ten weeks. The following results were obtained: (1) The feeding of pectin prevented the reduction of growth induced by the gastrectomy. (2) The feeding of DFs significantly reduced the apparent digestibility of dietary protein though this reduction did not influence the postoperative growth. (3) The intestinal transit time was significantly shorter in the DF-fed groups than in the control group. (4) The feeding of DFs influenced neither the tissue weight nor the sucrase activities of small intestine. However, the mucosal hyperplasia measured by the increase in DNA content was observed when rats were fed the diet containing solka-floc or pectin. (5) The cecal weight increased only in the pectin-fed group. (6) In the colon, the feeding of DFs caused the elongation of tissues and inhibited the decrease in the muscular weight induced by the operation. Both the solka-floc and the pectin caused the increase in DNA content in the colonic mucosa.

(Received September 1, 1986)

食物繊維 (dietary fiber; DF) が種々の栄養学的効果を有することはすでによく知られている。DF は消化も吸収もされないため、その栄養学的効果は消化管内で示されるものであり、他の食物成分および消化管との物理・化学的相互作用ならびに消化管内環境の変化を介して示されるものと考えられる。

胃切除手術後には、無胃酸状態による消化管内 pH

の異常あるいはガストリンなどの消化管ホルモン分泌量の異常など、消化管腔内環境および生体の生理状態に著しい変化が生じる²⁾³⁾。それゆえ、胃切除手術後における DF 摂取の影響は正常時のそれとは異なることが考えられる。

すでに著者らは胃切除ラットの耐糖性⁴⁾ならびに骨代謝⁵⁾に対する DF 摂取の影響について報告しているが、このような病態時における DF 摂取の影響に関する研究はまだ十分にはなされていない。したがって、胃切除手術後における DF 摂取が生体に及ぼす影響について検討することはぜひとも必要であると思われる。

本研究では胃切除ラットの消化管の機能ならびに形態に及ぼす DF 摂取の影響について検討した。DF には物理・化学的特性の異なる小麦ふすま、ソルカフロックお

^{*} 〒790 愛媛県松山市榑味 3-5-7

^{**} 〒790 愛媛県松山市桑原 3-2-1

^{***} 現在：愛媛大学医学部生化学第二研究室

〒791-02 愛媛県温泉郡重信町大字志津川

Present address: Department of Medical Biochemistry, School of Medicine, Ehime University, Shigenobu, Onsen-gun, Ehime 791-02

よびペクチンの3種を用いた。

実験方法

1. 飼料

基本飼料として、Table 1に示すような精製飼料（FF飼料）を用いた。実験飼料には、FF飼料に小麦ふすまを10%添加した飼料（WB飼料）、FF飼料にソルファロック（セルロース粉末）を10%添加した飼料（SF飼料）およびFF飼料にペクチンを5%添加した飼料（P飼料）を用いた。小麦ふすまの調製法および組成は既報⁹⁾と同様である。ソルファロックはファイザー社製、ペクチン（カンキツ類）は五協産業社製のものを使用した。

2. 実験動物と飼育法

ウィスター系雄性ラット（体重約150g：徳島実験動物研究所より購入）にFF飼料を与え5日間予備飼育したのち、20匹に既報の方法⁹⁾に従って、Fig.1に模式的に示すような胃切除手術を施した。手術後1週間成長を観察し、回復を確認したうえで各群5匹ずつ4群に分け、FF飼料；FF（-）群、WB飼料；WB（-）群、SF飼料；SF（-）群およびP飼料；P（-）群、を与え自由摂取させた。同時に、胃切除の影響を知るため手術を施さない群をもうけ、FF（-）群とFF飼料の摂取量が等しくなるようにペア・フィーディングさせた；FF（+）群。ラットはステンレス製ケージに個別に入れ、12時間交替の照明下、 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ に調節した動物室で10週間飼育した。飼料は毎朝新鮮なものを与えた。飲料水には蒸留水を用い自由摂取させた。体重および飼料摂取量は毎朝測定した。

3. 測定項目とその方法

1) 糞排泄量 実験飼料に換えてから36日目より8日間に測定した。糞の採取法、測定および調製法は既報⁹⁾に従った。

2) タンパク質、脂質および灰分のみかけの消化吸収率 測定は糞排泄量の測定と同時にを行った。飼料および糞について、タンパク質はKjeldahl法、脂質含量はSoxhlet法および灰分含量は直接灰化法で測定した。各栄養素のみかけの消化吸収率（A）は、

$$A = (I - F) \times 100 / I$$

によって算出した。Iは摂取した飼料中の、Fは糞中の各栄養素含量である。

3) 飼料の消化管内移動時間（transit time；TT） 測定は実験飼料に換えてから第8週目に既報の方法⁹⁾に従って行った。

4) 消化管の長さならびに消化管組織、粘膜および筋層湿重量 実験飼料に換えてから第10週目にラットを放血屠殺し、ただちに開腹して全消化管を摘出した。消

Table 1. Composition of a Fiber-free diet.

Constituent	Content (%)
Casein	20
Corn oil	5
Mineral mixture* ¹	4
Vitamin mixture* ²	1
Choline chloride* ³	0.2
Sucrose	to make 100

*¹ This was identical with Mineral Mixture-2 (MM 2) formulated by Ebihara *et al.*⁹⁾

*² This was identical with Harper's mixture⁷⁾ with sucrose as a diluent. Vitamin A palmitate, 6,000 IU; Vitamin D₂, 600 IU and all rac-alpha-tocopheryl acetate, 100 mg were added per kg of the diet.

*³ Four milliliters of a 50% solution in 50% ethanol were added per kg of the diet.

Fig.1. Schematic Drawing of total gastrectomy. Left, before the operation and right, after the gastrectomy. The esophagus was anastomosed to the point 5 cm distal from the ligament of Treitz. To avoid reflux of the bile and pancreatic juice into the esophagus, the duodenal segment bearing the bilio-pancreatic opening was grafted to the point 10 cm distal from the esophageal anastomosis.

化管内容物を氷冷生理食塩水で洗い出したのち、胃切除ラットでは十二指腸-空腸吻合部から回盲接合部までの小腸を二等分し、それぞれ小腸上部および小腸下部とした。正常ラットでは幽門部より約35cmを取り除き、残りの小腸を胃切除ラットの場合と同様にした。大腸は盲結腸接合部で盲腸と結腸とに分けた。付着している腸間膜や脂肪組織をできる限り取り除いたのち、小腸断片ならびに結腸の長さを鉛直方向5g荷重下で測定した。反転した消化管から顕微鏡用カバーガラスを用いて粘膜を採取し、粘膜湿重量を測定した。筋層湿重量は組織湿重量から粘膜湿重量を差し引いて求めた。

5) 消化管粘膜のタンパク質, RNA および DNA 含量 消化管粘膜を 0.1M リン酸緩衝液中でガラスホモゲナイザーを用いて破碎し, 粘膜ホモジネートを得た。粘膜ホモジネートを Schneider の方法¹⁰⁾ に準じて分画し, RNA および DNA 画分を得た。RNA 含量はオルシノール法¹¹⁾, DNA 含量はジフェニルアミン法¹²⁾ で測定した。粘膜ホモジネートのタンパク質含量は Lowry 法¹³⁾ で測定した。

6) 小腸粘膜スクラーゼ活性 上記のとおり小腸粘膜ホモジネートを調製し, スクラーゼ活性を Dahlqvist の方法¹⁴⁾ に準じて一部改変して測定した。一定量の小腸粘膜ホモジネートを 56 mM スクロースを含む 0.1M リン酸緩衝液中で, 37°C, 10 分間インキュベートした。沸騰水中で 2 分間放置して酵素反応を止め, 遊離したブドウ糖を Somogyi-Nelson 法¹⁵⁾ により定量した。酵素活性は酵素反応により, 37°C, 10 分間に遊離したブドウ糖の 1 μ mol を 1 酵素単位として表わした。

実験結果

1. 体重増加量, 飼料摂取量ならびに糞排泄量に及ぼす DF の影響

結果を Table 2 に示す。実験期間中の FF (−) 群の体重増加量は FF (+) 群に比べ, 飼料摂取量が等しいにもかかわらず有意に低下していた。このとき, WB 飼料あるいは SF 飼料を摂取しても有意な変化は認められなかったが, P 飼料を摂取すると胃切除による体重増加量の低下が有意に改善され, FF (+) 群の体重増加量と有意な差が認められなくなった。DF を飼料中に添加することにより飼料摂取量は増加傾向を示し, とくにペクチン添加では有意な増加が認められた。糞排泄量も DF 摂取によって有意に増加し, その程度は SF (−) 群>

WB (−) 群>P (−) 群の順であった。

2. タンパク質, 脂質および灰分のみかけの消化吸収率に及ぼす DF の影響

結果を Table 3 に示す。タンパク質および灰分のみかけの消化吸収率は FF (+) 群と FF (−) 群との間に有意な差はなかった。脂質のみかけの消化吸収率は胃切除によって有意に低下していた。いずれの DF を摂取しても脂肪および灰分のみかけの消化吸収率には変化が認められなかった。これに対し, タンパク質のみかけの消化吸収率は小麦ふすまあるいはペクチン摂取で有意に低下した。

3. TT に及ぼす DF の影響

結果を Table 4 に示す。FF (−) 群の TT は FF (+) 群の TT と有意な差はなく, むしろ遅延する傾向にあった。このとき, DF を飼料中に添加すると TT は有意に短縮された。

4. 小腸組織ならびに粘膜に及ぼす DF の影響

結果を Table 5 に示す。胃切除ラットでは小腸上部ならびに下部ともに組織湿重量が有意に増加していた。この増加は粘膜湿重量よりも筋層湿重量の増加によるものであった。FF (−) 群に比べ WB (−) 群の小腸上部組織湿重量が有意に低下していたことを除いて, DF 摂取が小腸組織に及ぼす影響は認められなかった。胃切除ラットの胃粘膜 DNA 含量は小腸上部ならびに下部ともに正常ラットより有意に増加したが, protein/DNA はむしろ低下傾向を示し, RNA/DNA はまったく変化しなかった。このとき, SF 群の小腸上部粘膜 DNA 含量は FF (−) 群のそれより有意に増加していた。また, P (−) 群では小腸下部粘膜 DNA 含量が有意に増加していた。WB (−) 群の小腸粘膜 DNA 含量は FF (−) 群と有意な差がなかった。protein/DNA および RNA/

Table 2. Effects of dietary fibers on body weight gain, food intake and fecal output in normal and gastrectomized rats.*1

Diet	Stomach*2	Body weight gain (g/rat/10 weeks)	Food intake	Fecal output*3 (g/rat/8 days)
Fiber-free diet (FF)	+	170 $\pm$ 19 ^{a,*4}	924 $\pm$ 50 ^a	2.6 $\pm$ 0.2 ^a
Fiber-free diet (FF)	−	122 $\pm$ 12 ^b	914 $\pm$ 49 ^a	2.9 $\pm$ 0.2 ^a
FF+10% wheat bran	−	132 $\pm$ 9 ^b	1,013 $\pm$ 17 ^a	9.5 $\pm$ 0.3 ^b
FF+10% solka-floc	−	123 $\pm$ 8 ^b	1,015 $\pm$ 47 ^a	12.3 $\pm$ 0.8 ^c
FF+ 5% pectin	−	161 $\pm$ 7 ^a	1,123 $\pm$ 24 ^b	4.5 $\pm$ 1.2 ^d

*1 Average initial body weights of normal and gastrectomized rats were 164 $\pm$ 5 g and 163 $\pm$ 5 g, respectively.

*2 +, stomach present (normal rats); −, no stomach (gastrectomized rats).

*3 Fecal collection was done for 8 days from the 36th day to the 43th day in the experiment.

*4 Mean $\pm$ SEM (n=5), values not sharing a common superscript letters are significantly different (p<0.05). Differences among means were analyzed by Duncan's Multiple Range test.²⁴⁾

Table 3. Effects of dietary fibers on apparent digestibilities of dietary protein, lipid and ash in normal and gastrectomized rats. (%)

Diet	Stomach*2	Apparent digestibility*1 of dietary		
		Protein	Lipid	Ash
Fiber-free diet (FF)	+	94.6±0.6 ^{a,*3}	93.4±1.0 ^a	73.2±1.7 ^a
Fiber-free diet (FF)	—	95.4±0.4 ^a	90.0±0.9 ^b	71.1±2.8 ^a
FF+10% wheat bran	—	90.8±0.1 ^b	88.3±1.2 ^b	68.2±0.2 ^a
FF+10% solka-floc	—	94.8±0.3 ^a	88.5±0.4 ^b	72.7±0.6 ^a
FF+ 5% pectin	—	92.3±0.5 ^c	88.6±0.5 ^b	70.2±1.8 ^a

*1 Apparent digestibilities of dietary protein, lipid and ash (A) were calculated by the following equation: $A = (I - F) \times 100 / I$, where I is dietary protein, lipid or ash intake and F is fecal protein, lipid or ash excretion.

*2 See footnote *2 in Table 2.

*3 See footnote *4 in Table 2.

Table 4. Effect of dietary fibers on intestinal transit time in normal and gastrectomized rats.

Diet	Stomach*1	Intestinal transit time*2 (hr)
Fiber-free diet (FF)	+	16.0±1.6 ^{a,*3}
Fiber-free diet (FF)	—	19.4±2.6 ^a
FF+10% wheat bran	—	10.2±0.9 ^b
FF+10% solka-floc	—	8.0±0.8 ^b
FF+ 5% pectin	—	10.5±1.0 ^b

*1 See footnote *2 in Table 2.

*2 Intestinal transit time was measured at the first day of week 8 in the experiment.

*3 See footnote *4 in Table 2.

DNA は DF 摂取の影響を受けなかった。

5. 小腸粘膜スクラーゼ活性に及ぼす DF の影響

結果を Table 6 に示す。小腸上部および下部の全スクラーゼ活性には胃切除あるいは DF 摂取の影響は認められなかった。これに対し、DNA あたりのスクラーゼ活性は小腸上部および下部ともに胃切除により有意に低下したが、DF 摂取による影響は認められなかった。

6. 大腸組織ならびに粘膜に及ぼす DF の影響

結果を Table 7 に示す。盲腸組織湿重量はペクチンを摂取したときのみ有意に増加した。結腸全長は胃切除によっても変化しなかったが、結腸組織湿重量は有意に減少していた。この減少は粘膜および筋層湿重量の両方の減少によるものであった。結腸粘膜 DNA 含量、protein/DNA および RNA/DNA は胃切除の影響を受けなかった。これに対し、結腸全長ならびに組織湿重量はいずれ

の DF を摂取しても有意に増加した。このとき粘膜湿重量は変化しなかったが、胃切除による筋層湿重量の減少は有意に抑制されていた。結腸粘膜 DNA 含量は SF 飼料あるいは P 飼料摂取によって有意に増加したが、protein/DNA および RNA/DNA は DF 摂取によっても有意な変化は生じなかった。

考 察

本研究では、DF 摂取が胃切除手術を施したラットの消化管の機能ならびに形態に及ぼす影響について検討した。

胃切除手術を受けたラットの成長は飼料摂取量の等しい正常ラットの成長に比べ有意に低下したが、飼料中にペクチンを添加するところの成長低下は改善された。このような成長改善効果は非水溶性 DF (IDF) である小麦ふすまやソルカフロックには認められなかった。ペクチンと同様な水溶性 DF (SDF) であるガーガムは、胃切除ラットにおいて糖負荷後の血糖値の急激な変化を緩和する作用を有する⁴⁾。また、IDF は SDF に比べ耐糖能改善効果に乏しいことが報告されている¹⁶⁾。したがって、胃切除ラットにおけるペクチンの成長改善効果は、ペクチンが摂食後の血糖の急激な変化を緩和し、それによって飼料摂取量が増加したためとも考えられる。いずれにせよ、胃切除ラットにおいても DF 摂取による成長低下はまったく認められなかった。

胃切除ラットの脂質および灰分のみかけの消化吸収率は DF を摂取しても変化しなかったが、タンパク質のみかけの消化吸収率は小麦ふすまあるいはペクチンを摂取することによって有意に低下した。このような DF 摂取によるタンパク質のみかけの消化吸収率の低下は正常ラットにおいても生じることが報告されている^{8), 17), 18)}。前述のよ

Table 5. Effect of dietary fibers on morphology of small intestine in normal and gastrectomized rats.

Diet	Stom- ach*1	Tissue			DNA content (mg)	Mucosa	
		Tissue weight	Mucosal weight (mg/cm tissue)	Muscular weight		Protein	RNA
						DNA	DNA (mg/mg)
Proximal segment							
Fiber-free diet (FF)	+	76.9±3.0 ^{a,*2}	35.2±6.3 ^a	35.8±1.8 ^a	6.82±0.17 ^a	23.8±1.3 ^a	1.87±0.10 ^a
Fiber-free diet (FF)	—	93.4±5.5 ^b	44.3±3.7 ^a	49.1±3.9 ^b	7.78±0.60 ^{bc}	19.2±0.8 ^b	1.90±0.10 ^a
FF+10% wheat bran	—	79.5±1.8 ^{ac}	36.2±3.4 ^a	43.3±2.6 ^b	7.52±0.34 ^b	18.3±0.7 ^b	1.97±0.08 ^a
FF+10% solka floc	—	93.1±4.9 ^b	48.3±6.3 ^a	44.8±3.3 ^b	9.79±0.82 ^c	20.0±2.1 ^{a,b}	1.97±0.06 ^a
FF+ 5% pectin	—	86.2±9.1 ^{bc}	40.6±8.9 ^a	45.7±2.2 ^b	9.00±1.00 ^c	18.0±1.4 ^b	1.98±0.04 ^a
Distal segment							
Fiber-free diet (FF)	+	54.5±2.2 ^a	26.1±0.8 ^a	28.7±2.1 ^a	4.13±0.11 ^a	20.7±0.9 ^a	1.96±0.08 ^a
Fiber-free diet (FF)	—	67.8±4.6 ^b	28.6±2.5 ^a	39.2±2.6 ^b	5.04±0.22 ^b	17.8±2.3 ^{a,b}	1.84±0.15 ^a
FF+10% wheat bran	—	64.5±5.4 ^b	23.5±2.6 ^a	37.5±2.7 ^b	5.18±0.59 ^{bc}	15.1±1.3 ^b	2.45±0.40 ^a
FF+10% solka floc	—	65.5±5.7 ^b	26.0±2.3 ^a	39.4±4.0 ^b	5.25±0.22 ^b	18.3±0.5 ^{a,b}	1.85±0.10 ^a
FF+ 5% pectin	—	65.6±4.9 ^b	24.0±2.1 ^a	41.5±3.4 ^b	6.22±0.58 ^c	15.1±1.7 ^b	1.87±0.24 ^a

*1 See footnote *2 in Table 2. *2 See footnote *4 in Table 2.

Table 6. Effect of dietary fibers on sucrase activities of small intestine in normal and gastrectomized rats.

Diet	Stom- ach*1	Sucrase activity			
		Proximal segment		Distal segment	
		(U*2/segment)	(U/mg DNA)	(U/segment)	(U/mg DNA)
Fiber-free diet (FF)	+	297±43 ^{a,*3}	46.5±4.1 ^a	99±8 ^a	25.6±2.3 ^a
Fiber-free diet (FF)	—	264±52 ^a	33.3±4.9 ^b	91±2 ^a	18.1±0.7 ^b
FF+10% wheat bran	—	235±25 ^a	30.1±2.6 ^b	96±11 ^a	18.9±1.4 ^b
FF+10% solka-floc	—	305±55 ^a	36.4±5.0 ^{a,b}	96±6 ^a	18.4±1.0 ^b
FF+ 5% pectin	—	285±56 ^a	31.0±2.7 ^b	91±3 ^a	14.9±1.3 ^c

*1 See footnote *2 in Table 2.

*2 Micromoles of glucose produced per 10 min at 37°C.

*3 See footnote *4 in Table 2.

うに胃切除ラットの成長に DF は悪影響を及ぼさないことから、DF 摂取によるタンパク質のみかけの消化吸収率の低下が生体に及ぼす影響は、胃切除後においても実質的には無視できる程度なのかもしれない。さらに、胃切除ラットの小腸粘膜スクラーゼ活性にも DF 摂取の影響はまったく認められないことから、胃切除後の小腸の消化吸収機能に及ぼす DF の影響も比較的小さいものと考えられる。このように、小麦ふすま、セルロース（ソルカフロク）およびペクチンは胃切除後の消化吸収機能に悪影響を及ぼさないものと思われる。

正常ラットに比べ、胃切除ラットの小腸組織湿重量は有意に増加していたが、これは粘膜部分よりも筋層部分

の肥大によるものであった。しかし、粘膜 DNA 含量には有意な増加が認められ、小腸粘膜細胞の増殖が生じていることが示唆された。小腸切除手術後には残存小腸の肥大や粘膜細胞の増殖が生じることが報告されている¹⁹⁾²⁰⁾。このとき、飼料中にいずれの DF を添加しても小腸組織、粘膜および筋層湿重量にはまったく変化が認められなかった。これに対し、セルロース（ソルカフロク）を添加した場合には小腸上部粘膜 DNA 含量がさらに増加し、ペクチンを添加した場合には小腸下部粘膜 DNA 含量が有意に増加した。これらの結果は、胃切除ラットで生じた小腸粘膜細胞の増殖が DF 摂取によって促進される可能性を示唆している。しかしながら、この

Table 7. Effect of dietary fibers on morphology of large intestine in normal and gastrectomized rats.

Diet	Stomach ^{*1}	Cecal weight (g)	Colonic tissue			
			Length (cm)	Tissue weight	Mucosal weight (mg/cm tissue)	Muscular weight
Fiber-free diet (FF)	+	0.83±0.05 ^{a,*2}	17.5±0.5 ^a	80.0±4.4 ^{ac}	25.3±0.6 ^a	54.1±3.4 ^a
Fiber-free diet (FF)	—	0.99±0.07 ^a	17.4±0.6 ^a	62.4±1.2 ^b	21.6±1.3 ^b	40.8±1.4 ^b
FF+10% wheat bran	—	0.84±0.06 ^a	20.8±0.5 ^b	82.9±3.3 ^a	20.4±1.6 ^b	62.5±1.9 ^c
FF+10% solka-floc	—	0.92±0.04 ^a	22.0±0.5 ^b	80.9±2.0 ^a	22.7±1.1 ^{ab}	58.2±1.6 ^{ac}
FF+ 5% pectin	—	1.37±0.05 ^b	21.4±0.7 ^b	72.4±3.3 ^c	22.4±0.9 ^b	50.1±4.0 ^a

Diet	Stomach	Colonic mucosa		
		DNA content (mg)	Protein	RNA
			DNA (mg/mg)	DNA
Fiber-free diet (FF)	+	2.01±0.04 ^a	21.2±1.0 ^a	1.38±0.04 ^a
Fiber-free diet (FF)	—	2.23±0.09 ^{ab}	19.5±0.9 ^a	1.44±0.11 ^a
FF+10% wheat bran	—	2.41±0.12 ^{bc}	18.9±1.1 ^a	1.53±0.10 ^a
FF+10% solka-floc	—	2.58±0.14 ^c	20.7±0.5 ^a	1.50±0.04 ^a
FF+ 5% pectin	—	2.56±0.13 ^c	19.8±0.3 ^a	1.43±0.03 ^a

^{*1} See footnote ^{*2} in Table 2. ^{*2} See footnote ^{*4} in Table 2.

ような粘膜の形態的変化が DF の粘膜細胞への直接作用によるものか、あるいは小腸腔内環境を DF が変化させたことによるのかは明らかでない。

Morgan ら²¹⁾は、正常なヒトに DF を投与することによりガストリン、モチリンならびに GIP (gastric inhibitory polypeptide)等の消化管ホルモン分泌量が変化することを報告している。これらの消化管ホルモンは消化管の運動機能や形態に大きな影響を与えるので、あるいは DF が消化管ホルモン分泌を変化させることによって間接的に小腸粘膜細胞の増殖に影響しているとも考えられる。

盲腸組織湿重量はペクチンを摂取したときのみ有意に増加していた。SDF の盲腸肥大作用は正常ラットにおいても発現することが報告¹⁷⁾²²⁾されている。

結腸全長は胃切除によっても変化しなかったが、結腸筋層湿重量は胃切除により有意に減少していた。このとき DF を摂取すると結腸は有意に伸長し、胃切除によって生じた筋層湿重量の減少は有意に抑制された。DF 摂取によって糞排泄量が著しく増加することから、この抑制効果の一部は DF が結腸内容物の体積を増大させることと関連しているものと思われる。また、DF が消化管ホルモンバランスに影響することによって生じた可能性も無視できない。一方、Jacobs ら²³⁾は正常ラットに小麦ふすまを与えると結腸粘膜湿重量が増加することを報

告しており、本実験での結果とは異なっている。DF が結腸に及ぼす影響は正常ラットと胃切除ラットとは異なる可能性が考えられる。

TT は胃切除によっても正常ラットと有意な差はなく、むしろ遅延傾向を示した。このとき DF を摂取すると TT は有意に短縮された。これらの結果は DF の TT 短縮作用と関連した生理作用¹⁾(たとえば、大腸癌抑制作用)が胃切除後においても発現する可能性を示唆している。むしろ、胃切除後のように TT が遅延する可能性がある場合ほど、この DF の TT 短縮作用がより有効に発現するとも考えられる。

以上のように、胃切除ラットにおいても正常ラットで観察されるような DF の生理作用のいくつかが認められ、同時に胃切除後の結腸筋層湿重量の減少に対する抑制効果などの正常ラットではみられない新しい DF の生理作用が明らかになった。さらに本実験の結果から考察する限り、胃切除後においても DF 摂取による著しい悪影響は認められなかった。胃切除後においても DF の有する栄養学的効果が有効に発現する可能性が考えられるので、この点に関して今後さらに詳細に検討していく予定である。

要 約

胃切除ラットの消化管の機能ならびに形態に及ぼす食

物繊維 (DF) の影響を検討した。胃切除手術を施したラットに精製飼料 (FF 飼料), FF 飼料+10% 小麦ふすま, FF 飼料+10% ソルカフロックあるいは FF 飼料+5% ベクチンを与えて 10 週間飼育し, 以下の知見を得た。

1) 胃切除ラットの成長は正常ラットより有意に低下したが, ベクチン摂取により成長低下が有意に改善された。

2) DF 摂取により, 胃切除ラットのタンパク質のみかけの消化吸収率が低下したが, 脂肪あるいは灰分のみかけの消化吸収率は変化しなかった。

3) 胃切除ラットでは TT が遅延する傾向にあったが, DF はこれを短縮した。

4) 胃切除ラットの小腸組織, 粘膜および筋層湿重量に及ぼす DF 摂取の影響は一部を除いて認められなかった。胃切除によって小腸粘膜 DNA 含量は有意に増加したが, ソルカフロックあるいはベクチンを摂取するとこの増加がさらに増強した。

5) 胃切除ラットの腸粘膜スクラーゼ活性に及ぼす DF の影響はまったく認められなかった。

6) 胃切除ラットの盲腸組織湿重量はベクチンを摂取したときのみ有意に増加した。

7) 胃切除により結腸筋層湿重量が有意に減少したが, DF 摂取によってこの減少が抑制された。結腸粘膜 DNA 含量はソルカフロックあるいはベクチン摂取によって有意に増加した。

胃切除ラットにおいても正常ラットで観察されるような DF の生理作用が認められ, 同時に正常ラットではみられない新しい DF の生理作用が明らかになった。さらに, 胃切除後においても DF 摂取による著しい悪影響は認められなかった。

文 献

- 1) 桐山修八：化学と生物, 18, 95 (1980)

- 2) Bradley, E.L., III, Isaacs, J.T., Del Mazo, J., Hersh, T. and Chey, W.Y.: *Surgery*, 81, 684 (1977)
- 3) Lorenz-Meyer, H., Voker, J.A., Friedel, N. and Ecknauer, R.: *Digestion*, 26, 17 (1983)
- 4) 中島 昭, 海老原清：農化, 60, 515 (1986)
- 5) Nakajima, A., Miyada, T., Arimitsu, Y. and Ebihara, K.: *Nutr. Rep. Int.*, 32, 1279 (1985)
- 6) Ebihara, K., Imamura, Y. and Kiriyaama, S.: *J. Nutr.*, 109, 2106 (1979)
- 7) Harper, A.E.: *J. Nutr.*, 68, 405 (1959)
- 8) 海老原清, 宇都宮富美, 宮田富弘, 水田 昭：農化, 57, 1025 (1983)
- 9) 中島 昭, 海老原清, 宮田富弘：農化, 60, 525 (1986)
- 10) Schneider, W.C.: *J. Biol. Chem.*, 164, 747 (1946)
- 11) Munro, H.N. and Fleck, A.: *Analyst*, 91, 78 (1966)
- 12) Burton, K.: *Biochem. J.*, 62, 315 (1956)
- 13) Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Fan, A.L. and Randall, R.J.: *J. Biol. Chem.*, 193, 265 (1951)
- 14) Dahlqvist, A.: *Anal. Biochem.*, 7, 18 (1964)
- 15) Somogyi, M.: *J. Biol. Chem.*, 160, 61 (1945); 195, 19 (1952)
- 16) Ebihara, K. and Kiriyaama, S.: *Nutr. Rep. Int.*, 26, 193 (1982)
- 17) 池上幸江, 土橋 昇, 永山スミ子, 原田広和, 西出英一, 印南 敏：栄食誌, 36, 163 (1983)
- 18) Ebihara, K., Miyada, T., Mizuta, A. and Kiriyaama, S.: *Nutr. Rep. Int.*, 30, 955 (1984)
- 19) Tilson, M.D. and Wright, H.K.: *Surgery*, 67, 687 (1970)
- 20) Levine, G.M., Deren, J.J. and Yezdimir, E.: *Am. J. Dig. Dis.*, 21, 441 (1976)
- 21) Morgan, L.M., Tredger, J.A., Madden, A., Kwasoaski, P. and Marks, V.: *Br. J. Nutr.*, 53, 467 (1985)
- 22) Konishi, F., Oku, T. and Hosoya, N.: *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 30, 373 (1984)
- 23) Jacobs, L.R. and Schneeman, B.O.: *J. Nutr.*, 111, 798 (1981)
- 24) 芝田寛三：生物統計学序説, 64 (1974), 創文社 (東京)

(昭和61年9月1日受理)