排便時における直腸の電気生理学的ならびに 映像工学的観察

第Ⅱ報 ヒトにおける映像工学的観察

弘前大学医学部 第2外科学教室
(指導: 大内清太 教授)

杉 沢 利 雄

DEFECATION MECHANISM IN MAN

Toshio SUGISAWA

Department of Surgery, Hirosaki University Faculty of Medicine, Hirosaki
(Director: Prof. K. OH-UTI)

The present study was made to investigate the details of defecation mechanism. The subjects studied were 14 normal adults who did not suffer from intestinal diseases and 13 patients with colonic diseases who have undergone resection of the rectosigmoid. For this purpose 16 mm X-ray cinematogram was taken on every patient using barium enema in supine posture. A photo-optical measurement was performed on these cinefilms with a film motion analyzer.

The results obtained are as follows:

1. The subjects felt the urge to defecate by giving barium into the rectal ampulla. At this time enema volume of the barium averaged 196 ml.

2. The distension of the wall of the rectal ampulla by increasing the internal pressure seems to be one of the factors giving the awareness of the need to evacuate the rectum.

3. In the left side colon and rectum, obvious movement was not observed before defecation took place. The colon and rectum went down as a whole toward the pelvic space at the time when defecation started.

When distension at the ampulla by intraabdominal pressure exceeded the tension of the anal sphincter, defecation started. At the same time obvious movement was not able to be observed on the left side colon and the rectum.

4. The transportation of feces in the left side colon was observed during defecation. At the end of defecation the rectum and left side colon returned to the resting condition similar to that before defecation started. The main function of the left side colon seems to be storage of feces.

5. Good fecal continence was noticed in the cases resected the rectum at the height more than 7 cm above the anal ring.

は じ め に

排便現象に関する研究報告は多数みられるが、その発現機序はかなり複雑でいまだ不明の点が少

なくない。著者ら¹⁾はウサギの直腸および肛門部に各種刺激を与えた際の肛門括約部放電活動の観

察を行ないその結果を第 I 報として報告した。すなわち肛門括約部は無意識のうちに恒常性収縮状態を続けることにより、糞便の貯留、排便の自制に大きな役割を果たしていること、また直腸下部の伸展刺激が排便作用発現の要因であることが確認された。

ところで最近各種の運動性に対する分析的手段としていわゆる photo-optical measurement, すなわち映像解析の手法が主として理工学的分野で

ひろく用いられるようになった。私共の教室でもこのような手法を消化管運動の分析に応用し、すでに胆汁排出機転²⁻⁴⁾や、胃運動の計測^{5,6)}に2,3の興味ある知見を得てきた。

そこで著者は排便生理に関し、さらに詳細な観察を行なうべく直接ヒトを用い、X線映画による映像工学的的方法により排便時における直腸、肛門部および左半結腸の役割を具体的に分析することができた。

観 察 の 方 法

1. 観察の対象および方法

研究観察の対象となった症例は主として当教室入院患者で直腸肛門疾患もなく、また腸手術を受けたことのない14例ならびに各種直腸、大腸手術を受けた13例である(表1, 表2)。手術群は直腸切除術、大腸亜全剝術および大腸全剝術施行例に分け、これらの症例に対してX線映画およびアンケート(表3)による排便現象の観察を行った。

被検者に対し、X線映画撮影開始3時間および1時間前にそれぞれ微温湯液500mlを用いて高圧浣腸を施行し結腸、直腸内を十分空虚にした。被検者を仰臥位とし(図1)、経肛門的にNo.14ネラトン・カテーテルにより泥状の消化管X線造影剤バルギンS2号(100g中に日本薬局方硫酸バリウム66g含有)を注入した。このような

表1. 正常対照群ならびにその便意、発現に要した造影剤の注入量

症 例	年 令	性	病 名	便意発現量
1	61才	♀	右下顎腫瘍	220 ml
2	53才	♀	胃ポリープ	220
3	69才	♂	胃 癌	180
4	67才	♂	胃 癌	220
5	41才	♀	左 乳 癌	200
6	67才	♂	胃 癌	240
7	58才	♀	胃 潰 瘍	280
8	34才	♂	肝 障 害	160
9	53才	♂	胃 癌	200
10	49才	♀	肺 結 核	180
11	48才	♂	胃 癌	200
12	55才	♂	胃 潰 瘍	150
13	40才	♀	左 乳 癌	130
14	41才	♂	ビュルガー病	200

表2. 各種直腸および大腸切除群とその観察方法

術 式		症 例	年 令	性	病 名		術後経過期間	映画	アンケート
直腸切除術	肛門括約筋筋温存直腸切除術(貫通式)(A群)	1	66才	♂	直	腸 癌	1年10ヶ月	○	○
		2	73才	♂	直	腸 癌	3ヶ月	○	○
		3	45才	♀	直	腸 癌	1ヶ月	○	○
	肛門輪より約4cmの部で直腸切除術(B群)	4	61才	♂	直	腸 癌	5ヶ月	○	○
		5	69才	♀	直	腸 癌	5ヶ月	○	○
	肛門輪より7cm以上の部で直腸切除術(C群)	6	62才	♂	直	腸 癌	3ヶ月	○	○
		7	54才	♀	直	腸 癌	1年4ヶ月		○
		8	64才	♂	S 状 結 腸	癌	2ヶ月	○	○
		9	41才	♀	異 所 性 子 宮 内 膜 症		1ヶ月	○	○
大 腸 亜 全 剝 術 (回腸直腸吻合術)	10	56才	♀	限 局 性 腸 炎		1年3ヶ月	○	○	
	11	39才	♂	家 族 性 大 腸 ポ リ ポ ー ジ ス		1年3ヶ月	○	○	
大 腸 全 剝 術 (回腸肛門吻合術)	12	19才	♂	家 族 性 大 腸 ポ リ ポ ー ジ ス		1年3ヶ月	○	○	
	13	13才	♂	潰 瘍 性 大 腸 炎		3ヶ月	○	○	

バリウムの性状はいわゆる軟便に相当するものと考えられる。注入量の増加とともに便意の発現をみるが、その際の造影剤注入量を記録し、ひきつづいて直腸の運動を 16mm X 線映画に撮影記録した。さらに左結腸曲を越えるまで造影剤を注入し直腸、S 状結腸および下行結腸の運動を撮影したのちに排便運動を行なわせ、バリウムの体外排出時および排出後の直腸、左半結腸の運動を X 線映画に撮影記録した。なおテレビモニターの使用

表 3. アンケート

1. 1日の便の回数は
2. 便の性状は(普通固形便, 下痢, 便秘).
3. 便意を感じても便の出るのをがまんできるか(できる, できない).
4. 便が出そうか, ガスが出そうか, 識別できるか(できる, できない).
5. ガスを出そうとして, 便の出ることがないか(ない, ある).
6. 眠っている間にひとりで便の出ていることはないか(ない, ある).

図 1 被検者および撮影装置

図 2 フィルム解析用映写機アナリスト

手前のリモートコントロールボックスでスローモーション, ひとコマ送り, 正逆回転ができ, 本体のカウンターでフィルムのコマ数を読みとることができる

によって観察室とイメージ室とを分離し、被検者の羞恥心や心理的圧迫感をできるだけ軽減するようにつとめた。

X線映画撮影用としては Philips 社製 9 インチ 蛍光増倍管を用い、その観察窓と撮影窓との分光度をそれぞれ 10% と 90% とし、カメラにはキャノンレンズ焦点距離 35mm, f 1.5 付, Bolex H-16 を用いた。

撮影条件は管電圧 75~85 KVP, 管電流 2.5~3 mA とし、使用フィルムはサクラ GH, 毎秒 16 コマ、しぼりは開放とした。

観 察 結 果

1. 正常対照群

対照群に対しては下痢あるいは便秘のない状態で観察した。肛門に挿入されたネラトン・カテーテルより造影剤を注入したところ、表 1 にみられるごとく、平均 198 ml (最大 280 ml, 最小 140 ml) の容量で便意の発現がみられた。図 3 はこれをグラフに表わしたものである。

図 4 は造影剤 100 ml 注入時と 200 ml 注入時、すなわち便意発現前と発現時の直腸映像である。100 ml 注入時 (図 4. A) において直腸輪郭は一般に狭小で、その切れ込みもふかく、直腸下部にはくびれがみられた。200 ml 注入時 (図 4. B), すなわち便意発現時においては直腸壁の切れ込みに浅くなり、ことに下部にみられたくびれは消失し、全体として漏斗状に拡張し、その下部先端は便意発現時より下方に位置し恥骨結合線を越えていた。なお便意発現時の直腸輪郭をトレースしたものの重ね合せでは、図 4. C のごとくで、便意発現時における直腸壁下部の拡張および位置の下降がはっきりとわかる。

この際の直腸運動を X 線映画に撮影記録したもののについて前述の方法で分析をこころみた (図 5)。すなわち便意発現前および発現時の直腸運動の変化を経時的に tracing paper での重ね合せで観察したが両者とも腸輪郭に略々一定の形態を継続することから積極的な腸管における運動は認めがたかった。

さらに左結腸曲を越えるまで造影剤を注入し、S 状結腸および下行結腸の運動を同様の方法で観察した。すなわち図 6 A のごとく排便運動開始前

現像は富士 RD-II を使用し、200°C, 4 分の条件にてこれを行なった。

2. フィルムの解析方法

前述のようにして撮影されたフィルムについて、Kodak 社製解析用映写機アナリスト (図 2) を用いて解析した。すなわちスクリーン上に tracing paper をはりつけ、その上に映像輪郭を 16 ないし 32 コマおきにスケッチした。得られた映像輪郭を順次重ね合わせるにより肛門よりのバリウム排出機構およびその際の直腸、左半結腸の運動形態の変化を経時的に観察した。

図3 便意発現に要する直腸バリウム注入量

には S 状結腸、下行結腸においては明瞭な蠕動あるいは分節運動はみられず、呼吸性変動による腸管のゆるやかな上下方向への移動、伸縮がみられるのみである。

排便動作を行なわせてみると、被検者は呼吸を一時停止し、腹壁および横隔膜を緊張させて腹圧を上昇せしめ、同時に直腸および左半結腸が骨盤底に向って著しく下降し、ひきづついて肛門よりバリウムの排出が行なわれた。この際の直腸輪郭の変化は図 7 にみられるごとく、直腸下部はさら

図4 直腸内バリウム注入

- A: 約100 ml 注入. 便意なし. 直腸輪郭のきれ込みと直腸下部のくびれがみられる.
 B: 約200 ml 注入. 便意あり. 直腸輪郭の切れ込みは浅くなり, 直腸下部のくびれは消失し, 全体として下降し, 漏斗状に拡張す.
 C: 便意発現前 (A) と便意発現時の直腸映像を重ね合せたものであるが, 便意発現時においては直腸下部の下降および拡張伸展が特徴的である.

図5 便意発現前および発現時の直腸壁の運動

- A: バリウム 100 ml 注入時. 便意なし
 B: バリウム 200 ml 注入時. 便意あり
 直腸壁の運動に差異はなく, いずれの場合も明らかな蠕動あるいは分節運動は認められず.

に拡張, 伸展し下方への移動がみられた. 腹圧ならびに直腸下部の拡張が最大に達したときに直腸内容物は急速に体外に排出された. この際の直腸運動を解析したが直腸壁には小腸にみられるごとく蠕動あるいは分節運動はみられず, 輪郭上に著変を認めなかった (図8).

バリウムの体外排出時における肛門括約部の推移を tracing paper 上で追及したが, いずれの場

合も先細りの円錐形を維持していた.

排便運動の停止, 換言すれば腹圧の解除とともに直腸は排便運動開始前の静止状態にもどり, バリウムの体外排出にともない直腸内腔は狭小となったが, ふたたび腹圧を上昇せしめ, 排便運動をうながすことにより直腸内残存バリウムの排出が行なわれた.

ふたたび図6にかえて, バリウム排出時の左半結腸の態度を観察すると, 同図内Bのごとく, 下行結腸は腹圧の増減にもなって左右上下に移動し, 腸壁の緊張, 伸縮および内腔の増減がみられ, 同時に腸内容の下方輸送も認められた. またS状結腸においても腹圧による下方移動が観察されたが明瞭かつ積極的な蠕動様運動は認めがたかった. 図9はバリウム排出時のS状結腸直腸移行部の運動を分析したものであるが, 明らかな収縮, 蠕動あるいは分節運動は認めがたかった.

バリウム排出停止後これらの左半結腸においては造影剤の減少による腸管内腔の狭小化がみられたが, 排便動作開始前と同様の静止状態にもどった.

2. 各種直腸大腸切除群

各症例数も少なく, 術後経過期間も一定しないが, 前述の方法で16mm X線映画観察を行なった. なおアンケートに対する解答は表4のごとく

図6 下行結腸の運動

排便動作開始前 (A) にはゆるやかな呼吸性移動あるのみバリウム排出時 (B) には腹圧の変動による腸管の移動、伸縮および壁の緊張がみられ、内容輸送も観察されたが、小腸にみられるごとき明らかな蠕動あるいは分節運動は認められない。バリウム排出停止後 (C) は内容減少による腸内腔の狭小化はみられるが、明瞭な腸管運動はみられず

図7 排便動作開始前 (点線) とバリウム排出時 (実線) の直腸輪郭
バリウム排出時には腹圧の増加とともに直腸の下降と壁の拡張がみられる。直腸下部の拡張が最大に達したときバリウムは急速に体外に排出された。

図8 バリウム体外排出時の直腸壁の運動
肛門よりのバリウム排出を15秒間持続させ分析した。直腸輪郭には蠕動あるいは分節運動はみられない。肛門括約部も常に先細りの形状を持続しており、積極的な弛緩は認めがたい。

であった。

(1) 直腸切除術群

これを次の3群に分けた。すなわちA群: 肛門括約筋温存直腸切除術 (貫通式), B群: 肛門輪より約4cmの部で直腸切除術, C群: 肛門輪より7cm以上口側で直腸切除術を施行した群に分けた。

A群: 3例について観察した。便の性状はいずれも普通固形便であるが、第3例においてアンケ

ート項目3および6に対してそれぞれ不定、時にありという解答がみられた。ネラトン・カテーテルを用いて肛門より造影剤を注入したところ全例にバリウムの体外への漏出がみられた。そこで体外漏出を防止するためカテーテル周囲をガーゼで圧迫して注入したところ第1例は240ml, 第3例は280mlの容量で便意の発現をきたしたが、第2例においては300mlを越えても便意の発来はなく、腹部不快感を訴えた。またバリウムを注入

図9 バリウム排出時 S 状結腸直腸移行部, 明らかな反射性収縮, 蠕動運動あるいは分節運動は認められない。

すなわち便意の認知, 直腸内容の識別および貯留作用は良好であるが, 排便回数が比較的多く, 被検者の訴えでは排便後なお便の残留感があるということであった。

X線映画観察下に肛門よりバリウムを注入するとそれぞれ 200 ml, 160 ml で便意が発現した。しかしネラトン・カテーテルの先端を吻合部より肛門側において注入したときはそれぞれ 70 ml, 40 ml で便意の発現があり, 同部の拡張が観察された。なおこの群においてもバリウム注入時肛門からの漏出がみられた。図 11 A は安静時の吻合部を中心とした直腸およびそれに吻合せる結腸の運動を解析したものである。便意はあるが明らか

表 4. アンケート項目別解答

術 式		症 例	ア ン ケ ー ト 項 目 別 解 答					
			1	2	3	4	5	6
直腸切除	A 群	1	3 回	普通固形便	できる	できる	な い	な い
		2	1～2 回	〃	〃	〃	〃	〃
		3	5～6 回	〃	不 定	〃	〃	時にあり
	B 群	4	3 回	普通固形便	できる	できる	な い	な い
		5	4～6 回	〃	〃	〃	〃	〃
	C 群	6	3 回	普通固形便	できる	できる	な い	な い
		7	2～3 回	〃	〃	〃	〃	〃
		8	1～2 回	〃	〃	〃	〃	〃
		9	3～4 回	〃	〃	〃	〃	〃
大腸亜全剝	10	2～3 回	普通固形便	できる	できる	な い	な い	
	11	2 回	〃	〃	〃	〃	〃	
大腸全剝	12	12～13回	朝普通便， 以後水様便	できる	不 定	あ る	あ る	
	13	15～16回	水 様 便	不 定	不 定	あ る	あ る	

しても骨盤腔内にある結腸（位置的に直腸膨大部に相当する）の拡張はみられず haustra が存在し, 100 ml 程度の注入で左結腸曲まで到達した。

図 10 A は安静時骨盤腔内結腸の運動を解析したものであるが, 正常対照群と同様, 腸壁には蠕動あるいは分節運動は明らかにみられなかった。排便動作では, 同図 B のごとく, 腹圧の増加とともに左半結腸の骨盤腔へ向っての伸長下降が観察され, この変化の最も大きいときにバリウムの肛門よりの排出がみられた。この際にも明らかな結腸運動は認めがたかった。

B 群: 2 症例について観察した。排便の調節,

な腸管運動は認めがたく, また正常対照群と比較して残存直腸および結腸も拡張にとぼしい。同図 B はバリウム排出時の直腸, 結腸の経時的变化を解析したものである。安静時に比して吻合部より肛門側の直腸輪郭の拡張が, また口側結腸に狭小化がみられたが, とくに内容を排出せしめようという明瞭な蠕動あるいは分節運動はやはり観察されなかった。

C 群: この群においては排便の自制, すなわち括約機能, 便意, 直腸内容の識別および貯留機能など正常対照群とはほぼ同じであった。肛門よりバリウムを注入しても, 体外への漏出もなく, 便意

図10 肛門括約筋温存直腸切除術（貫通術式）

- A: 排便動作開始前 骨盤腔内結腸は拡張にとほしく haustra あり。蠕動様運動はみられない。
 B: バリウム排出時 腹圧の上昇とともに結腸の伸長下降がみられ、同時にバリウムの排出もみられたが、明瞭な蠕動あるいは分節運動はなく、依然として haustra が存在す。

図11 直腸切除術（B群） 矢印 吻合部

- A: 排便動作開始前 直腸、結腸は拡張にとほしい。腸管の運動は認めがたい。
 B: バリウム排出時 吻合部肛門側の直腸の拡張と口側結腸の狭小化あり。蠕動、分節運動はやはり認めがたい。

発現時注入量も約 190ml であった。図 12 A は安静時の吻合部を含む直腸および結腸運動の分析である。直腸および結腸の拡張も良好で、形態は正常対照群と類似しており、壁の運動も吻合部口側および肛門側でとくに差異はなく、はっきりした蠕動あるいは分節運動は認めがたい。同図 B はバリウム排出時における直腸および結腸輪郭である。腹圧の増加とともに直腸下部が拡張し、これの変化の最も大きいときに造影剤の排出がみられ

たが、この際にも直腸、結腸壁には蠕動運動はやはり観察されなかった。すなわちその形状および運動は正常対照群とはほぼ同様の態度を示していた。

(2) 大腸亜全剝兼回腸直腸吻合術群

2例とも逆 ρ (rho) 字形回腸直腸吻合術⁷⁾を行なった症例である（図 13）。排便回数は 2~3 回で、普通固形便である。括約作用、便意の認知、直腸内容の識別および貯留機能は良好であった。

図12 直腸切除術 (C 群) 矢印 吻合部

A: 排便動作開始前 直腸結腸の拡張良好明らかな運動は認めがたい。
B: バリウム排出時 直腸下部の拡張あり、蠕動あるいは分節運動はみられず。

図13 大腸亜全別兼逆 ρ 字形回腸直腸吻合術
回腸末端部に直径約 10 cm の逆 ρ 字形ループを作成し、腹膜翻転部下で直腸と側端吻合を行なう。直腸は約 10 cm 残存す。

バリウム注入に際しても肛門よりの漏出もなく、それぞれ 220 ml, 200 ml の注入量で便意の出現がみられた。図 14 は術後 1 ヶ月目の注腸造影写真であるが、逆 ρ 字形ループの内腔はほぼ直腸の太さにまで拡張している。図 15 は安静時の逆 ρ 字形ループの運動を解析したものであるが、正常小腸にみられるような活発な蠕動、分節ないしは振

子運動等はみられなかった。図 16 はバリウム排出時の逆 ρ 字形ループおよび直腸の運動分析であるが、このときもループには小腸様運動は認められなかった。直腸輪郭にも明らかな蠕動様運動は観察されなかった。

(3) 大腸全別兼回腸肛門吻合術群

第 12 例は Ravitch の方法による大腸全別^{8,9)}を行なったものであり、第 13 例は回腸肛門吻合術に腹膜翻転部下で Braun 吻合を附加した例である (図 17)。排便回数は両例とも 10 数回であり、ほとんど水様便となっている。また内容識別も困難であり、時に失禁もみられた。肛門よりバリウム注入の際 2 例とも体外への漏出をみた。便意発現を来す注入量はそれぞれ 100 ml, 120 ml であった。造影剤注入後肛門と吻合せる回腸の運動を観察してみると、図 18 A のごとく、小腸特有の運動亢進、すなわち明らかな蠕動様運動が認められた。同図内 B は回腸末端部の蠕動様運動による収縮時と拡張時の形態の重ね合せであるが、運動の活発をうかがい知ることができる。この運動が発生した際には腸内容の輸送もみられ、強い便意の出現がみられた。このとき被検者が意識的に肛門括約部を収縮せしめないと、造影剤が肛門よりひとりでに体外に流出するのが観察された (図 19)。しかしながら被検者が意識的に肛門括約部を収縮させると回腸末端部に強い逆蠕動が起り、一旦肛門に達した造影剤は口側回腸に逆流し便意

図14 大腸亜全剝兼逆 ρ 字形回腸直腸吻合術（術後1ヶ月注腸造影）
A: 逆 ρ 字形ループは直腸と同じ位に拡張し、貯留能は良好である。
B: Aのシェーマ

図15 排便運動開始前逆 ρ 字形ループ
内腔の拡張著明。小腸特有の蠕動、分節あるいは振子運動はみられない。貯留能としての機能がみられる。

は消失した。このような回腸末端部の運動は腸内に内容の貯留するとき、腹部を圧迫したときあるいは体動等により発現するように思われ、この傾向は第13例により強くみられた。

排便運動を行なわせると、腹圧の変化とともにバリウムの体外排出がみられた。図20はこのときの回腸末端部輪郭の運動である。回腸末端部の運動亢進はみられるが、造影剤が肛門より自然流出したとき（図18、図19）ほどの運動亢進はみられなかった。バリウム排出時には腹圧の増加とともに回腸末端部の運動亢進がみられるが、腹圧を解除するとバリウムの排出は停止した。

総括と考按

これまで排便機構に関する研究報告は数多くみられ、その観察方法も種々にわたっているが、未解決の点が依然として少なくない。とくにヒトの排便運動についてはその生活環境、身体的および精神的条件を一定にすることは困難であり、糞便排出時における結腸、直腸ならびに肛門括約部の肉眼的観察は至難事だからである。その点X線

をもちいた肉眼的観察は利用度が高いが、今日までレントゲン・キモグラフ¹⁰⁾、あるいはレ線連続撮影¹¹⁾による観察にとどまり、著者のようにX線映画により直接ヒトについて観察した報告にはいまだ接していない。

被検者ならびに観察者の羞恥心、心理的圧迫感がこれらの観察の上で大きい障害となり、本実験

図 16 バリウム排出時 (大腸亜全剝)
腹圧により逆 ρ 字形ループは骨盤底に向って下降したため ρ 字形にみえないが、小腸様運動は全くみられない。直腸にも蠕動あるいは分節運動はない。

図 17 大腸全剝兼回腸肛門吻合術
A: 残存直腸の粘膜を抜去し、回腸肛門吻合術 (Ravitch 第 12 例に施行)
B: 回腸肛門吻合術に Braun 吻合附加 (第 13 例に施行)

にあっても 27 名の被検者のうち 観察者がかたわらにいう心理的緊張感のため排便動作のできない場合がしばしばみられた。これらの心理的障害を排除しながら、排便の際の肛門部括約部、直腸および左半結腸の動態を X 線映画を用いて直接観察できたことは一応評価されるべき成果と考えられる。

さて直腸内容貯留による直腸壁の伸展がある程度に達すると直腸壁の知覚終末を刺激し、このイ

ンパルスが骨盤神経中の求心性線維を介して脊髄に達し無意識のうちに肛門括約部を収縮せしめ、さらに大脳へと伝達されいわゆる便意が起ると言われている¹²⁻¹⁶。この機構は直腸下部に行くほど発達しているという¹⁷。三枝¹⁸は直腸壁筋層および歯状線に伸展刺激を加えたときに排便感が発生し、とくに歯状線は排便生理上極めて重要であり、排便運動の引金地帯—trigger zone—として知られていると述べている。著者の方法による X

図18 回腸末端部の運動（大腸全剝）

A: 小腸特有の運動亢進がみられる。

B: 回腸末端部の蠕動様運動による拡張時（実線）と収縮時（点線）。運動の活発さをうかがい知ることができよう。

図19 バリウムの自然排出（大腸全剝）
回腸末端部に運動（蠕動様）が起ったときに被検者が肛門括約部を意識的に収縮させなければ、回腸内容は体外に噴出した。

図19 バリウム排出時（大腸全剝）
排便運動によるバリウムの排出は腹圧と小腸運動により行なわれているようだ。

線映画観察でも直腸下部に伸展刺激を与えたときに便意の発現がみられた。

便意を招来する直腸内圧は $20 \sim 40 \text{ cm H}_2\text{O}^{19)}$ 、あるいは $40 \sim 50 \text{ mm Hg}^{20)}$ といわれている。池内¹⁹⁾は直腸にネラトン・カテーテルを装着したバルーンを挿入し、水を注入してその容量と便意発現の関係をみたところ、便意初発時のバルーン内容量は平均 129 ml （最大 150 ml 、最小 100 ml ）であったと報告している。著者が観察した正常対照群 14 例について、便意発現時直腸内バリウム注入量は平均 198 ml であった。著者の場合は直

腸内に直接注入したので、一部は S 状結腸や下行結腸にも逸脱し、池内¹⁹⁾の場合よりも多くの容量を必要としたものと思われる。

左半結腸の機能は主として内容貯留と排泄であるとされ、糞便の自制は左半結腸と直腸肛門諸筋との協調作用によりなされているという^{12,13,21~25)}。著者の観察では、排便運動開始前の左半結腸および直腸においては、便意が発現しても内容を排出せしめようとする明らかな蠕動あるいは分節運動は認められなかった。原田¹¹⁾は経口的にバリ

ウムを投与し、盲腸から直腸までこれを充満した状態でレ線連続撮影による観察を行ない、やはり大腸運動はみられなかったとしている。つまり上部消化管に比し消化管終末部である直腸あるいは左半結腸は内容貯留という性質が強いであろう。

従来より、排便に際しては横行結腸、下行結腸、S状結腸および直腸に強い蠕動がおり、同時に内外の肛門括約筋が弛緩し、これにより糞便が肛門部を通して体外に出るとされ、腹圧がこれを助けているといわれている^{12,14,26}。著者の方法による観察では、腹圧の上昇による左半結腸ならびに直腸の骨盤腔へ向っての下降、直腸下部の壁の拡張がみられ、この変化の最も強いときにバリウムの体外排出がみられたが、直腸、S状結腸直腸移行部および下行結腸輪郭には積極的な蠕動様運動は認めがたかった。

内肛門括約筋は直腸輪状筋層が直腸下部で漸次肥厚したもので自律神経支配であり、外肛門括約筋には脊髄神経に属する陰部神経が分布しており、いずれも一定の緊張収縮の状態にあるという^{14,27}。また内肛門括約筋はアウエルパッハ神経叢が欠如しているため常に閉鎖状態にあり他動的にしか開かないという²⁸。つまり強い恒常性収縮状態を保っていることがうかがわれる。著者の観察では、バリウムの体外への排出時には直腸末端部は常に先細りの円錐形を維持していた。従って肛門括約部は狭窄状を呈したままで、積極的な弛緩を示さないものと判断された。そして腹圧の上昇によって直腸内容が、あたかもねりはみがきがチューブよりおし出されるごとく、この狭窄部を越えて体外に排出されて行くように思われた。腹圧による直腸内圧の上昇が、肛門括約部の緊張に打ち勝って内容を押出し出していると考えられる。

排便運動の際著しい横隔膜の下降、結腸の伸縮、内腔の増減およびこれらの骨盤腔への下方移動をみたという報告もあるが^{10,11,29}、これは排便動作中の強い腹圧の存在を示すものであろう。ヒトや四足動物が排便時にとる姿勢は腹圧を上昇せしめるのに最も適した体位であること、また便秘発現時の直腸内圧が40~50 mm Hgであるのに、声門を閉ざして息詰むことにより直腸内圧が100~200 mm Hgにまで高められる²⁰ということより、排便現象においては腹圧は重要な役割を演

じているように思われる。

結腸内容の輸送は1日に数回しかおこらない総蠕動 (mass peristalsis) すなわち胃結腸反射の際におこる強い蠕動により行なわれるといわれているが^{10,11,16}、排便時の左半結腸の内容輸送は原田¹¹、内藤³⁰によれば、S状結腸終末部、下行結腸終末部および左結腸曲の順におこる1種の反射性収縮によるとし、Rendich & Harrington¹⁰は下行結腸の不規則な segmental contraction によるとしている。著者の分析では明らかな腸管の収縮運動は認めがたかったが、腹圧の変動による左半結腸の伸縮、内腔の増減、壁の緊張がみられ、このときに内容の輸送が行なわれたことより、腹圧の変動による腸管内圧の変化がある程度排便時左半結腸の内容輸送に関与していると思わせる。

前述の観察は泥状のいわゆる軟便のようなバリウムについて観察したものであり、硬結便あるいは下痢の際の水様便ではどのようなか興味深いものがある。

糞便自制が正常に行なわれるためには肛門直腸の協調作用による括約機能、便意の認知および水分を吸収して固形の糞便として貯留する能力が確立されている必要があるとされている^{13,21,31,32}。

肛門括約筋温直腸切除術 (貫通式) 施行例について、Goligher¹³、Gaston²⁵は便の不用意なものを指摘し、これは外括約筋収縮力の減弱および便意認知力の低下によるとし人工肛門造設術よりよいか否かを定めることは困難であるとしている。楨³³も直腸壁機能の脱落、すなわち生理的反射弓が欠如しているため排便自制は不能であり、ただ時の経過とともに排便の時期を察知できるのは人工肛門造設術と同じであり、患者の社会復帰の面からは価値は認められながらも肛門括約部の生理機能の温存の立場からは若干の疑問があると述べている。著者の観察でも肛門よりバリウムを注入したとき全例に漏れがみられたこと、また便意を招来せしめるためのバリウム注入量が正常対照群より多くの量を必要としたのは直腸肛門の機能低下すなわち括約作用および便意認知力の低下によるものと思われた。

正常の肛門括約部は直腸壁とくに直腸下部の拡張により反射性に収縮するといわれ^{24,34}、括約機能は単に肛門括約筋とその運動神経が保全されているのみではだめで、知覚終末枝をもった直腸が

十分に残っていない限り肛門括約部の自制という能力は失われるとされている³⁵⁾。糞便の規制が良好に行なわれるために必要な直腸の残存量として Goligher¹³⁾ は 7cm 以上, Gaston²³⁾ は遠位直腸 1/4, 槇³³⁾ は内外括約筋を含めて下部直腸 4~5cm 温存することが望ましいとしている。著者の観察では肛門輪より約 4cm の部で直腸切除した 2 例とも、肛門よりバリウム注入の際漏出がみられたことより括約機能の幾分かの低下が考えられる。しかし便意の認知および直腸内容の識別に関しては極めて良好であった。X 線映画観察より残存せる直腸が感受性の強い下部直腸であり、わずかの拡張でも便意があること、貯留力の大きい直腸膨大部が欠如しているため、残存直腸内に少量の貯留物が入り込んで来てもすぐこの部に拡張刺激を与えて便意が発現し、排便終了後の便の残留感となって排便回数が幾分多くなっているものと推察される。

肛門輪より 7cm 以上口側で直腸切除術を行なった例では糞便自制は、正常対照群と変わらず、X 線映画観察でも安静時あるいは排便時における肛門括約部、直腸および左半結腸の態度は正常対照群と類似したものであった。いずれにしても、直腸切除術においては、多少括約作用を低下せしめるような侵襲を加えても吸収作用および固形糞便として貯留力の秀れた結腸の大半が存在するので、日常生活にはなんらの障害もみられなかった。なお直腸切除群におけるバリウム排出時（排便動作時）の肛門括約部、直腸および左半結腸の態度も正常対照群と同様腹圧が重要な因子であると思われた。

大腸全剝離回腸吻合術において良好な排便機構を確保するためには Lillehei & Wangenstein³⁶⁾ は残される直腸より、切除される回腸末端の長さが大きく作用し、切除される回腸の長さは 30cm

以内にすべきだとしている。林田³⁷⁾ は残存直腸の長短に作用されると述べている。

著者の例における逆 ρ 字形回腸直腸吻合術では直腸はほぼ 10cm 温存されており、糞便自制は良好であった。X 線映画観察でも、逆 ρ 字形ループは術後早期より拡張し、小腸特有の運動亢進はみられず、貯留能としての機能が観察された。ループ作成が回腸末端部における内容停滞を有利にしていること、また括約機能の健全な直腸および肛門部が回腸末端部の運動に対し恒常性に抑制的に働いていることからループの肥大拡張をきたし、吸収能力および貯留能力が増強されたものと考えられる。

大腸全剝離回腸肛門吻合術を行なった際に問題となるのは吸収能、貯留能および括約能の極端な低下である。Ravitch⁸⁾、Devine⁹⁾ は直腸筋層を温存することにより良好な排便機能を得たとし、Karlan³⁸⁾ も、動物実験で直腸粘膜を完全に抜去しても括約作用は全く障害されないと述べている。

著者の例における X 線映画観察では、回腸末端部に蠕動、分節あるいは振子運動といった小腸特有な運動がみられた。また直腸および肛門部にも侵襲が加えられているため便意の認知、腸内容の識別が鈍く括約作用の低下による腸内容の不意な漏出あるいは睡眠中の失禁がみられた。大腸全剝離例の観察は 2 例のみであるが、内容を停留させるべき括約作用の脱落がまた回腸末端部における貯留能の回復を遅らせているものと思われる。便意の認知力が劣っているにもかかわらず、100ml 程度のバリウム注腸で便意をみるのは、注腸により回腸末端が運動亢進し、腸内圧上昇による異物感あるいは便意として感ずるためと思われる。

結 語

正常対照群 14 例および各種直腸大腸切除群 13 例に対し、仰臥位で経肛門的に軟便に相当すると思われる泥状の消化管 X 線造影剤バルギン S2 号を注入し、16mm X 線映画による排便時の直腸、肛門括約部および左半結腸の態度を観察し、次のような結果を得た。

1) 正常対照群においては平均 198ml の注入量で便意の発現をみた。便意発現前における直腸輪郭は切れ込みもふかく、直腸下部にはくびれがみられた。便意発現時には切れ込みは浅く、くびれは消失し直腸下部の下方伸展ならびに拡張がみられた。

2) 排便時には、腹圧の上昇と共に直腸下部はさらに下方にのびしかも拡張され、これが最大に達したときにバリウムの体外排出がみられた。しかし直腸には、小腸にみられるごとく蠕動あるいは分節運動はみられなかった。

3) 排便動作中、直腸肛門部は常に先細りの円錐形を維持していた。従って肛門括約筋は持続的に狭窄状を呈しており、積極的な弛緩を示さないものと判断された。

4) 肛門輪より7cm以上の部で直腸切除術を行なった症例では糞便の自制は極めて良好であった。大腸亜全剝兼逆ρ字形回腸直腸吻合例ではρ字形ループ内に貯留能としての機能が観察され、排便の自制も極めて良好であった。大腸全剝兼回腸肛門吻合例では小腸末端部の運動亢進がみられ、括約能、便意認知力、内容識別力および貯留能の著しい低下がみられた。

文

献

- 1) 杉沢利雄ら：排便時における直腸の電気生理学的ならびに映像工学的観察，第I報，ウサギにおける電気生理学的観察。掲載予定。
- 2) 小野慶一ら：胆汁流出とオッジ筋十二指腸の電気的活動。日本医事新報，**2198**，15-25，1966。
- 3) 小野慶一ら：Film Motion Analyzerによる消化管X線映画の分析。臨床放射線，**13**，293-297，1968。
- 4) 小野慶一ら：二現象同時記録による消化管運動の観察。治療，**50**，2669-2672，1968。
- 5) 小野慶一ら：X線映画定量分析による胃内容排出機転の観察。胃と腸，**3**，429-432，1968。
- 6) 小野慶一ら：X線映画定量分析よりみた各種胃切除術式の評価。外治，**23**，262-270，1970。
- 7) 大内清太ら：潰瘍性大腸炎の手術手技。手術，**24**，1142-1150，1970。
- 8) Ravitch, M.M.: Anal ileostomy with sphincter preservation in patients requiring total colectomy for benign conditions. Surg., **24**，170-187，1948。
- 9) Devine, J. and Webb, R.: Resection of the rectal mucosa, Colectomy and anal ileostomy with normal continence. Surg. Gynec. & Obst., **92**，437-442，1951。
- 10) Rendich, R.A. & Harrington, L.A.: Roentgen kymography of the normal colon, Defecation in man. Amer. J. Roentgenol., **40**，173-179，1938。
- 11) 原田元夫：結腸左半の内容輸送運動と排便運動。日外会誌，**65**，270-283，1964。
- 12) Didio, L.T.A. & Anderson, M.C.: *The "Sphincter" of the digestive system*. 1st. ed., p. 129, Williams & Wilkins, Baltimore, 1968。
- 13) Goligher, J.C. & Hughes, E.S.R.: Sensibility of the rectum and colon, Its role in the mechanism of anal continence. Lancet, **10**，543-547，1951。
- 14) Brossy, J.: Recent advances in the anatomy and physiology of the anorectal region. Surg. Clin. N. Amer., **39**，1391-1397，1959。
- 15) Bacon, H.E.: *Surgical anatomy of the colon, rectum and anal canal*. 1st. ed., p. 126, J.B. Lippincot company, Philadelphia, 1962。
- 16) 日野貞雄：慢性便秘の内科的治療，外治，**18**，533-539，1968。
- 17) Texter, E.C.: Motility in the gastrointestinal tract. J.A.M.A., **184**，640-647，1963。
- 18) 三枝純郎：肛門外科の臨床，初版，7頁，東京，1965。
- 19) 池内 彦：直腸癌に関する研究，第2編排便機構に関する研究，名市大医会誌，**15**，18-38，1964。
- 20) 三好秋馬：便秘の発生病理，外治，**18**，525-532，1968。
- 21) Brody, G.S. & McCorriston, J.R.: Observations on fecal continence mechanism. J.A.M.A., **21**，226-229，1960。
- 22) Bacon, H.E., Ross, S.T. & Recio, P.M.: *Proctology*. 1st. ed., p. 17, Lippincott, Philadelphia & Montreal, 1956。
- 23) 斎藤 涙，掛川功一：大腸異常と便秘。外治，**18**，540-547，1968。
- 24) Weigel, C.J.: Surgical physiology of the colon. Amer. J. Proct., **20**，122-129，1969。
- 25) Gaston, E.A.: Physiological basis for preservation of fecal continence after resection of rectum. J.A.M.A., **146**，1486-1489，1951。
- 26) 佐武安太郎ら：生理学講義，上巻，14版346頁，

- 南山堂, 東京, 1962.
- 27) 門田直幹, 内園耕二: 新生理学, 下巻, 2 版, 501 頁, 医学書院, 東京, 1967.
- 28) Allgower, M.: Surgical intervention on the internal anal sphincter. *Amer. J. Proct.*, **20**, 55-59, 1969.
- 29) Herz, A.F. & Newton, A.: *J. Physiol.*, **27**, 57-65, 1913. 11) より引用.
- 30) 内藤猛徳: いわゆる Cannon 点を中心とする大腸運動の観察. *日外会誌*, **65**, 305-317, 1964.
- 31) Gaston, E. A.: The physiology of fecal continence. *Surg. Gynec. & Obst.*, **87**, 280-290, 1948.
- 32) Gaston, E. A.: Fecal continence following sphincter-preserving operations for rectal cancer. *Amer. J. Proct.*, **12**, 169-175, 1961.
- 33) 槇 哲夫: 消化管における括約作用についての 2, 3 の問題. *日平滑筋誌*, **4**, 131-143, 1968.
- 34) 神森真一郎: 内外肛門括約筋の機能に関する筋電図学的研究. *日大医誌*, **18**, 1-16, 1959.
- 35) 林田健男ら: 興味ある悪性変化を示した大腸ポリープの 1 例, 〈附〉 Anal sphincter preserving operation with normal continence 治療, **44**, 1043-1048, 1962.
- 36) Lillehei, R. C. & Wangenstein, O. H.: Bowel function after colectomy for cancer, polyps, and diverticulitis. *J.A.M.A.*, **159**, 163-170, 1955.
- 37) 林田健男ら: 小腸および大腸の大量切除後の対策, *外診*, **13**, 137-140, 1971.
- 38) Karlan, M. et al.: An experimental evaluation of fecal continence, sphincter and reservoir, in dog. *Surg. Gynec. & Obst.*, **108**, 469-475, 1959.

(1972 年 12 月 25 日受付)