空腸部分逆転吻合術を加えた小腸 大量切除術後の小腸運動

新潟大学医学部小児外科, 同 第二生理*

内 山 昌 則, 岩 瀬 真, 松 田 由紀夫
八 木 実, 近 藤 公 男, 大 谷 哲 士
本 間 信 治*

CHANGES OF INTESTINAL MOTILITY AFTER MASSIVE SMALL BOWEL RESECTION WITH A REVERSED JEJUNAL SEGMENT

Masanori UCHIYAMA, Makoto IWAFUCHI, Yukio MATSUDA
Minoru YAGI, Kimio KONDOH, Satoshi OHTANI
and Sinji HOMMA*

Department of Pediatric Surgery and 2nd Department of Physiology,
Niigata University School of Medicine*

To evaluate the functioning and effectiveness of a 20-cm reversed jejunal segment after 75-80% massive small bowel resection (MSBR), and whether migrating polarity changes or not, we continuously measured the postoperative bowel motility (using bipolar electrodes and/or contractile strain gage force transducers) in interdigestive and postprandial conscious dogs in short- (2-5 weeks) and long-term (6-10 months) after surgery.

The fasting migrating myoelectric (or motor) complex (MMC) arising from the duodenum was often interrupted at the jejunum above the proximal anastomosis and did not migrate smoothly to the reversed segment or terminal ileum. In addition, brief small discordant contractions were frequent in the jejunum above the proximal anastomosis and the proximal part of the reversed segment. The duodenal MMCs predominantly propagated to the ileum through the inherent anatomic continuity of the bowel. These findings of the MMC propagation pattern are very similar in short- and in long-term after surgery. The duration of the postprandial period without duodenal MMC activity was markedly longer in short-term, but shorter in long-term (both were significantly longer than in controls).

Marked dilatation of the jejunum and reversed jejunal segment was noted across the proximal anastomosis.

These results suggest that the transit time and passage of intestinal contents can be delayed and stagnated for at least 10 months after MSBR with a 20-cm reversed jejunal segment.

Although, reports on the polarity of peristalsis in the reversed segment in long-term followup have been contradictory in both experimental and clinical studies, this results support the conclusion that the reversed jejunal segment maintains its inherent propagative polarity and pattern over a long postoperative period.

Key words: Intestinal motility, myoelectric activity, contraction curve, massive small bowel resection (MSBR), reversed jejunal segment

I. 緒

小腸大量切除術後の運動機能は、双極電極による筋電図とフォーストランスジューサーによる収縮曲線で直接的に記録し、早期と遠隔期との変化を分析、解明してきた(内山ら, 1995)。一方、小腸大量切除後は、下痢、脂肪便、消化吸収障害をきたす短腸症候群を呈するため (Pullan, 1959; Grosfeld *et al.*, 1986; 岩渕, 1989)、自己腸管の消化吸収機能を高める目的で小腸大

言

量切除後に付加手術の試みもなされてきた (Thompson *et al.*, 1987)。そのため今回小腸大量切除術に空腸部分逆転吻合術を追加し、術後小腸運動機能の変化より治療効果を検討し、また逆転空腸の MMC の伝播極性が術後遠隔期でも、本来の方向性を保つのか検討した (内山ら, 1991; 1992)。

II. 方

小腸大量切除; トライツ靱帯より約 30-40 cm の部で空腸を切離し、終末回腸を 10 cm 残し、この間の空腸、回腸を切除する 75-80% 小腸切除術 (残存小腸約 40-60 cm) と同時に、残存近位空腸の 20 cm を切離し、逆転し口側部と肛門側部で 2 箇所端々吻合を雑種成犬に行った。電極あるいはフォーストランスジューサーを、十二指腸、空腸口側、吻合部直上空腸、逆転空腸の口側と肛門側、吻合部の肛門側である終末回腸に縫着した (図 1)。術後 2 週間目から 1 カ月の早期に意識下に連続して筋電図や収縮曲線で腸管運動を測定記録した。また同様の大量切除空腸逆転吻合術操作犬を 6 カ月以上当動物実験施設で飼育した遠隔期に、同様に電極あるいはフォーストランスジューサーを縫着し、術後腸管運動を記録分析した。これらの分析結果を電極植え込み術のみの無操作対照と比較した。また施行分析方法は前回報告 (内山ら, 1995) と同様に行った。

法

Fig. 1. Operative procedure and implantation sites for electrodes and/or force transducers. ★ Sites of implantations. Post massive small bowel resection (MSBR) with 20 cm reversed jejunal segment (RJS).

D: Duodenum, J1: Proximal jejunum, J2: Jejunum above the anastomosis, R1: Reversed Jejunum proximal, R2: Reversed jejunum distal, I: Terminal ileum.

III. 結

1. 基礎律動波 (BER), 収縮波の頻度の比較

電極植え込み術のみの対照と、小腸大量切除・空腸逆転吻合術後の早期と、遠隔期の BER を比較した。空腹期の BER は対照で十二指腸 毎分 18-20 回 (平均 19.2 回/分)、空腸上部 18-20 回 (18.8 回)、空腸 17-19 回 (18.2 回)、回腸 13-15 回 (13.6 回) であった。術後早期、遠隔期

果

の BER はそれぞれ、十二指腸で毎分 18-20 回 (早期平均 19.3 回/分、遠隔期平均 18.6 回)、空腸口側で 17-20 回 (18.8 回, 18.3 回)、吻合部直上空腸で 17-19 回 (18.5 回, 17.9 回)、逆転空腸口側で 12-15 回 (13.0 回, 13.9 回)、逆転空腸肛門側で 12-16 回 (13.2 回, 13.9 回)、終末回腸で 10-12 回 (10.4 回, 10.8 回) であり、術後早期と

Table 1. Interval between duodenal MMCs in the fasting state and the postprandial period without duodenal MMCs (time until the first duodenal MMCs after meals). Comparison among controls, the short-term and the long-term after MSBR with RJS.

	空腹期の十二指腸の MMCの間隔		食後期の十二指腸での MMC発現までの時間	
対照・無処置 電極植え込み N = 5	118.4 ± 14.6分 n=145	* *	7.9 ± 1.5時間 n=9	* *
小腸大量切除・ 空腸逆転吻合 術後早期 N = 5	291.8 ± 45.5分 n= 65		22.4 ± 3.6時間 n=17	
術後遠隔期 N = 5	160.5 ± 15.9分 n=118		14.0 ± 2.0時間 n=25	

*P<0.01

遠隔期で各部位の BER 頻度に有差はなかった。対照との比較では終末回腸の BER が有為に減少していた ($p<0.01$)。

2. 小腸大量切除+空腸逆転吻合術後、空腹期の運動

1) 十二指腸 MMC の発生間隔

早期の空腹期の十二指腸 MMC の発生間隔は平均 292 分と、対照の 118 分に比し、著明に延長していた。また遠隔期の十二指腸 MMC の発生間隔は、平均 160 分と、早期に比べ有意に短縮していた (表 1)。

2) 十二指腸 MMC の伝播様式、伝播頻度、伝播極性 (伝播の方向性)

早期では十二指腸に発現した MMC は、空腸口側および、吻合部直上空腸に伝播した。さらに逆転空腸肛門側に伝播し、次に逆転空腸口側に、さらに終末回腸に伝播する本来の解剖学的連続性に沿った伝播と考えられた (図 2-a, b)。

また十二指腸よりの MMC の伝播が吻合部直上空腸で止まることも多く、さらに興味深いことは、吻合部直上空腸から終末回腸へ、直接伝播したと考えられる様式もあった (図 2-a)。周期的な MMC の伝播に加え、吻合部直上空腸や、逆転空腸口側部では、口側吻合部をはさんで不規則な短・大小収縮が頻回に発生した。また逆転空腸肛門側から口側へ伝播すると考えられる短 MMC も頻発した (図 3-a, b)。

遠隔期でも伝播様式は同様で、空腸口側および、吻合部直上空腸に伝播し、さらに逆転空腸肛門側に伝播し、次に逆転空腸口側に、さらに終末回腸へと本来の解剖学的連続性を保って伝播する伝播様式の頻度は 31% と術後早期と変わりなかった。しかし十二指腸に発現した MMC は空腸口側や吻合部直上空腸前に止まることも多くなった (図 4)。

十二指腸 MMC が吻合部直上空腸から、逆転空腸口側、さらに肛門側、次に終末回腸に伝播したと考えられる術後腸管の連続性に沿った伝播もみられたが、術後早期と同様の頻度であった。一方、十二指腸 MMC が空腸吻合部直上より、逆転空腸に伝播する様式と同時に、終末回腸にも伝播したと考えられる MMC があった。

周期的な十二指腸 MMC の他に、吻合部直上空腸や、逆転空腸では、早期と同様に口側吻合部をはさんで不規則な短・大小収縮が頻回に発生していた。また吻合部直上空腸、逆転空腸が、同時に強収縮することもあった (図 4)。

術後早期と遠隔期を比較し、十二指腸に発生した MMC の肛門側への伝播様式と、伝播頻度をシェーマで示す (図 5)。術後遠隔期の吻合部直上空腸への伝播率は 74% で、逆転空腸には伝播しにくく、十二指腸 MMC のうち 43% が口側吻合部までで止まり、これは早期に比べ増加していた。術後の連続性に沿って回腸に伝播す

Fig. 2. Small bowel motility in the fasting state in the short-term after MSBR with reversed jejunal segment; Electrogram.

- a: (recording speed: 2.5 mm/min), Duodenal MMCs propagate to proximal jejunum, jejunum above anastomosis, then to reversed jejunum distal, and reversed jejunum proximal, and finally terminal ileum.
- b: (recording speed: 10 mm/min), same propagation pattern (inherent anatomical continuity)

る様式は7%で、逆転空腸を本来の解剖学的連続性に沿って回腸まで伝播するのは32%と優位で、これは術後早期の基本的伝播パターンと変わらなかった。一方十二指腸MMCが、吻合部直上空腸から、逆転空腸に関与せず終末回腸

に直接伝播すると考えられる頻度は、早期に比し遠隔期では有意に減少していた。

3) 各部位のMMCの持続時間

表2に示すように、十二指腸、空腸口側では持続時間に差はなく、吻合部直上空腸では対照

Fig. 3-a. Small bowel motility in a fasting dog in the short-term after MSBR with reversed jejunal segment; Electrogram and contraction curves.

a: (recording speed: 2.5 mm/min), a duodenal MMC's propagation is interrupted before the jejunum above proximal anastomosis.

Short contractions or MMCs occurred frequently on the jejunum above anastomosis and proximal reversed jejunal segment.

Fig. 3-b. Same time (in a square of the Fig. 3-a), lower recording speed (recording speed: 10 mm/min)

Discordant movements or irregular contractions occur frequently in the jejunum above anastomosis and in the proximal part of the reversed segment across the proximal anastomosis.

Fig. 4. Small bowel motility in a fasting dog in the long-term after MSBR with reversed jejunal segment (recording speed : 2.5 mm/min).

Duodenal MMC often stopes untill the jejunum above anastomosis.

Fig. 5. Diagram of small bowel motility in the fasting state, comparison between in the short-term and in the long-term after MSBR with reversed jejunal segment. The propagation of all duodenal MMCs was pursued to the distal intestine. Propagation pattern of duodenal MMCs and frequency of MMCs propagation to the distal bowel are demonstrate. Propagation pattern that maintains the inherent anatomical continuity is dominant, and frequency in long-term is similar to those seen in short-term, except for high incidence of duodenal MMCs stopped untill the jejunum above anastomosis and the low incidence of direct propagation to the terminal ileum. In addition, discordant movements across the proximal anastomosis are presented.

Gothics ; Long-Term, Italics ; Short-Term.

Table 2. Duration of MMCs of each intestine.
Comparison among controls, the short-term and the long-term after MSBR with reversed jejunal segment (RJS).

分	十二指腸	空腸口側	吻合部直上	逆転空腸		終末回腸
				口側	肛門側	
対 照	10.1	6.7	6.2			6.3
N = 5	n=54	n=68	n=56			n=49
小腸大量切除・ 空腸逆転吻合						
術後早期	10.5	6.5	4.5	4.5	5.1	6.5
N = 5	n=83	n=80	n=72	n=37	n=37	n=26
術後遠隔期	11.6	6.6	5.8	7.1	8.4	8.1
N = 5	n=149	n=136	n=110	n=60	n=61	n=47

* $P<0.01$

に比し術後早期で短縮したが、遠隔期で対照の持続時間に近づいた。逆転空腸では術後早期で逆転空腸の MMC の持続時間が短縮している傾向があった (表 2)。

3. 小腸大量切除+空腸逆転吻合術後、食後期の運動

食餌後 (缶詰肉 200 g 投与後)、十二指腸から回腸まで、それまで見られた強収縮群はなくな

り、活動電位が散発し不規則な収縮が繰り返される食後期となった (図 6)。最初の十二指腸 MMC の発現するまでの時間を食後期の長さとする、対照の 7-10 時間平均 7.9 時間に比べ、早期では食後期が著明に延長し 18-27 時間、平均 22.4 時間であった。遠隔期には食餌後より 9-16 時間で、十二指腸に MMC が発生し、平均 14.0 時間と、早期に比べ有意に短縮していたが、

Fig. 6. Small bowel motility in postprandial state after MSBR with RJS (recording speed: 2.5 mm/min). Arrow; Meal (200 g of commercial meat). MMCs disappear in every intestine after meal, and irregular and weak contractions are observed in every segment. Electrogram.

Fig. 7. Histological findings (cross sections of each jejunum).
a; Proximal jejunum, not so dilatate.
b; Jejunum above proximal anastomosis, markedly dilatate and have a wide cavity.
c; Middle part of reversed jejunum, not dilatate.
Mucosal epithelium of all parts of the jejunum have hypertrophy.

Fig. 8. Morphological finding in the long-term after MSBR with reversed jejunal segment. Jejunum dilatation is seen above proximal anastomosis and at oral part of reversed segment. Upper arrow; proximal anastomosis (oral side). Lower arrow; distal anastomosis (anal side).

対照よりまだ有意に延長していた (表 1)。

また症状的には、逆転を付加しない小腸大量切除術後に比べ(内山, 1995), 術直後から術後早期で、下痢は回数・程度とも軽減した。

4. 術後早期と遠隔期の形態的变化

術後 1 カ月以内の早期では腸管の拡張はみられなかったが、術後 6-10 カ月以上の遠隔期では口側吻合部を中心に、吻合部直上空腸と逆転空

腸口側が拡張し、開腹時には食物残渣が充満していた。また組織的にも、遠隔期には吻合部直上の口側空腸や口側吻合部近くの逆転空腸は拡張し内腔の拡大がみられた (図 7)。逆転空腸の拡張は口側吻合部より約 5 cm 程度であり、逆転空腸の中間部ではほとんど拡張していなかった (図 8)。また遠隔期には、全小腸で粘膜上皮の丈が高くなり肥厚と増殖が見られた (図 7)。

IV. 考

小腸大量切除後の下痢、およびそれに引き続く代償期の腸管運動を、また遠隔期の適応運動を検討するため、小腸大量切除術後、筋電図や収縮曲線を、意識下に長期間連続して記録し、術後早期 (術直後から、約 2 週間～1 カ月)、遠隔

案

期 (術後約 10 カ月～1 年) の小腸運動を比較検討し報告してきた(内山ら, 1995)。この結果より小腸大量切除術後には、早期で周期的運動(十二指腸 MMC 発生周期の延長、食後期の著明な延長) および、残存小腸自体の局所の運動変化

(MMC 伝播速度の減少)により、消化吸収面積の減少に対しての腸内容を保持しようとする代償運動が、また遠隔期には消化管の長さが増加していないものの粘膜上皮の肥大増殖により機能が回復し、局所運動は変化せず(MMC 伝播速度、基礎律動波は変化せず)、周期的運動の改善(十二指腸 MMC 発生間隔や食後期の長さが対照値に近くなる)により適応運動が起こると考えられた。

小腸大量切除後の短腸症候群に対する治療として、空腸部分逆転吻合術は古くから実験的、臨床的に行われており、20 cm 以上の逆転腸管では閉塞症状が現れ、実験的には 10 cm 以下、臨床的には 5 cm 前後の腸管の逆転が適当と考えられるようになった (Vanables *et al.*, 1966; Salma *et al.*, 1976; Warden *et al.*, 1978; Borros 1979; 連ら, 1988;)。しかし、術後の腸閉塞を呈する病態の小腸運動を筋電図や収縮曲線で検討した報告はほとんどなく (Tanner *et al.*, 1978; 和田ら, 1987; Uchiyam *et al.*, 1992; 1994), この長期にわたる病態の変化を、電極やフォーストランスジューサーを用いた小腸運動の解析より解明する必要があった。また短腸症候群に対する逆転腸管の治療効果を腸管運動面より明らかにし、さらに遠隔期での治療効果の可能性や、逆転空腸での MMC の解剖学的蠕動極性 (伝播の方向性) が維持されるか否かについても運動面より明らかにする必要がある、本研究計画を立てた。

小腸大量切除・20 cm 空腸逆転吻合術後 2-4 週の小腸運動を検討したところ、空腹期では十二指腸 MMC の発生間隔が著明に延長し、小腸大量切除術後よりさらに延長していた。十二指腸 MMC の吻合部での伝播障害、本来の解剖学的方向性の伝播様式の優位性、口側逆転吻合部前後での同期しない不調和な収縮運動がみられた。また食後期の著明な延長がみられたが、これは小腸大量切除術後 (内山ら, 1995) と同程度であった。一方、吻合部直上空腸の MMC が直接終末回腸に伝播する (内山ら, 1991; 1992) などの術式にあった適応運動もみられた。

これらより逆転空腸吻合術を加えた場合、小

腸大量切除術後よりさらに腸内容の停滞時間の延長が期待できるが、口側吻合部での機能的通過障害と口側吻合部前後で吻合部直上空腸と逆転空腸に不調和な相互収縮運動が繰り返され、腸閉塞を来すと予想された。

術後遠隔期では、術後早期にみられた空腹期十二指腸の MMC 周期の延長は改善されたが、逆転空腸の MMC 伝播極性は変化せず、本来の解剖学的方向性の優位性、逆転空腸口側吻合部での不調和な収縮運動が持続し、逆転吻合部での MMC 伝播障害が続いた。MMC の肛門側への基本的伝播パターンは早期と遠隔期で変化せず、食後期の延長も続き、腸内容の保持が期待でき食物の貯留能はあるものの、口側逆転吻合部前後で停滞が続き、形態的にも拡張し、機能的腸閉塞を来していると考えられた。

結局、短腸症候群に 20 cm の逆転腸管付加手術をした場合、術後早期には下痢の軽減や腸内容の停滞時間の延長により、吸収を促進し栄養障害を改善する効果が期待できるが、術後長期になると逆転部の伝播極性は変化せず停滞が続き腸閉塞病態が示現されかえって不都合になると考えられた。

また、逆転腸管を 5 cm 程度にした場合は、口側吻合部前後での腸管運動のぶつかり合いと不調和の運動も同様に起こると考えられ、伝播時間の延長と腸内容の停滞が起こるものの、逆転腸管が短ければ内容移動が起き易く、吻合部付近での腸閉塞程度は軽微になると考えられた。これは逆転空腸口側の組織的拡張変化の範囲と臨床的な治療効果報告より推測された。

まとめとして、20 cm の空腸部分逆転吻合術を加えた小腸大量切除術後小腸運動で、早期、遠隔期でも十二指腸 MMC の伝播は本来の解剖学的伝播極性 (逆転吻合空腸部で本来の口側から肛門側へ) を保つ伝播様式が優位であった。十二指腸 MMC が吻合部直上空腸までで止まる頻度が高かった。また逆転空腸部で強収縮波が本来の伝播方向 (術後形態としては口側吻合部方向) に頻発し、逆転空腸での伝播極性は変化しなかった。さらに口側吻合部前後で吻合部直上空腸と逆転空腸の強収縮波が不調和にぶつか

り合い, 機能的腸閉塞を来すと考えられた。

文 献

- Borros D'S AAB. (1979). An experimental evaluation of segmental reversal after massive small bowel resection. *Br. J. Surg.* **66**: 493-500.
- Grosfeld, J.L., Rescoria, F. J. and West, K.W. (1986). Short bowel syndrome in infancy and childhood. *Am. J. Surg.* **151**: 41-46.
- 岩渕 眞 (1989). 短腸症候群. 医学の歩み **149**: 348-352.
- 連 利博, 津川 力, 西島栄治, 小笠延昭, 沢村敏郎, 松本陽一, 木村 健 (1988). 小腸広範囲切除回避手術および短腸症候群に対する腸管逆転術の経験. 日外会誌 **89**: 1382-1386.
- Pullan, J.M. (1959). Massive intestinal resection. *Proc. Roy. Soc. Biol. Med.* **52**: 31-37.
- Salma, J., Bosgiraud, F. and Vayre, P. (1976). Slowing of intestinal transit by 180° axial rotation of a higher intestinal segment after massive resection of the small intestine. *J. Chir.* **112**: 99-106.
- Tanner, W.A., O'Leary, J. F., Byrne, P.J. and Hennessy, TPJ. (1978). The effect of reversed jejunal segments on the myoelectrical activity of the small intestine. *Br. J. Surg.* **65**: 567-571.
- Thompson, J.S. and Pikkers, L.F. (1987). Surgical alternative for the short bowel syndrome. *Am. J. Gastroent.* **82**: 97-106.
- 内山昌則, 岩渕 眞, 八木 実, 大谷哲士, 本間信治 (1991). 小腸大量切除・空腸逆転吻合術後の小腸運動. *Jpn. J. Smooth Muscle Res.* **27**: 389-393.
- 内山昌則, 岩渕 眞, 八木 実, 大谷哲士, 本間信治 (1992). 小腸大量切除・空腸逆転吻合術後遠隔期の小腸運動の実験的検討. *Jpn. J. Smooth Muscle Res.* **28**: 429-432.
- Uchiyama, M., Iwafuchi, M., Ohsawa, Y., Minoru, Yagi, Yasushi, Iinuma. and Satoshi, Ohtani. (1992). Intestinal myoelectric activity and contractile motility in dogs with a reversed jejunal segment after extensive small bowel resection. *J. Pediatr. Surg.* **27**: 686-690.
- Uchiyama, M., Iwafuchi, M., Ohsawa, Y., Yagi, M. Iinuma, Y. and Ohtani, S. (1994). Resulting long-term intestinal motility in dogs following construction of a reversed jejunal segment after extensive small bowel resection. *J. Pediatr. Surg.* **29**: 1335-1338.
- 内山昌則, 岩渕 眞, 内藤真一, 松田由紀夫, 内藤万砂文, 八木 実, 大谷哲士 (1995). 小腸大量切除術後の小腸運動—早期と遠隔期の比較検討— *Jpn. J. Smooth Muscle Res.* **31**: 109-118.
- Vanables, CW., Ellis, H. and Smith, ADM, (1966). Antiperistaltic segments after massive intestinal resection. *Lancet.* **2**: 1390-1394.
- 和田俊洋, 小沢哲郎, 継 行男, 橋村千秋, 村国 均, 名越大起, 肥後平一郎, 坂元信之輔 (1987). 小腸広範囲切除後分節腸管を加えた小腸運動機能の筋電図学的研究. 日本平滑筋誌 **23**: 265-268.
- Warden, MJ. and Welsley, JR. (1978). Small bowel resected procedure for treatment of the "short gut" baby. *J. Pediatr. Surg.* **13**: 321-323.

(受付 平成7年10月12日; 受理 平成7年11月8日)