

電気メス使用の結腸縫合創治癒に 及ぼす影響に関する実験的研究

和歌山県立医科大学消化器外科 (主任教授: 勝見正治)

森 本 悟 一

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE HEALING OF COLONIC SUTURES FOLLOWING ELECTROSURGICAL INCISION

Goichi MORIMOTO

Department of Surgery (Gastroenterological Division), Wakayama Medical College

(Director : Prof. Masaharu KATSUMI)

雑種成犬95頭を用いて、その結腸に外科刀と電気メスを組合せた4種類の切開を加え、Gambee 一層縫合を行い、縫合創治癒を比較した。結腸全層を電気メスで切開した場合には、約17%に縫合不全の発生を認めた。しかし、粘膜・粘膜下層のみ、または漿膜・筋層のみに電気メスを使用し、その他の層に外科刀を使用すると部分的に少し創治癒の遅れる所はあるが、縫合不全発生率、耐圧試験成績では、外科刀のみを使用した場合と比べほとんど差のない値を示した。したがって電気メスは使用方法のいかんによっては、消化管の縫合を要する部分の切離または切開に充分安全に使用できると考えられる。しかし従来一般に考えられるごとく、全層の電気メス切開は縫合創治癒を遷延させ、その使用はさけるべきである。

索引用語: 結腸, 電気メス, 創傷治癒

I 緒 言

外科学の分野において、新しい医療機器が数多く利用され、またその果す役割は大きい。その中であって電気メスは半世紀の昔、すでに Bovie (1927) によって世に送り出され、Cushing¹⁾ により脳手術に使用されて以来、改良を重ねながら現在もなお広く利用されており、東 (1970) による全国の施設のアンケート調査では、約90%の普及率であるという。電気メスの生体に及ぼす影響については、Magyary²⁾ (1931) や的埜³⁾ (1938) が皮膚、骨格筋、肝、腎等について詳細な組織学的検索を行い、一時的壊死層とともに二次的変性層の存在を指摘している。また電気メス使用による創治癒への影響については、Hauberrisser⁴⁾ が創治癒は遅れ、創哆開の危険があると述べ、現在これが一般に信じられている。しかし Magyary²⁾ は電気メスを使用しても創治癒にそれほど影響はないと述べ、また Rosin⁵⁾ はラットの胃の切開縫合創の研究より、電気メスを使用した創に壊死部分の存在

による創治癒の遅れがあると述べながらも、人の消化管手術に電気メスを使用しても何ら問題の起こっていない事実を認めている。電気メスには捨てがたい止血効果があり、高い普及率とともに特別な技術は不要で、手軽に使用できる利点がある。そこで著者は消化管中縫合不全の発生頻度の最も高い大腸縫合予定部に電気メスの使用が安全であるのか、もし使用するならいかなる使用法が適当か、について以下の実験的研究を行なった。

II 実験動物、方法ならびに検索項目

雌雄雑種成犬95頭を用いて GOF 挿管麻醉下に無菌的に開腹し、結腸の腸間膜の腸間膜附着部対側で互いに約10cmの間隔をおいて、2カ所に約半周の全層切開を加え、atraumatic needle つき polyglycolic acid 糸3-0を用いすべて縫合糸間隔4mm⁶⁾の Gambee⁷⁾ 一層縫合をもって閉鎖した。結腸の切開の方法により以下の4群に分け検討した。

1群: 外科刀により結腸全層を切開した群 (以下G

I)

2群：電気メスにより結腸全層を切開した群（以下G II）

3群：結腸漿膜・筋層を外科刀により切開の後、粘膜下層・粘膜を電気メスにより切開した群（以下G III）

4群：結腸漿膜・筋層を電気メスにより切開の後、粘膜下層・粘膜を外科刀により切開した群（以下G IV）

電気メスは東京医科電機製 Model-GT を使用し、切開および凝固の混合目盛にセットした。電気メスの先端出力は各機器により不一致でまた製造上の基準もない⁹⁾とされるため通常の外科手術で行われるように目測により最も止血効果があり、また同時に切開能を十分に得られる最少出力の凝固および切開の出力目盛をそれぞれ選び、本実験はすべてこの目盛に固定して行った。

術後第1・3・5・7日目に屠殺剖検して以下の項目について検索した。

A. 切開方法別止血効果

止血効果を見るため雑種成犬3頭を用いた。この検索項目についてのみ、同一犬の結腸の4カ所にそれぞれ、G I・G II・G III・G IVの4種の切開方法を行い、肉眼により判定、検討を加えた。

B. 縫合創部の検索

1) 肉眼所見

a) 癒着

160縫合部について次の score にしたがって癒着の程度を評価判定した。

0点：縫合部漿膜面に全く癒着がない。

1点：縫合部漿膜面の一部に癒着がある。

2点：縫合部漿膜面の全部に癒着はあるが、縫合部以外には、ほとんど癒着がみられない。

3点：縫合部漿膜面の全部および縫合部以外にも広く癒着がみられる。

b) 縫合不全

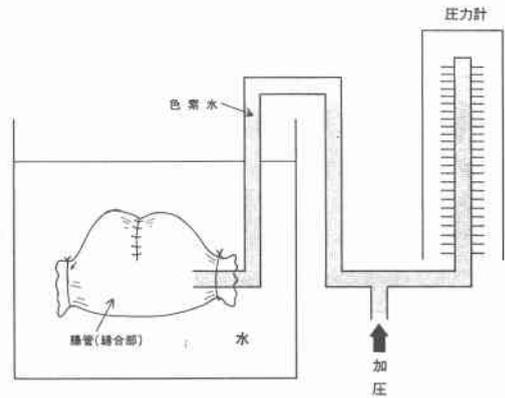
屠殺剖検時に肉眼的に見出し得る瘻形成、縫合創哆開例を縫合不全と判定し、膿瘍形成、腹膜炎の併発も加味して検索した。

2) 耐圧試験

屠殺後すぐに結腸縫合部を中心に約10cm の結腸を切除し、癒着はできるだけそのままとし、切除腸管の一方を盲端として他方より色素水（methyleneblue 溶液）を静かに注入加圧し、水槽中にて色素水の漏れる時の圧を、色素水に接続した水銀圧計により測定した（図1）。

3) 微細血管像

図1 耐圧試験法



星野ら⁹⁾の局所循環法に準じて、heparin 化した雑種成犬より縫合部を含む結腸を切除し、A. mesenterica cranialis と A. mesenterica caudalis の両方より cannulation を行い、これより10% dextran 500ml, 2% xylocaine 20ml, heparin 5,000単位による灌流を行った後、20%硫酸バリウム流動液 (Micropaque[®]) に5%の割合に gelatin を混和、37~38°C に加温して約180cmH₂O の圧で注入。これを10% formalin 液で固定した。縫合部を中心に約2cm 長の結腸を切除し freezing microtome により1mm の厚さの切片3枚を作成して、超軟線X線発生装置 Softex (Softex 社製 Type CMB) により撮影した。

4) 組織所見

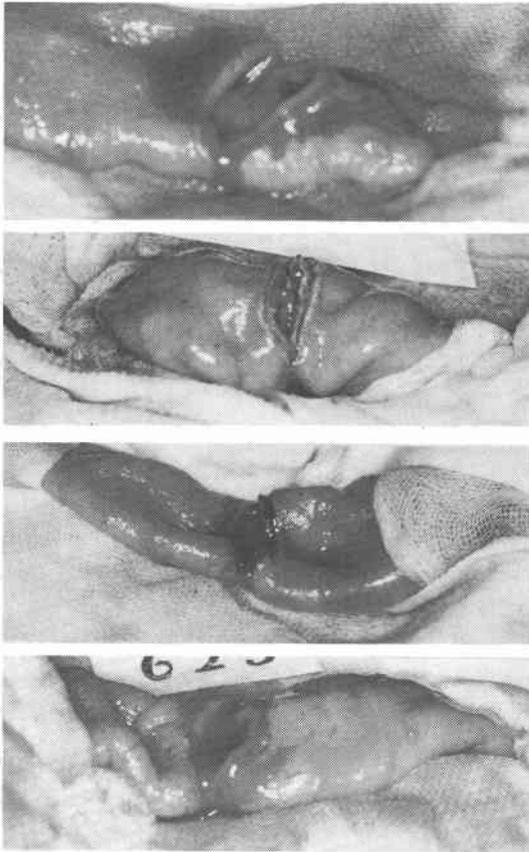
縫合部を含む切除腸管の微細血管像を造影した後、その標本の一部で Hematoxylin-Eosin 染色標本を作製した。

III 結果

A. 切開法別止血効果

外科刀により犬結腸の腸間膜付着部対側を切開すると、出血は主に粘膜下層にみられ、漿膜下層および筋層からの出血はやや少い。一方電気メスによる切開の場合は、漿膜下層および筋層からの出血は完全に止血される。しかし粘膜下層からの出血はまれに充分止血されないものもあった。電気メスの使用法の違いによる各群相互間の止血効果の比較では、G II, G III, G IV, G I の順に止血効果は良好であった。G II はほぼ完全に止血され、G II, G III では出血が縫合操作の障害となることはない。G IV は G III に比して出血はやや多く、幾分縫合操作にとって障害となる事はあるが、G I に比べると出血

写真1 結腸切開直後の出血, 上から順にG I, G II, G III, G IV



は少ない. G Iでは出血が多く何らかの止血操作を追加しなくては, 円滑な縫合操作は行えない(写真1).

B. 縫合部の所見

1) 肉眼所見

a) 癒着

術後1日目でG I, 1.0点, G III, 0.7点に比べ, G II, 1.7点, G IV, 1.2点とやや高い score を示す. 経日的にはG Iでは術後1日目1.0点, 3日目1.1点, 5日目1.6点, 7日目1.8点と次第に増加してゆく. G IIでも術後1日目1.7点, 3日目1.3点, 5日目1.8点, 7日目2.4点と同様な増加の傾向を示すが, 全体に高い score を示した. G III, G IVについてもその増加の傾向はG IやG IIと同様な傾向であるが, G IIIはG Iと, G IVはG IIとそれぞれ同程度の score を示した. したがって術後7日までの癒着は漿膜面すなわち漿膜・筋層に電気メスを使用したG II, G IVの方が外科刀を使用したG I, G IIIに

比べ, より増強される傾向を示した. G II, G IVを合せた score (平均) をみても術後1, 3, 5, 7日目でそれぞれ, 1.0点, 1.5点, 1.9点, 2.2点で, 同様にG I, G IIIを合せた経日的な score は, 0.9点, 1.1点, 1.5点, 1.7点となり, 両者の間には約2日間の差をみせながら術後7日目まで癒着の増加がみられた(図2, 表1).

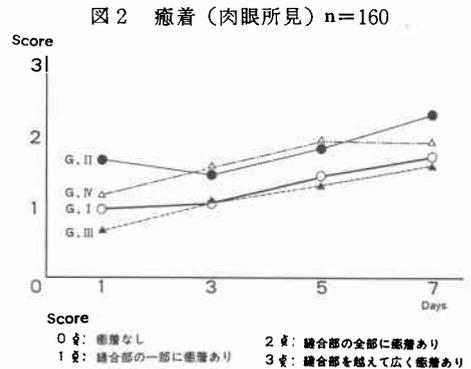


表1 癒着(肉眼所見) score の平均値

群	術後日数			
	1	3	5	7
G. I	1.0	1.1	1.6	1.8
G. II	1.7	1.3	1.8	2.4
G. III	0.7	1.1	1.4	1.6
G. IV	1.2	1.6	2.0	2.0

b) 縫合不全

縫合不全(瘻形成)を起こした6縫合部について, 縫合不全を起こさなかった160縫合部とあわせて検討した. 犬結腸2カ所縫合のためいずれか一方が縫合不全を起こした場合は, 当然他方へも何らかの影響を及ぼすことを考え, 一方が縫合不全を起している時の他方の縫合部は検討の対象から除いた. 2カ所の縫合部が同時に縫合不全を起していた例はなく, したがってとくに全身的な因子が縫合不全に関与した可能性は少ないと考えられる. 166縫合部についてみると, 術後7日までの屠殺剖検例ではG I, G IVには縫合不全例は見出されず, G IIでは4縫合部に縫合不全を認め, 術後3日目の11縫合部中1縫合部(9.1%), 術後5日目に12縫合部中2縫合部(16.7%), 術後7日目に11縫合部中1縫合部(9.1%)であった. G IIIでは2縫合部に縫合不全を認め, 術後5日目に11縫合部中1縫合部(9.1%), 術後7日目に11縫合部中1縫合部(9.1%)であった. 全群を通じ術後3日目に1縫合部, 術後5日目に3縫合部, 術後7日

目に2縫合部と術後5日目に最も多くの縫合不全例を認めた。またその程度については術後3日目および7日目の3縫合部はともに詳細な検索により、やっと見出される程度の瘻形成であるのに対し、術後5日目、G IIにみられた縫合不全2例は共に汎発性腹膜炎を続発した縫合部哆開例であった。G IIIの1例は小さな瘻形成と漿膜部癒着がやや強い程度のものであった。G IIに縫合不全の危険が最も大きく、術後5日目前後に起こりやすいと云える。G IIIとG IVの比較ではG IIIの方にだけ瘻形成がみられたが、2例ともその程度は軽く、加えて剖検により見出された程度の軽いものであること、一方G IVは全体に癒着が強く、剖検の際肉眼的に瘻形成の判定がむづかしいことを考えれば、両者の間にはっきりした差と評価しがたい(表2)。

表2 縫合不全例数(肉眼所見) n=166

群	1	3	5	7	0
G.I	9/10	9/10	9/10	9/10	0
G.II	0/10	1/11	2/12	1/11	4
G.III	9/10	9/10	1/11	1/11	2
G.IV	9/10	9/10	0/10	9/10	0
	0	1	3	2	6

2) 耐圧試験

縫合不全例を除く64縫合部について耐圧試験を行なった。術後1日目では、105~133mmHgと著明に低下する。いずれの群においても術後3~5日目にかけて急速な耐圧値の増加が認められた。術後5日目では、G IVが245mmHgと最も高値を示し、G IIでは225mmHgと4群の間で最低値を示した。正常雑種成犬の結腸漿膜亀裂圧は約300mmHg¹⁰⁾と云われるが、術後7日目のG I, G III, G IVの耐圧試験値は、これを越え340~358mmHgの高値に達する。しかしG IIのみはなお280mmHgにとどまる。G I, G III, G IVには互いにはほとんど差を認めず、同様な傾向で耐圧試験値は復元してゆくが、G IIは術後3~7日目にかけて他の3群よりも20~50mmHgも低値を示し、術後7日目において最も大きな差となる。術後日数の面からみても1日~1日半の治療過程の遅れとなるが、推計学的な検討では耐圧試験の実測値程の差はなく、4群共相互に有意の差は認められなかった(表3, 図3)。

3) 微細血管像(無血管領野)

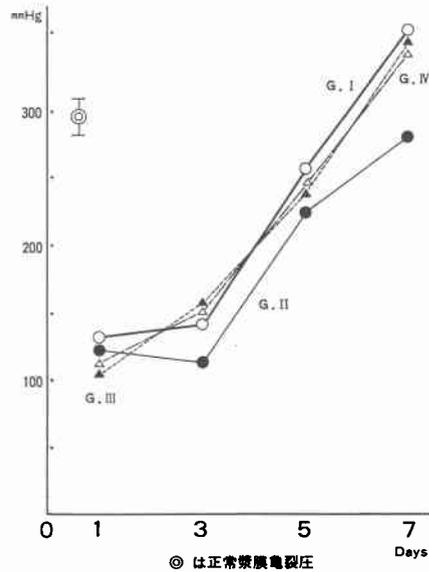
犬結腸縫合部の結腸壁の断面(厚さ1mm)を微細血管像によりみると、術後1日目より術後3日目頃までは、不整形の大きな無血管領野が縫合部に一致して介在

表3 耐圧試験値 n=64

群	術後日数			
	1	3	5	7
G.I	132.5±13.8	142.5±21.0	245.0±13.2	357.5±10.3
G.II	122.5±11.1	115.0±15.0	225.0±16.6	280.0±25.5
G.III	105.0±10.5	157.5±28.9	240.0±13.5	350.0±17.8
G.IV	120.0±7.1	152.5±27.8	257.5±11.9	340.0±15.8

M.±SE mmHg

図3 耐圧試験値の術後変化 n=64

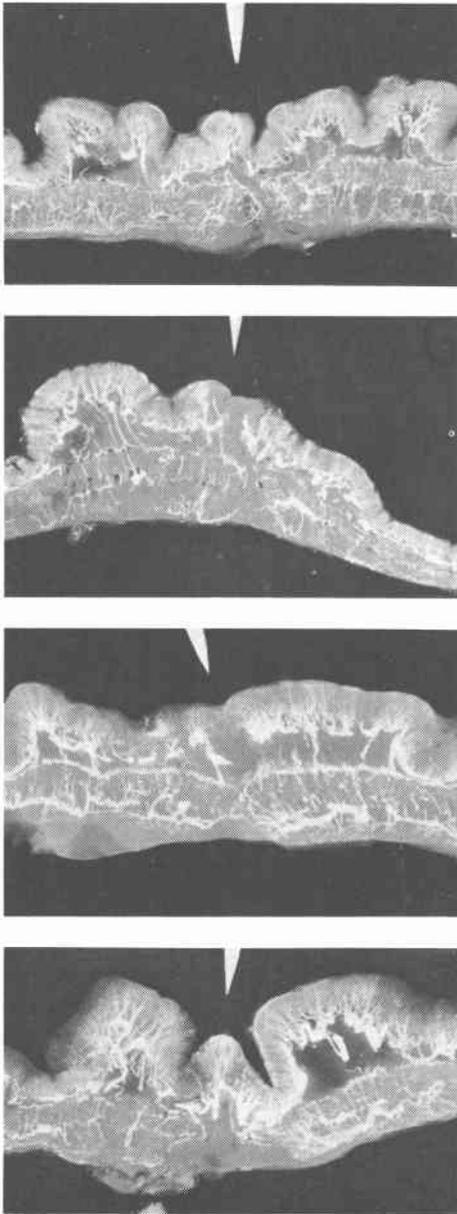


している。術後3日目以後に新生血管が次第にみられるようになると共に、その形も円形または腸管の長軸方向に短い楕円形になり縮小傾向を示す。この無血管領野は電気メスの使用部に一致して、すなわち粘膜下層ではG II・G IIIに、漿膜下層・筋層ではG II, G IVに大きい、経日的な縮小の傾向も電気メスを使用した各層では遅れ、特に電気メスを使用した筋層では最も遅れる(写真2, 3)。

電気メスによる犬結腸への局所的影響としてその微細血管像上の無血管領野を取り上げ、これを客観的に評価するために結腸の粘膜・粘膜下層と漿膜下層・筋層の別にそれぞれ長軸方向に、無血管領野の最大値を測定した。標本は1縫合部より3片を作成し各測定値の平均値で表わした(図4)。

粘膜・粘膜下層においては、電気メスを使用したG II・G IIIでは明らかに腸管長軸方向に幅の広い無血管領

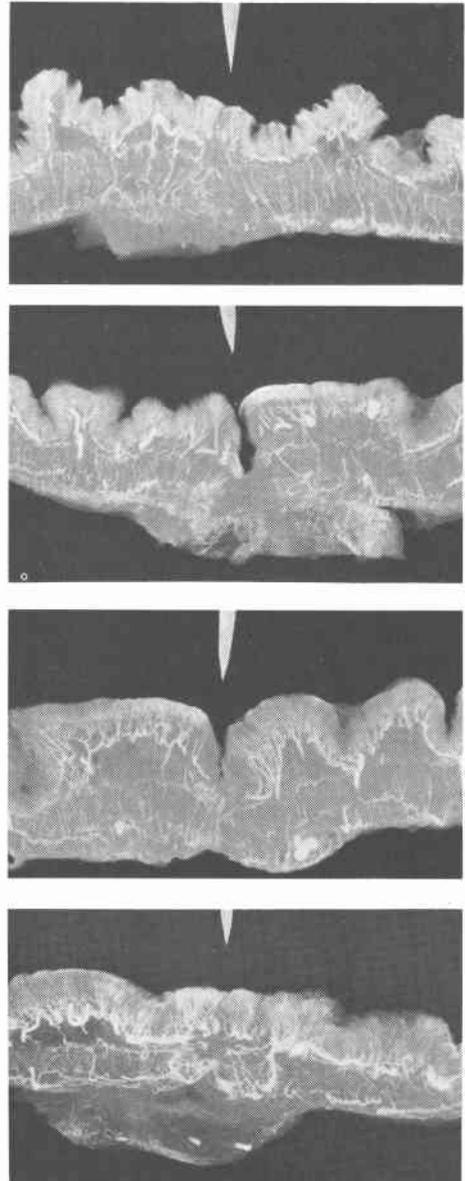
写真2 術後3日目の微細血管像, 矢印は縫合部, 上から順にG I, G II, G III, G IV



野を有し, また漿膜下層・筋層では, 同様に電気メスを使用したG II, G IVに大きな幅の無血管領野を認める.

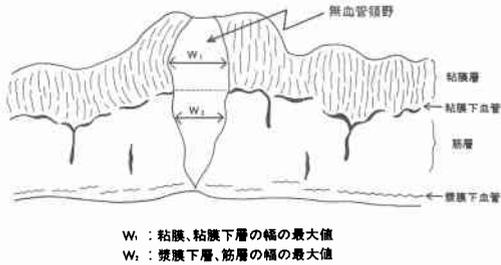
粘膜・粘膜下層についてみると, 術後1日目において電気メスを使用していないG I・G IVでは0.4~0.7mm幅の無血管領野に対し, 電気メスを使用したG II・G IIIでは1.9~2.4mmと幅の広い無血管領野である. 生物学

写真3 術後5日目の微細血管像, 矢印は縫合部, 上から順にG I, G II, G III, G IV



的癒合のすでに始まっていると考えられる術後5日目においては, G I・G IVでは, 無血管領野が0.5mm幅であるのに対し, G II・G IIIでは1.2~1.3mm幅となお大きな無血管領野が存在している. この傾向は術後7日目においても同様に認められる. G IIにおいて術後1日目より3日目に向って無血管領野の増大の傾向が認められた.

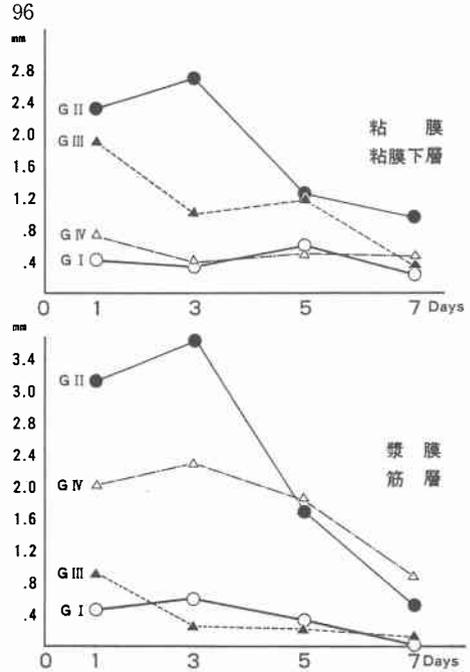
図4 無血管領野の計測法



漿膜下層・筋層においても同様に、術後1日目では電気メスを使用しなかったG I・G IIIで0.5~1.0mm幅の無血管領野に対し、電気メスを使用したG II・G IVに於ては、2.1~3.1mmと幅の広い無血管領野となり、G I・G IIIは漸次縮小するがG II・G IVは術後3日目までむしろ増大し、その後縮小する。しかし術後5日目では1.7~2.0mm、術後7日目でも0.6~1.0mmとなお大きな幅を有する無血管領野となっている(表4, 図5)。

推計学的には、粘膜・粘膜下層の無血管領野は術後1日目でG IとG II (p<0.05), G IとG III (p<0.05), G IIとG IV (p<0.02), G IIIとG IV (p<0.05) の間に差が認められ、これが術後3日目には一層著明で、G IとG II (p<0.01), G IとG III (p<0.01), G IIとG IV (p<0.05), G IIIとG IV (p<0.05) の間に有意の差を示した。すなわちいずれも電気メスを使用した部分と外科刀を使用した部分の間に差を認めた。しかし5日目以後になると推計学的に差は認められなかった。漿膜下層・

図5 微細血管像による無血管領野の術後推移 n=96



筋層の無血管領野も同様に、術後1日目ではG IとG II (p<0.05), G IとG IV (p<0.02), G IIとG III (p<0.05), G IIIとG IV (p<0.05) の間に差があり、術後3日目ではG IとG II (p<0.01), G IとG IV (p<0.05), G IIとG III (p<0.001), G IIIとG IV (p<0.05) の間に差は、はっきりしてくる。そして術後5日目および7日目では差が認められなくなる。ただG IとG IIの間に7日目において差が出たが (p<0.05), 外科刀で切られた漿膜下層・筋層の無血管領野はほとんど消失する為と思われる。いずれの層においても、電気メスを使用した層と、電気メスを使用しなかった層(外科刀を使用した層)の間に有意差が認められ、この傾向は術後3日目に著明であった(表5)。

4) 組織所見

術後1日目では、外科刀切開後の縫合部に細い壊死部があり、多核球の遊出, fibrin の析出, 血管の拡張等の炎症性細胞浸潤や急性炎症反応が中心で浮腫を伴っている。電気メスを使用したG IIの全層, G IIIの粘膜・粘膜下層, G IVの漿膜下層・筋層において、変性ないし壊死部が縫合部に大きく存在し、著明な浮腫を伴う炎症性細胞浸潤も認められ、粘膜・粘膜下層にやや強い傾向を示す(写真4a)。

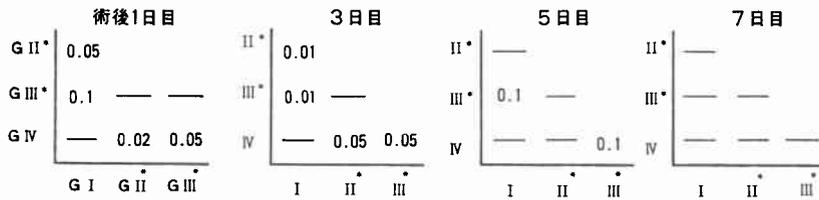
表4 微細血管像による無血管領野の計測値

粘膜・粘膜下層 n=96					
群	術後日数				M±SE mm
	1	3	5	7	
G. I	0.43±0.12	0.38±0.15	0.47±0.09	0.22±0.08	
G. II	2.35±0.50	2.68±0.58	1.26±0.53	1.15±0.45	
G. III	1.92±0.36	1.08±0.13	1.22±0.25	0.32±0.19	
G. IV	0.70±0.15	0.43±0.23	0.45±0.29	0.40±0.40	

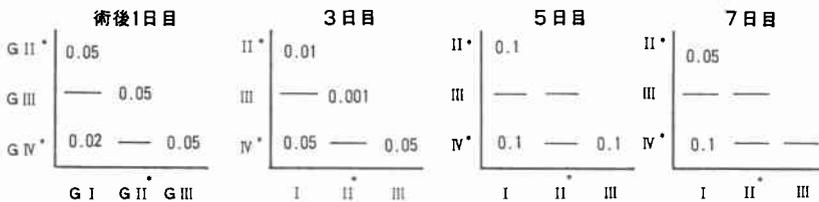
漿膜・筋層 n=96					
群	術後日数				M±SE mm
	1	3	5	7	
G. I	0.47±0.12	0.58±0.21	0.27±0.27	0±0	
G. II	3.10±0.68	3.65±0.75	1.74±0.48	0.62±0.27	
G. III	0.98±0.60	0.33±0.16	0.34±0.50	0.12±0.12	
G. IV	2.05±0.38	2.43±1.04	1.98±0.65	1.02±0.53	

表5 無血管領野の推計学的検討, 縦軸と横軸のそれぞれの群について比較

(粘膜・粘膜下層)



(漿膜・筋層)



(・印は電気メスを使用)

写真4a 粘膜・粘膜下層を電気メスで切開した群 (G III) の術後1日目の縫合部 (×40)

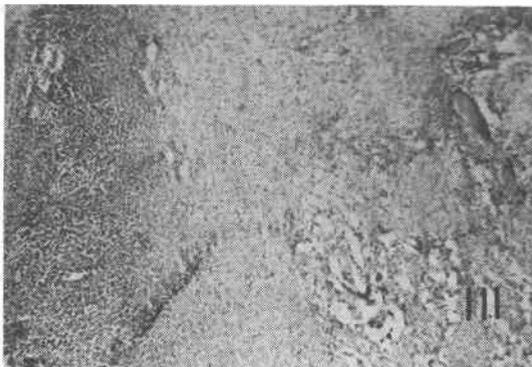
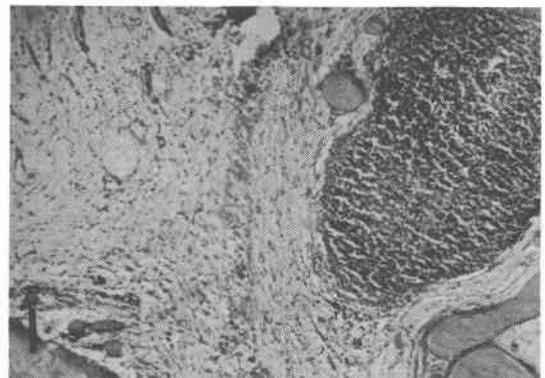


写真4b 上: 外科刀切開 (G I), 下: 粘膜・粘膜下層を電気メスで切開 (G III) した群の共に術後3日目の縫合部 (×40)



術後3日目では、外科刀を使用した層の壊死部はわずかで、浮腫も消退してくるが、炎症性細胞はなお存在する。線維芽細胞もみられはじめる。電気メスを使用した層では、変性ないし壊死部がなお大きく存在し、炎症性細胞浸潤がやや強い傾向を示す。浮腫もなお存在する。線維芽細胞はみられるものの、外科刀を使用した層に比べ少ない (写真4b)。

術後5日目の外科刀使用群では、浮腫や血管の拡張等の炎症像は、消退傾向を示すが、電気メスを使用した層では壊死部は縮小を認めるものの、縫合部になお存在している (写真4c)。

術後7日目では、外科刀・電気メスいずれを使用した群においても炎症はかなり消退し、肉芽の増生とみられ

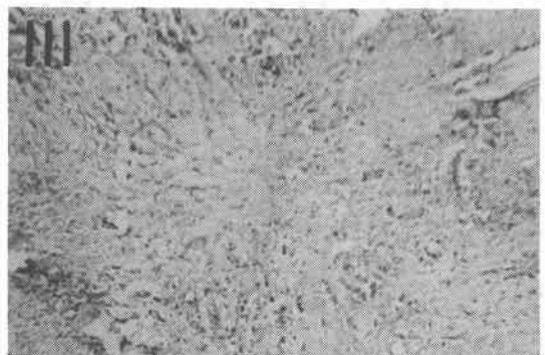


写真4c 外科刀で切開した群(G I)の術後5日目の縫合部(×40)



写真4d 漿膜・筋層を電気メスで切開した群(G IV)の術後7日目の縫合部(×40)



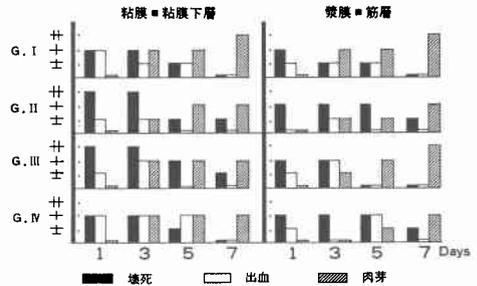
る所見がある。しかし電気メスを使用した層では、なお縮小した壊死部が縫合部に存在しているものがあり、筋層において最も多い(写真4d)。

全体に電気メスを使用した層では変性ないし壊死部分が縫合部に介在し、炎症・浮腫が強く、線維芽細胞の出現、肉芽の増生もた遅れる傾向を示した(図6)。

C. 死亡犬の検討

対象とした雑種成犬95頭中電気メス、外科刀の止血効果の判定に用いた3頭を除いた92頭の中、6頭が術後7

図6 組織所見による壊死、出血、肉芽再生の程度



日目までに死亡した。剖検時所見より、縫合不全により汎発性腹膜炎を起こして死亡したものは、術後4日目に1例あり、これはG IIに属するものであった。他は麻酔が原因と考えられるもの2例、術後拒食による全身衰弱によるもの2例、全身衰弱の上にイレウス症状を呈し死亡したもの1例であった。縫合を行った92頭の死亡率は6.5%、縫合不全による死亡率は1.1%であった(表6)。

表6 死亡犬の内訳

No.	生存日数	原因	縫合不全
36	1	麻酔死	-
130	6	衰弱	-
352	4	腹膜炎	+
361	1	麻酔死	-
460	6	衰弱	-
590	7	イレウス	-

死亡率 6.5%(6/92)
縫合不全による死亡率 1.1%(1/92)

IV 考 察

現在電気メスには、その高周波の出し方により、ギャップ式、真空管式およびトランジスター式が採用されており、これに変調を加えることにより切開、凝固、混合を使い分けられている。従って変調によって生体への影響にも差があると考えられるため、本実験では、終止同一電気メスを使用し、かつ同一目盛に固定することにより電気メスの出力を一定に保つようにした。まず電気メスの止血効果を外科刀を併用して、その切開方法により検討した。直径2mm以下の血管の止血は、電気メスで充分であるといわれている³⁾が、犬結腸においては電気メスで充分止血される。手術野の出血の少ないことは縫合操作がより確実、かつより迅速に行われることにつながり、大きな利点となるが、G IIのように結腸全層を電気メスで切開すると、粘膜・粘膜下層と筋層・漿膜下層が一塊となり、Albert縫合のように全層に針をか

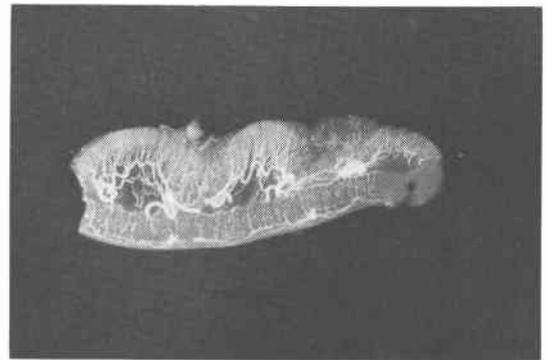
ける場合は問題がないとしても、end-on suture とくに Gambee, Jourdan¹¹⁾ らのように粘膜・粘膜下層と筋層・漿膜下層をそれぞれ別々に操作して断端の接合を重視する縫合法の場合に不都合となりやすい。また断端も組織変性のため非常に脆くなっている。GⅢ、GⅣのような電気メスの使用法では、粘膜・粘膜下層と漿膜下層・筋層が一塊となることはなく、手術操作上も問題なく容易に断端の接合が可能で、しかも止血効果も充分満足できるものであった。

縫合部の肉眼的所見の第一の問題になる癒着の原因としては、機械的損傷、細菌感染、縫合糸やタルクなどの異物、乏血、乾燥等多くの因子が指摘されている¹²⁾。またその発生機転について、小田¹³⁾は腸管漿膜に抗 thrombin 様作用の存在と漿膜下層・筋層の thrombin 作用により fibrin の折出を促進すると指摘しており、漿膜面には線維性膠着抑制作用が考えられる。また Gervin¹⁴⁾ は fibrin 析出後の fibrinolytic activator activity が低下すると述べ、線維素が吸収され難いことを指摘したが、fibrinolytic activator activity の低下と腸管漿膜の癒着の間に相関関係はないとするものや¹⁵⁾、fibrin に対する macrophage の関与を指摘するものも¹⁶⁾いる。電気メスがこれらの機転のいずれかに影響を与えることも当然考えられる。Rosin⁹⁾ らは外科刀に比べ電気メスの胃全層への使用により、術後5日目まで癒着が増強されるが以後は大差がないと報告している。本実験では、電気メスを漿膜面へ使用した群(GⅡ、GⅣ)では高度の癒着を示しており、術後7日目においてもなお、高度の癒着を認めた。Kwaan and Astrup¹⁷⁾ が2~3週目に著しい線容活性の増強を認め、Peterson¹⁸⁾ らは第5週目に最大の活性を認めることから了解できる。GⅡとGⅣではともに漿膜・筋層に電気メスを使用しているが、GⅠとGⅢではいずれも漿膜・筋層に電気メスを使用していないことから、漿膜・筋層に電気メスを使用したか否かによって、漿膜面への癒着に差が生じたと理解する。このことから結腸縫合部癒着には幾つかの原因が考えられるとしても、電気メスの結腸漿膜への使用は結腸縫合部癒着の原因の1つとなっているといえる。また、漿膜損傷よりも局所組織の乏血状態による癒着の増強を指摘するもの¹⁹⁾もあり、電気メスの使用により、漿膜側の変性、漿膜下層・筋層の縫合部の変性壊死の介在も関与していると思われ、それが長く残ることにより、線維性膠着も遷延され、固定される可能性も考えられる。

消化管の創治癒過程は諸家の報告によれば、縫合初期

には縫合糸の物理的な抗張力によって縫合部は互いに接合されているが、術後日数の経過とともに縫合糸による物理的接合は次第に減弱するが、一方縫合部においては、上皮の再生、collagen の新生強化等が起こって、生物学的な癒合が進行して、やがて物理的な接合は、生物学的な癒合に移行する。この物理的な結合力と、生物学的な結合力の総和が縫合部の強さである²⁰⁾といわれ、その最も弱い時期は両者の移行部である術後3日目前後とされている^{21)~23)}。本実験では術後3日~7日目に剖検により縫合不全(瘻形成)が確かめられたが、腹膜炎を併発した2例は術後5日目に見出され、いずれもGⅡで、12例中2例(約17%)であった。これら2例は術後3日目以後進行するはずの生物学的癒合が遅れるので創傷開に移行したと見られ、その原因として、電気メスを結腸全層に使用したことが考えられる。したがってGⅡではそのまま縫合すると縫合不全の可能性が他の群に比べ大きいとGⅠ、GⅢ、GⅣのいずれかの方法で再切除して縫合することが望まれる。電気メスを使用した直後は、断端より2~3mmまで電氣的な影響を受けている²⁴⁾といわれ、著者が行った微細血管像からみても切開直後には粘膜・粘膜下層で3.0mm、漿膜・筋層で2.5mmの幅の無血管領野を認めており(写真5)、術後3日目

写真5 電気メスによる結腸全層切開直後の微細血管像(右端)



まではそれが拡大する傾向を認めた。縫合には少なくとも断端3mm以上の再切除は必要であると考えられる。電気メスを全層に使用しない群(GⅠ、GⅢ、GⅣ)では創傷開例はなく、わずかにGⅢに瘻形成例2例をみるのみであった。これらの瘻形成の判定はかなり厳しく行い、瘻形成による癒着や炎症所見が漿膜面に伴っていないと、肉眼的に疑わなければ、これを瘻形成と判定し

た。また電気メスの性格からみて、その使用が瘻形成の第一の原因と考えがたくむしる腸内容、内圧等の他の因子が瘻形成に関与した可能性がより強いと考えられる。特に本実験では術前の腸内容の処理は自然排便によるのみで、特別な処置は何も行わず、術前、術後の抗生剤の投与も行っていない。Madden²⁵⁾ らによれば電気メスの使用部は細菌感染に弱いといわれる。したがって粘膜面に糜爛や炎症の起こりやすい電気メスの粘膜面への使用に対し、腸内容の処理は不可欠の条件となる。しかしこの条件を満せば、内腔に直接さらされる部分は、たとえ壊死となっても、それが脱落するまでは「おおい」としての役割を果す²⁶⁾、といわれ充分癒合を期待できる。

耐圧試験では、縫合糸による物理的な接合が生物学的な癒合に移行する術後3日目前後に最低値を示し、その後急速に改善してゆくといわれ²¹⁾²²⁾、正常漿膜の亀裂圧(約300mmHg)に達するには術後5日以上を要する。G IIにおいては電気メスによる変性ないし壊死部が縫合部に介在し、生物学的癒合がたち遅れる反面、この変性壊死の存在、局所の血行障害、感染、さらに電気メスによる直接的な局所損傷などにより癒着が増強され、耐圧値を補足するように働き、その結果として耐圧値はG Iに比べ1~2日の遅れを示しながら回復してゆく。しかしながらG III、G IVのように粘膜、粘膜下層または漿膜、筋層のいずれか一方を外科刀により切開しておけば、この部の創治癒は良好であるために耐圧試験の面からみると、外科刀使用群(G I)とほとんど変らない経過を示している。腸内圧に対しては粘膜・粘膜下層又は漿膜・筋層のいずれか一方の治癒が順調に経過すれば、充分な耐圧値を示すものと考えられる。事実、推計学的にも4群の間に互いに有意差は認めず、4群の中最低値を示したG IIにおいても縫合不全を起こした2例を除けば他は推計学上外科刀を使用した場合と差のない耐圧値を得ている。組織学的検索や局所の血行状態の観察やcollagen量の測定等のmicroscopicまたはchemicalな研究はともかくとして、ただ単に物理的な創治癒の判定法の1つとして耐圧試験をみるなら²⁷⁾、G IIにおいてもその大部分は安全域内での創治癒を営むといえる。実際臨床的に消化管に電気メスを使用しても不都合はない⁹⁾、という意見も当然であろう。

作成した微細血管像による無血管領野の検索から、創治癒に重大な役割を演ずる腸管縫合部の血行について検討した結果は、新生血管は術後3日目以後に現われ、こ

の時期より無血管領野は縮小されてゆく。従来微細血管像の検討はほとんど定性的に行われており、これによる創治癒状態に関する報告は多いが^{5)28)~30)}、定量的にこれらを比較検討したものは見られない。Link³¹⁾は外科刀、レーザーメス、電気メスの肝臓への影響を、その瘢痕の幅に着目して比較しているように、電気メスの特性を考え、結腸への影響としては、腸管長軸方向への無血管領野の拡がり、すなわち幅に最もよく現われていると考えられる。実際腸管長軸方向に作製した切片を経日的に観察してみても、術後1日目の無血管領野は大きな不整形をしているが術後3~5日と経過するに従って周囲から新生血管の入り込みが増加するにつれ、これが縮小されてゆき、その形も腸管壁を内から外に貫通する方向に長軸をもつ楕円形または円形となってくる。無血管領野の幅が狭くなっていくことから、腸管長軸方向への無血管領野の幅を測定することにより、電気メスの局所血行への影響および創治癒の進行状況を表現し得ると考えられる。この方法によれば外科刀による縫合部の無血管領野の幅は粘膜・粘膜下層で0.5mm以下、漿膜下層・筋層で0.6mm以下であるのに対して、G II、G III、G IVの電気メスを使用した各層の無血管領野がこの範囲に入るには、術後7日以上を要している。しかしこれを推計学的にみると、粘膜・粘膜下層および漿膜・筋層のいずれにおいても、術後1日目と3日目では外科刀使用部と電気メス使用部の間に有意の差を認めたが、術後5日目と7日目ではすでに両者の間に差は認められなかった。縫合不全(創哆開)と無血管領野についていえば、2例の創哆開はいずれもG IIの術後5日目に見出された。G IIは粘膜・粘膜下層、漿膜・筋層のいずれにも電気メス使用による無血管領野を有しており、これが術後3日目から5日目にかけて急速に縮小することが認められ、その後遅れながらも治癒過程は進行する。しかしこの無血管領野の縮小が起らなかったり、緩徐であったりすると縫合不全に移行すると考えられる。G IIIやG IVの様に粘膜・粘膜下層または漿膜・筋層のいずれか一方に外科刀を使用すれば、この層の治癒は良好であることはもちろん他方の電気メスの使用により生じた無血管領野も術後3~5日に急速に縮小しやすく、縫合不全は見出されないと考えられる。このことは前述のごとく電気メスを使用しても耐圧試験において各群の間にそれ程差の出ないことともよく一致している。

組織所見では、電気メスを使用した各層に一致して、変性ないし壊死部が縫合部に介在し、その縫小、消退が

治癒過程の主役となっており、外科刀切開部に比較して創治癒過程は約2日間の遅れを示した。Pope³²⁾は犬の歯槽部の創治癒状態の観察より、電気メスを使用すると4日の遅れを示したと述べ、Kott³³⁾は猫の結腸全層を電気メスで切断して、断端二層縫合を行い、外科刀を使用した場合に比べ、2日の遅れを示し、Rosin⁹⁾はラットの胃切開後に一層縫合を行い1~2日の遅れを指摘している。いずれの報告においても組織学的には外科刀のみの使用よりも治癒の遅れが指摘されている。

犬結腸における電気メス使用の効果と危険に関して、結腸縫合部局所々見について、5項目を選び検討した結果、結腸全層に電気メスを使用すると縫合不全を起こしやすくこれに続発した汎発性腹膜炎例も認められ、従来一般に考えられているように、結腸縫合部創治癒に際して、安全域を脱する例も存在する。しかし本実験におけるGⅢ、GⅣのように粘膜・粘膜下層または漿膜・筋層のいずれか一方のみを電気メスで切開して、他方を外科刀で切開するようにすれば、微細血管像、組織所見では電気メスを使用した層にのみ治癒の遅れがあるものの、耐圧試験では外科刀使用と同様な耐圧値を得、全層外科刀切開例と同様、創哆開に移行することは少ない。GⅠ、GⅢ、GⅣについては、局所的にやや創治癒の遅れる部分があっても、全体としては充分安全に創治癒の進行することがわかった。

本実験により確められた事実より、消化管縫合予定部に電気メスを使用することは、その使用を工夫すれば充分可能であるといえる。

V 結 論

1. 電気メスによる結腸切開時の止血効果は充分でありGⅡ、GⅢ、GⅣの順に良好であった。当然外科刀のみ使用のGⅠでは、止血効果は認められない。
2. 縫合予定部に電気メスを使用すると、局所の変性や血行障害により、外科刀を使用した場合に比べ治癒は約2日遅れる。
3. 結腸全層を電気メスで切離してその部で縫合する場合には、縫合不全の危険はなかり存在する。
4. 結腸漿膜・筋層に電気メスを使用すると術後腸管癒着が増強される。結腸粘膜・粘膜下層に電気メスを使用すると、粘膜面の「びらん」や炎症が起こりやすくなる。
5. 結腸漿膜・筋層または、結腸粘膜・粘膜下層のいずれか一方を電気メスで切離しても結腸全層に外科刀を使用した場合に近い癒合力が得られる。

稿を終るに臨み、ご指導ご校閲を賜った恩師勝見正治教授に、深甚なる謝意を捧げるとともに、絶えず叱正、ご指導を戴いた浦伸三講師ならびにご協力戴いた当教室腸研究班の各位に深く感謝の意を表す。

(なお本論文の要旨は、第8回消化器外科学会大会において発表した。)

参考文献

- 1) Cushing, H.: Electoro-surgery as an aid to the remove of intracranial tumor. S.G.O., **6**: 751—784, 1928.
- 2) Magyary, G.: Über die Wundeheilung nach elektrischen Operationen. Arch. klin. Chir., **169**: 737—753, 1931.
- 3) 埜野 正: ポビー氏電気手術器に依る組織損傷並に基の創傷治癒機転に関する実験的研究. 日外会誌, **38**: 1504—1570, 1938.
- 4) Hauberrisser, E.: Zur Wundeheilung bei Anwendung des Hochfrequenzschnittes. Unter besonderer Berücksichtigung der Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie. Bruns. Beitr., **153**: 257—274, 1931.
- 5) Rosin, R.D., et al.: An experimental study of gastric healing of following scarpel and diathermy incisions. Surgery, **79**: 555—559, 1976.
- 6) 榎本光伸: 結腸一層吻合における縫合手技に関する実験的研究. 日消外会誌, **11**: 734—747, 1978.
- 7) Gambee, L.P.: A single-layer open intestinal anastomosis applicable to the small as well as the large intestine. S.G.O., **59**: 1—5, 1951.
- 8) 歌代一朗ほか: 電気メスの出力とその検査法について. 医療機械雑誌, **41**: 138—141, 1972.
- 9) 星野 考ほか: 顕微X線法. 医学書院, 東京, 1970.
- 10) 殿田重彦: 結腸一層吻合における各種縫合糸の創治癒に及ぼす影響に関する実験的研究. 日消外会誌, **10**: 72—85, 1977.
- 11) Jourdan, P.: A propos de la suture a plan unique des tuniques digestives. Acta Chir. Belg., **54**: 765—771, 1955.
- 12) 榎原幸雄, 田北周平: 腸管癒着について. 日独医報, **17**: 245—254, 1972.
- 13) 小田礼次郎: 腸管組織の線維素析出促進作用に関する実験的研究. 日外会誌, **59**: 435—445, 1958.
- 14) Gervin, A.S., et al.: Serosal hypofibrinolysis. A cause of postoperative adhesion. Amer. J. Surg., **125**: 80—88, 1973.
- 15) 矢野博道ほか: 術後腸管癒着に関する研究—漿膜の修復と癒着—. 手術, **31**: 679—696, 1977.
- 16) Johnson, F.R. and Whitting, H.W.: Repair

- of parietal peritoneal adhesion: An experimental study. *Brit. J. Surg.*, **49**: 653—660, 1962.
- 17) Kwaan, H.C. and Astrup, T.: Fibrinolytic activity of reparative connective tissue. *J. Path. Bact.*, **87**: 409—414, 1962.
 - 18) Peterson, H., et al.: Fibrinolytic activity in healing wound. *Acta Chir. Scand.*, **135**: 649—652, 1969.
 - 19) Ellis, H.: The cause and prevention of post-operative intraperitoneal adhesion. *S.G.O.*, **133**: 497—472, 1975.
 - 20) 前谷俊三: 消化管吻合の理論的背景. 外科治療, **33**: 467—472, 1975.
 - 21) 丸山圭一ほか: 消化管吻合の原理からみた縫合不全の対策, 微細血管像, collagen量などによる検討. 日消外会誌, **7**: 18—25, 1974.
 - 22) Cronin, K., et al.: Changing bursting strength and collagen content of the healing colon. *S.G.O.*, **129**: 747—753, 1968.
 - 23) 石上浩一: 現代外科学大系, 消化管縫合不全. 76-C, 81—108, 東京, 1976.
 - 24) 内山八郎: メス(電気メスを含む)の使い方. 第3回手術手技研究会より. 手術, **29**: 939—942, 1975.
 - 25) Madden, J.E., et al.: Studies in the management of contaminated wound. *Amer. J. Surg.*, **119**: 222—224, 1970.
 - 26) 前谷俊三: 悪条件下の消化管吻合. 手術, **29**: 489—495, 1975.
 - 27) Nelsen, T.S.: Dynamic aspects of small intestinal rupture with special consideration of anastomotic strength. *Arch. Surg.*, **93**: 309—314, 1966.
 - 28) Abramowitz, H.B. and McAlister, W.H.: A comparative study of small-bowel anastomoses by angiography and microangiography. *Surgery*, **66**: 564—569, 1969.
 - 29) Herzog, B.: The one-layer and two-layer intestinal anastomosis in animal experiments. *Prog. Ped. Surg.*, **5**: 37—57, 1973.
 - 30) 北島政樹: 胃腸吻合創の治癒経過に関する実験的研究(微細血管構築像を中心に). 日外会誌, **75**: 538—553, 1974.
 - 31) Link, W.J., et al.: A plasma scalpel. *Arch. Surg.*, **111**: 392—397, 1976.
 - 32) Pope, J.W., et al.: Effects of electrosurgery on wound healing in dogs. *Periodontics*, **6**: 30—37, 1968.
 - 33) Kott, I.: The effects of electrosurgery and surgical knife on the healing of intestinal anastomoses. *Dis. Col. and Rect.*, **16**: 33—38, 1973.