日消外会誌　20（7）：1772～1781，1987年

縫合不全発生に関する実験的研究
―低血流量状態および吻合部張力との関連―

東京大学第1外科
根岸　征示　　沢田　俊夫　　武藤徹一郎　　森岡　恭彦

EXPERIMENTAL STUDY ON ANASTOMOTIC DEHICENCE
—THE EFFECT OF LOW BLOOD FLOW AND STRETCHED STATE OF ANASTOMOSIS—

Seiji NEGISHI, Toshio SAWADA, Tetuitiro MUTO and Yasuhiko MORIOKA
lst Department of Surgery, University of Tokyo

雑種成犬68頭を対象とし，内視鏡下に直腸粘膜下血流量を水素ガスクリアランス法により測定した．正常直腸粘膜下血流量は平均1.64±0.55ml/min/gであった．処置後の吻合予定部粘膜下血流量は平均0.52±0.23ml/min/gで処置前の約68％の低下率であった．絶対値が0.55ml/min/g以下の手縫い吻合群で縫合不全が高率に発生した（3/6）．吻合法の検討ではEEA群では吻合部血流量の低下（0.46±0.27ml/min/g）にもかかわらず縫合不全は1例も認められなかった（0/10）．張力負荷群では手縫い吻合群で縫合不全が高率に発生したが（9/10），EEA群では縫合不全はなく（0/5），直腸低位前方切除術での低血流量状態や，張力負荷状態においてはEEA吻合法が有利と考えられた．

索引用語：水素ガスクリアランス法，直腸粘膜下血流量，吻合部縫合不全，EEA器械吻合，直腸低位前方切除術

緒　言

従来直腸癌にたいして腹会陰式直腸切断術が行われてきたが，最近では肛門機能を温存した低位前方切除術が行われるようになってきた．しかし低位前方切除術における重大な合併症の1つである縫合不全の発生は種々の努力にも関わらず，なお完全に克服されてはいない．教室ならびに関連施設において過去5年間（1979～1983）に経験した直腸癌に対する低位前方切除術は，手縫い吻合8例，器械吻合62例の合計70例であったが縫合不全は手縫い吻合1例（12.5％），器械吻合8例（12.9％）と高率であった．直腸低位前方切除術における縫合不全の発生に関する局所的因子としては，吻合法に関する技術的な要因を除いても，1）下腸間膜動脈を根部で結紮するための吻合部血流量の低下と，2）吻合部に加わる張力が大きな因子と考えられる．そこで直腸低位前方切除術後の吻合部粘膜下血流の低下および吻合部張力と縫合不全の関係について実験的に検討した．

実験方法

体重10～24kgの雑種成犬68頭を用いた．実験前日より約15時間絶食とし，術直前に微温湯1,000～2,000mlにて洗腸を行った．ネンブタール麻酔（25mg/kg）下に気管内挿管にて開腹した．5％ブドウ糖100ml/hの点滴静注にて静脈路を確保し，自発呼吸下の麻酔で必要に応じてネンブタール20～25mgを静脈内に投与維持した．まず内視鏡（オリンパスMB-2）を用いて正常直腸粘膜下血流量を水素ガスクリアランス法[1)~3)]により測定した．測定方法は正確に直腸粘膜下に刺入させるために先端を鈎型に工夫し，斜めの角度から粘膜を鈎にてひっかけるように穿刺し，軽く粘膜が盛り上がった状態とし組織標本で粘膜下に刺入されていることを反復確認した後に，径0.3mmの先端鈎型のUH-METER内視鏡用電極（UHE-173B）を内視鏡下に正確に直腸粘膜下に刺入し（図1），不関電極は皿型銀塩化銀電極を大腿部皮下に埋め込み，気管内挿管チュー

＜1986年10月15日受理＞別刷請求先：根岸　征示
〒143　大田区中央4―30―11　大森赤十字病院外科

ブから2～31/min（10～20%）の水素を吸入させてユニークメディカル社製UH-METER PHG-201を用いて測定，記録した．血流量の計算はFickの原理を応用したKetyの理論式[4]により算出した．

まず正常（無処置）直腸粘膜下血流量を測定し，次いで尾側腸間膜動脈を結紮切離し，直腸低位前方切除術を施行すべく直腸のはく離を後壁は肛門挙筋まで，前壁は直腸前立腺（腟）腟まで完全に施行した．その後頭側直腸動脈を直腸壁内へ入る高さで結紮処理し，この位置より肛門側約1cmの部位を吻合予定部（以下処置後吻合予定部）とし，同部の粘膜下血流量を同様に測定記録した（**図2**）．

吻合法と張力負荷の有無により実験群を5群に分けた．すなわちE-1群とH-1群では張力負荷を加えず，E-1群（10頭）はEEA 25mmによる端端吻合を，またH-1群（15頭）は3-0 DEXON糸による手縫い端端一層結節吻合を施行した．次に張力負荷群としてE-2群，H-2群，H-3群の3群を作製した．E-2群（5頭）はEEA 25mmによる端端吻合に，H-2群（5頭）は3-0 DEXON糸による手縫い端端一層結節吻合に，そしてさらにH-3群（5頭）は3-0 DEXON糸による手縫い端端一層連続吻合にそれぞれ張力を負荷した（**表1**）．張力負荷モデルは，吻合部の血流状態を変化させることなく作製した．すなわち腸管切除は行わずに辺縁血管を損傷することなく尾側腸間膜動脈分岐の高さでおのおの3cmづつ計6cmの漿膜縫合を行うことにより腸管を短縮させて吻合部に張力を負荷した（**図3**）．

図1　鈎型電極の穿刺手技

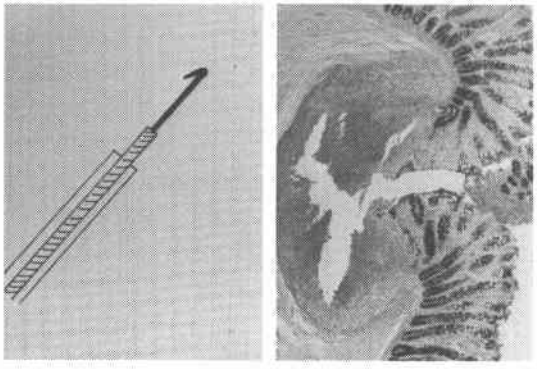


図2　吻合予定部

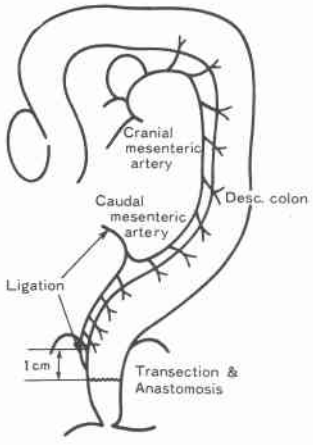
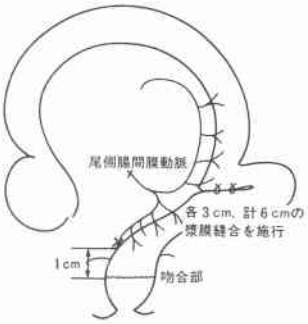


表1　実験対象群

吻　合　法	有効頭数
非張力負荷群	
E-1群　EEA 25mmによる端端吻合	10
H-1群　3-0 Dexon糸による手縫い端端一層結節吻合	15
張力負荷群	
E-2群　EEA 25mmによる端端吻合	5
H-2群　3-0 Dexon糸による手縫い端端一層結節吻合	5
H-3群　3-0 Dexon糸による手縫い端端一層連続吻合	5

図3　張力負荷モデル



低位前方切除術施行後1週目に屠殺剖検した．腹腔内膿瘍，骨盤内膿瘍の有無を検索し，直腸を膀胱，前立腺（腟），筋肉などと一塊のまま腹会陰式に摘出し，前壁中央部で縦に切開し吻合部の状態を観察し，病理組織学的に比較検討した．

成　績

1．基礎的成績

1）正常直腸粘膜下血流量

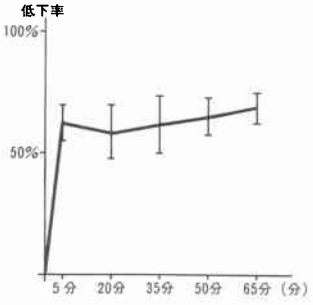
正常直腸粘膜下血流量は内視鏡下に，A）尾側腸間膜動脈分岐部の高さ，B）尾側腸間膜動脈分岐部より約7cm口側，C）尾側腸間膜動脈分岐部より約7cm肛門側の3点で測定したが，3点での測定値に有意差が認められなかったので（**表2**），尾側腸間膜動脈分岐部

表2　測定部位別の正常粘膜下血流量

位置＼イヌ	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	Mean±SD
A	1.41	2.09	1.78	2.28	1.35	1.78±0.41
B	2.53	2.65	1.95	2.51	1.48	2.22±0.50
C	1.97	2.09	1.32	2.32	1.03	1.75±0.55

各位置における正常粘膜下血流量　　ml min/g
A：尾側腸間膜動脈の分岐高
B：同部より約7cm口側部
C：同部より約7cm肛門側部

図4　処置後吻合予定部粘膜下血流量の経時的変化



の高さでの測定値をもって処置前の正常粘膜下血流量とした．正常直腸粘膜下血流量は68頭に対して総計97回測定し，平均1.64±0.55ml/min/gであった．

2）処置後吻合予定部粘膜下血流量

直腸切離後の直腸断端の粘膜下血流量は，極度の血流量の低下と腸管の収縮，出血などにより測定が極めて困難であった．このため頭側直腸動脈を直腸壁を貫通する高さで結紮処理した後，同部より約1cm肛門側をもって吻合予定部とし(図2)，吻合予定部の粘膜下血流量を直腸を切離する前に測定検討した．

処置後の吻合予定部の粘膜下血流量は66頭に対して総計92回測定し，平均0.52±0.23ml/min/gであった．これは正常直腸粘膜下血流量に対して約68%の低下率であった．

3）処置後吻合予定部粘膜下血流量の経時的変化

吻合予定部血流量を頭側直腸動脈結紮後65分まで経時的に測定したが血流量の有意な回復は図4に示すごとく認められなかった．よって処置後約5分後の値をもって吻合予定部血流量とした．

2．吻合実験モデルにおける成績

1）非張力負荷群

E-1群では正常/処置後吻合予定部粘膜下血流量は平均1.63±0.39/0.46±0.27ml/min/gと約35～87%の血流量低下率であったが，縫合不全は1例も発生しなかった(0/10)．E-1群の肛門縁より吻合部までの距離は平均3.29±0.92cmであった（表3）．

一方，H-1群では正常/処置後吻合予定部粘膜下血流量は平均1.59±0.64/0.60±0.31ml/min/gと約39～81%の血流量低下率であったが，このうち処置後吻合予定部粘膜下血流量が0.52(低下率56%)，0.44(低下率61%)，0.26(低下率81%)ml/min/gの3頭に骨盤内膿瘍を，また0.62(低下率67%)ml/min/gに低下した1頭でも膿瘍を伴わない縫合不全が認められた（4/

表3　EEA離断吻合術（E－1群）

イヌ	正常粘膜下血流量*	処置後吻合予定部粘膜下血流量*	低下率	距離(cm)**
25kg・M	1.58	1.04	35%	5.0
15kg・M	2.27	0.69	70%	4.5
16kg・M	1.78	0.68	66%	4.0
14kg・M	2.28	0.50	78%	2.6
16kg・F	1.59	0.36	78%	2.8
15kg・F	1.06	0.35	70%	3.5
18kg・F	1.35	0.33	75%	3.0
14kg・F	1.57	0.27	83%	2.6
15kg・M	1.51	0.20	87%	2.5
16kg・M	1.28	0.18	86%	2.4
Mean±SD	1.63±0.39	0.46±0.27	72.8±15.1	3.29±0.92

*ml/min/g　**肛門縁～吻合部の距離　　縫合不全率0%

15)（**表4**）．これら4例の縫合不全はすべて直腸後壁に認められた．H-1群の肛門縁より吻合部までの距離は平均3.26±0.49cmであった．

非縫合不全群（11頭）と縫合不全群（4頭）を比較すると，正常/処置後吻合予定部粘膜下血流量の平均値は非縫合不全群1.65±0.71/0.65±0.35，縫合不全群1.40±0.38/0.46±0.15ml/min/gであり，その血流量低下率の平均値は非縫合不全群60.8±12.6，縫合不全群66.3±10.8%で，肛門縁より吻合部までの距離の平均値は非縫合不全群3.31±0.52，縫合不全群3.13±0.46cmであった．この結果から非縫合不全群と縫合不全群との間には有意差は認められなかったが，縫合不全群における処置後吻合予定部粘膜下血流量の絶対値が低く，その低下率が増加しており，また肛門縁より吻合部までの距離も短い傾向が認められた．

2）張力負荷群

E-2群では正常/処置後吻合予定部粘膜下血流量は平均1.40±0.37/0.42±0.11ml/min/gで，平均68.4±10.7%の血流量低下率を示し，肛門縁より吻合部までの距離は平均2.10±0.48cmであったが，縫合不全は1例も認められなかった（**表5**）．

一方H-2群では正常/処置後吻合予定部血流量はお

表4　切離手縫吻合術（H—1群）

イヌ	正常粘膜下血流量*	処置後吻合予定部粘膜下血流量*	低下率	距離(cm)**
11kg・F	2.49	1.53	39%	3.5
14kg・F	1.46	0.76	48%	2.8
15kg・M	3.22	0.76	76%	2.7
12kg・F	1.88	0.71	63%	3.0
21kg・F	1.66	0.69	59%	3.2
16kg・F	2.05	0.65	69%	3.6
15kg・F	1.94	0.62	67%	2.8#
24kg・M	1.07	0.55	49%	4.0
13kg・M	1.19	0.55	54%	3.8
12kg・F	1.17	0.52	56%	3.0#
17kg・F	1.33	0.52	61%	3.0
15kg・F	1.12	0.44	61%	3.8#
11kg・F	1.35	0.26	81%	2.9#
19kg・F	0.87	0.25	72%	4.1
10kg・F	0.98	0.21	79%	2.7
Mean±SD	1.59±0.64	0.60±0.31	62.3±12.0	3.26±0.49

*ml/min/g　**肛門縁～吻合部の距離　#縫合不全　　縫合不全率27%

表5　EEA離断吻合術：張力負荷群（E—2群）

イヌ	正常粘膜下血流量*	処置後吻合予定部粘膜下血流量	低下率	距離(cm)**
11kg・M	1.24	0.55	56%	1.9
12kg・M	1.32	0.46	65%	2.2
20kg・F	2.04	0.44	78%	2.7
13kg・M	1.06	0.40	62%	1.4
11kg・F	1.35	0.26	81%	2.3
Mean±SD	1.40±0.37	0.42±0.11	68.4±10.7	2.10±0.48

*ml/min/g　**肛門縁～吻合部の距離　　縫合不全率0%

表6　切離手縫結節吻合術：張力負荷群（H－2群）

イ　ヌ	正常粘膜下血流量*	処置後吻合予定部粘膜下血流量*	低　下　率	距離（cm）**
13kg・F	2.21	0.66	70%	3.8#
14kg・M	1.15	0.56	52%	3.6#
19kg・F	0.94	0.40	57%	3.5#
12kg・M	1.21	0.37	70%	2.9#
10kg・F	1.53	0.30	80%	2.2#
Mean±SD	1.41±0.50	0.46±0.15	65.8±11.2	3.20±0.65

*ml/min/g　**肛門縁～吻合部の距離　#縫合不全　　縫合不全率100%

表7　切離手縫連続吻合術：張力負荷群（H－3群）

イ　ヌ	正常粘膜下血流量*	処置後吻合予定部粘膜下血流量*	低　下　率	距離（cm）**
11kg・F	2.17	0.69	68%	1.8#
12kg・F	1.36	0.60	54%	2.3#
17kg・M	2.31	0.55	76%	2.6#
20kg・F	0.85	0.40	53%	3.6#
12kg・F	0.80	0.37	54%	2.3#
Mean±SD	1.50±0.71	0.52±0.14	61.0±10.4	2.52±0.67

*ml/min/g　**肛門縁～吻合部の距離　#縫合不全　　縫合不全率80%

のおの平均1.41±0.50/0.46±0.15ml/min/gであり，平均65.8±11.2%の血流量低下率を示し，肛門縁より吻合部までの距離は平均3.20±0.65cmで，全例に縫合不全が認められた（5/5）（**表1**）．すなわち2頭はほぼ全周にわたる縫合不全により術後5日目で死亡し，また他の2頭は後壁を中心に約2/3周にわたり縫合不全をおこし腹腔内膿瘍をともなっていた．他の1頭は腹腔内膿瘍は認められなかったが後壁に縫合不全を認めた．

H-3群では正常/処置後吻合予定部血流量はおのおの平均1.50±0.71/0.52±0.14ml/min/gであり，平均61.0±10.4%の血流量低下率を示し，肛門縁より吻合部までの距離は平均2.52±0.67cmであった．このうち1頭に腹腔内膿瘍をともなう縫合不全を，3頭に膿瘍のない縫合不全が認められ(4/5)，縫合不全が認められなかったのは血流量低下率（54%）の少ない，肛門縁より吻合部までの距離の長い（3.6cm）1頭のみであった（**表7**）．以上の結果からH-2群ではH-3群よりも血流量低下率は少なく，肛門縁より吻合部までの距離も長かったが，より高頻度に縫合不全が認められたこととなる．

E-2, H-2, H-3群の3群の間では処置後吻合予定部粘膜下血流量の絶対値，低下率，肛門縁より吻合部までの距離のいずれの要因においても有意差が認められなかったが，手縫い吻合群（H-2, H-3）で縫合不全の発生率が有意に高かった．

なお漿膜縫合による張力負荷群では屠殺剖検時に漿膜縫合は完全であり，腸管通過障害などの合併症は1例も認められなかった．また，体重差による有意差も認められなかった．

3．吻合部病理組織学的所見

低位前方切除術施行後1週目に屠殺剖検した．E-1群では，吻合部の粘膜表層に線維素，好中球および核崩壊物が層状にみられ，その下層にわずかに線維素壊死層がみられた．さらにその下層には肉芽組織の形成がみられ，線維芽細胞の増殖，毛細血管の新生，好中球，リンパ球，形質細胞の浸潤および小数の組織球もみられた．これらの各層は粘膜下より内腔に突出するごとくみられ，一部でははく離，粘膜面は肉芽組織でおおわれている部分もある．筋層には2列のステイプルと周囲に小数の異物巨細胞がみられるが，炎症細胞浸潤はみられず，筋層・漿膜は密に癒合していた（**図5**）．

H-1群では，吻合部は再生上皮でおおわれ，粘膜下および筋層に縫合糸がみられる．縫合糸の周囲には異物

図5　E-1群吻合部

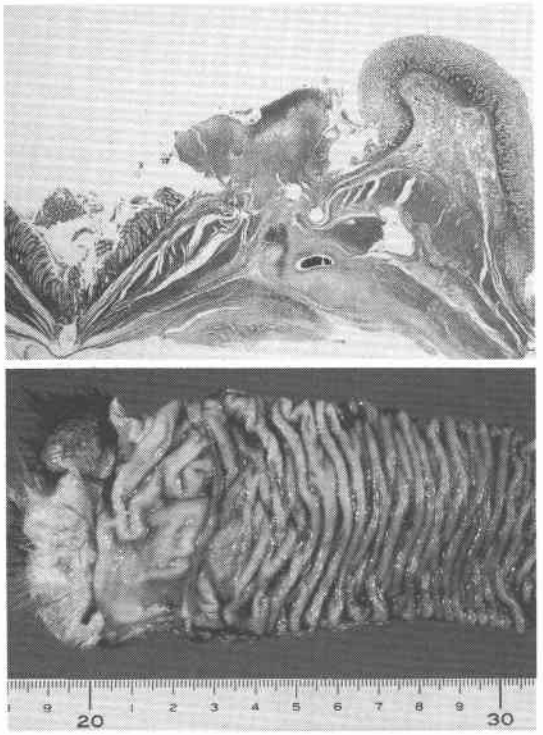
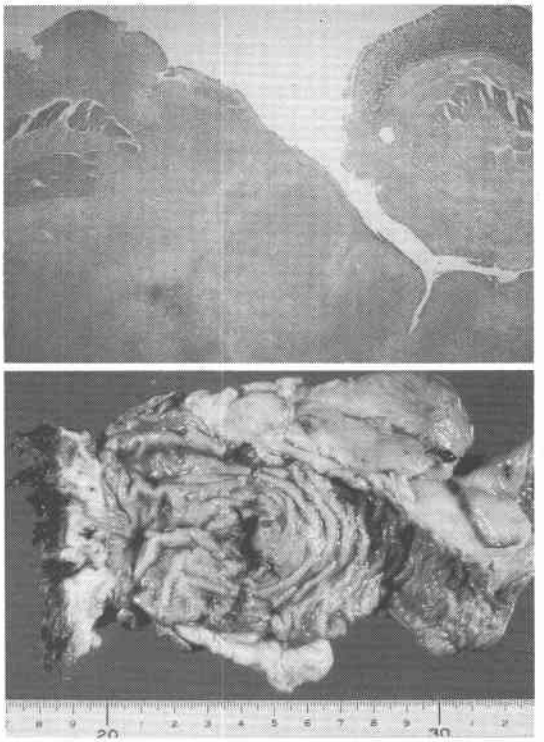


図6　H-2・H-3群吻合部



巨細胞を含む肉芽組織がみられ，好酸球，好中球，リンパ球，形質細胞及び多数の組織球がみられる．筋層・漿膜は肉芽組織にて癒合していた．

H-2・H-3群では粘膜下・筋層に縫合糸の断片がみられ，粘膜・粘膜下・筋層は離開している．腸壁全層に高度の好中球の浸潤がみられ，膿瘍形成も見られる．縫合糸の周囲には小数の異物巨細胞がみられるが肉芽組織の形成は見られず，周囲の粘膜下は血管の拡張と高度の浮腫がみられた（図6）．

考　案

1．臨床的事項

直腸癌に対する手術術式として1908年 Miles[5]が腹会陰式直腸切断術を報告して以来，本邦においてもこの術式が一般に採用されてきた．しかし人工肛門造設に伴うさまざまな障害を解消するために，近年手術術式の進歩や外科医の積極的努力により肛門機能温存手術が広く行われるようになってきている．肛門機能温存手術としては低位前方切除術，Pull-Through 法，経括約筋的・経肛門的局所切除術などがある．直腸前方切除術は Dixon[6]により報告されたが，この術式については，当初吻合部腸管の血行障害などの問題により縫合不全の発生が高率であるとされ，またリンパ節郭清にも制限があるとして，その適応はS状結腸癌と直腸S状結腸癌に限られていた．しかし最近では上部直腸癌はもとより，下部直腸癌の一部に対しても癌の根治性を損なうことなく肛門機能を温存する低位前方切除術が広く選択されている[7)~9)]．この場合，低位前方切除術の適応は癌の浸潤を考慮して，腫瘍下縁から肛門縁までの距離が5～6cm 離れていることが条件とされている．理論的には恥骨直腸筋が温存できれば低位前方切除術は可能であり，最近では器械吻合法の普及に伴い，その適応がさらに拡大してきている[10)]．しかし吻合部位がより低位であればあるほどその技術的難易度が増し，縫合不全発生の危険が増加するともいえる．

低位前方切除術に伴う縫合不全の発生頻度は，報告者によりさまざまである．古くは Goligher ら(1970)[11)]による51％との報告もあるが，最近では EEA 器械吻合により縫合不全が全く認められなかったとの報告[12)]もあり，多くは10％内外である[13)~16)]．教室ならびに関連施設での過去5年間（1979～1983）に直腸癌症例183例に対して低位前方切除術は70例（38.2％）に施行された．このうちステイプルの作動不良による1例を含

めて9例（12.8%）に縫合不全が発生した．器械吻合器としては本邦では主に米国製EEA，ILS，ソ連製SPTV, PKS-25M, T型アンドローゾフ式吻合器，中山式弯曲軸型吻合器などが使用されている[17]．が，著者らは米国製EEA, ILS吻合器を使用している．器械吻合例での縫合不全は8例（12.9%）であり，手縫い吻合例では1例（12.5%）であった．肛門縁より吻合部までの距離は非縫合不全/縫合不全群でおのおの8.3±2.8/6.5±2.3cmであり，縫合不全群により低位な例が多い傾向が認められた．このことより，より低位の吻合では器械吻合が選択されており，そのために器械吻合例で縫合不全の発生例が多くなっていると推測された．

縫合不全発生の全身的因子として，低栄養，低蛋白血症，副腎皮質ホルモンや抗癌剤の使用，糖尿病や肝障害などの慢性疾患などが関与している[18]．著者らの例では縫合不全群でalbumin, cholinesteraseが低下しており低栄養状態が縫合不全の発生に関与しているものと考えられた．

2．局所的因子―実験的検討―

局所的因子としては吻合腸管の血流障害，吻合部にかかる張力，細菌感染，吻合部周囲の死腔，不適切な手術手技などが考えられる．そこで著者らは熟練した術者により手術手技に関連した技術的要因の一切を除外し，もっぱら，1）吻合部血流量の低下，2）吻合部に加わる張力の2点に絞って実験的に検討した．

1）血流測定法

腸管の血流測定法にはIsotope法[19]，Microsphere法[20]，超音波ドップラー法[21]，Fluorescein-Na静注法[22]などがある．著者らはAuklandら[23]の水素ガスクリアランス法を用いて内視鏡的に正確に粘膜下血流量の測定を施行した．水素ガスクリアランス法は組織への血流量が一定で，動静脈血流量が等しく，かつ水素ガスクリアランスの組織内への拡散時間が無視でき，組織内水素ガス濃度と動静脈血中水素ガス濃度が等しく，動静脈シャントが存在せず水素ガスが灌流血流によってのみ洗い流されることが前提条件とされる．Auklandや[23]Nieelyら[24]の実験で静脈内カニュレーションによる血流量と水素ガスクリアランス法によって測定した血流量は相関関係にあることが証明されている．また重松ら[2]の報告では腸管の粘膜下層における動静脈シャントは無視しえると考えられている．本法では真の血流量を表してはいないが，近似値が絶対値（ml/min/g）で求められることも証明されている．

2）測定方法

水素ガスクリアランス法による測定値に影響を与える因子として器具では白金電極と不関電極がある．白金電極は白金墨のはく離に注意し，できるだけ新しい電極を用いた．電極に付着した凝血や粘液を除去するために測定ごとに生理食塩水で洗浄した．不関電極は生食水にて洗浄後，イヌ大腿部皮下に密着するように固定した．

測定手技では穿刺角度，穿刺深度，穿刺圧などによる影響を受けるが[25]，著者らは内視鏡下に測定したので腸運動や呼吸運動に抗して穿刺深度や穿刺圧を一定に保つために先端を鈎型にした電極を用いた．内視鏡をスタンドに固定し，電極を内視鏡下に直視しながら測定した．

胃粘膜下血流量を内視鏡下に水素ガスクリアランス法を用いて測定した報告は実験例，臨床例ともに多く認められるが[26)~28]，大腸粘膜下血流量を内視鏡下に測定した報告は少ない[29)30]．著者らは臨床例での経験はないが，内視鏡下に粘膜下血流量を測定する手技が確立されれば，吻合部血流量のみならず，各種炎症性疾患において臨床的応用価値が高いと考えられる．

3）正常粘膜下血流量

同一犬で数回の測定を繰り返し，測定値に再現性のあることを確認した．正常大腸粘膜下血流量は97回の測定で平均1.64±0.55ml/min/gであった．この測定値は重松ら[2]の測定値1.29±0.37ml/min/gとほぼ同じであるが，わずかに高値であった．

4）吻合予定部粘膜下血流量

実際に直腸を切離し，その断端の血流量の測定を試みたが，出血，腸管の挛縮などにより，極度の血流量の低下が認められた．水素ガスクリアランス曲線はほぼ平坦となり，測定不能であった．また腸管吻合直後に吻合部血流量を測定したが，同様の理由により測定不能であった．そこで低位前方切除の際の血管処理を施行し，すなわち尾側腸間膜動脈を切離し，直腸周囲のはく離を進め，頭側直腸動脈を壁内へ貫通する高さで結紮処理し，この部位より肛門側1cmを吻合予定部位としてその粘膜下血流量を内視鏡下に測定した．肛門側からの壁内血行が加わっているが，同部の粘膜下血流量は延べ92回測定し，平均0.52±0.23ml/min/gと処置前の血流量に比べて平均値で約68%の低下が認められた．この値は松本のモデル[31]と比べると血流量の低下はより高度である．

また松本[31]は吻合部の血流量は時間とともに回復

し，30分後にほぼ一定値となると報告しているが，著者らの経時的測定では5分から65分まで測定したが，有意な血流量の回復は認められず，術直後の血流の回復は遷延し，低血流状態が一定時間持続することが示唆された．この差は著者らは切離前に測定しているという測定方法による差とも考えられるが，いずれにしてもかなりな低血流量状態で切離吻合が行われていることは確かである．

4）吻合法による影響

E-1群とH-1群の比較では正常/処置後吻合予定部粘膜下血流量はE-1群では平均1.63±0.39/0.46±0.27, H-1群では1.59±0.64/0.60±0.31ml/min/gとE-1群で平均72.8±15.1%，H-1群で平均62.3±12.0%の血流量低下率であった．肛門縁より吻合部までの距離はE-1群で平均3.29±0.92, H-1群で平均3.26±0.49cmであった（**表3，4**）．E-1群は処置後吻合予定部粘膜下血流量が低値であり，低下率も高いにもかかわらず縫合不全は皆無であった（0/10）．

15頭中4頭の縫合不全が認められたH-1群で非縫合不全群（11頭）と縫合不全群（4頭）を比較検討すると，正常/処置後吻合予定部粘膜下血流量の平均値は非縫合不全群1.65±0.71/0.65±0.35, 縫合不全群1.40±0.38/0.46±0.15ml/min/gであり，その血流量低下率の平均値は非縫合不全群60.8±12.6%，縫合不全群66.3±10.8%で，肛門縁より吻合部までの距離平均値は非縫合不全群3.31±0.52cm, 縫合不全群3.13±0.46cmであった．処置後吻合予定部粘膜下血流量が0.55ml/min/g以下の6頭中3頭（50%）に縫合不全が認められたが，0.55ml/min/g以上の9頭では1頭（11%）に縫合不全が認められたのみであった．この結果から処置後吻合予定部粘膜下血流量の絶対値の低下が縫合不全の発生に関与していることが示唆された．この処置後吻合予定部粘膜下血流量は肛門側よりの壁内血行が存在する状態での値であり，実際に腸管を切離した後の断端部血流量はさらに低下しているものと考えられる．松本[31]は結腸筋層の血流量の測定から，血流量が正常時の50%程度の結腸を用いて吻合を行うと縫合不全が高率に発生したと報告している．著者らの実験は粘膜下血流量の測定であるが，非張力負荷群25頭において正常粘膜下血流量の50%以下の血流量低下率であった4頭では縫合不全は発生せず，50%以上の血流量低下率を示した21頭のうち4頭（19%）で縫合不全が認められた．とくにH-1群は，50%以上の血流量低下率を示した12頭のうち4頭（33%）で縫合不全が認められたこととなる．したがって50%以上の血流量低下率で縫合不全が高率に発生することは言いきれないが，傾向としては縫合不全群の血流量低下率はやや高く，また肛門縁より吻合部までの距離もやや短かった．

5）張力負荷による影響

これまで述べてきたように著者らの実験モデルでは処置後吻合予定部粘膜下血流量は相当に低下しており，またその血流低下率もかなりの高い値を示したにもかかわらず，E-1群では1例も縫合不全が発生せず，H-1群でも4例（27%）のみであった．そこで吻合部に張力を加えたモデルにおいて縫合不全との関係を検討した．

その結果E-2群では縫合不全は皆無であった（0/5）が，H-3群では5頭中4頭（80%）に，またH-2群では全例（5/5）に縫合不全が認められた．

Bursting pressureの報告としては，勝見ら[32]は，臨床的に色素水注入で35cmH_2O以上の耐圧を示した例では縫合不全を認めておらず，実験的には，術後1週目の切除標本による耐圧試験で，北島ら[33]は切除腸管のair inflation leak testでGambee吻合180mmHg, 器械吻合200mmHg，松本[31]は色素水加圧注入法でGambee吻合210mmHg, 器械吻合約240mmHgと報告している．北島ら[33]は器械吻合では，断端の血管造影像上，2列のステイプルが粘膜下層，筋層に位置し，このことが粘膜下層の血行を遮断していると述べている．また彼らは連続吻合でも縫合糸による組織のねじれと血管のしめつけをきたし，このため血管新生が不良となるとし，結節吻合，Gambee吻合の順に粘膜下層の血管新生が増加すると報告している．しかし著者らのモデルでは非張力負荷群ではEEA群が手縫い連続吻合群よりも成績が良好であった．また張力負荷群でもEEA群の成績が最も良好であり，手縫い結節吻合群の成績は連続吻合群と同様あるいはさらに不良であった．このことは粘膜下層の血管新生の良不良が直接縫合不全には結びついていないことを示唆している．

八板[34]，杉町ら[35]は血行が不良になるにつれて粘膜・粘膜下層の血流量が減少するのに対して，漿膜・筋層の血流量の減少は少ないとし，したがって高度の血行障害を伴う吻合に際しては漿膜・筋層の癒合を重視した吻合法が有利であると報告している．また葛西ら[36]は血行障害などの異常環境下における吻合では，吻合部の緊張を緩和することが縫合不全の防止に必要であると述べているが，著者らの成績もそれを裏づけ

るものであった．著者らのモデルではいずれも全層の一層吻合で，粘膜・粘膜下層の癒合に重点を置いておらず，もっぱら漿膜・筋層の癒合に依拠した吻合法であるが張力負荷群において血流量低下率が著明であるにも関わらず，器械吻合群に縫合不全が見られなかったことは，器械吻合が吻合部の癒合にとって有利であると考えられる．したがって低位前方切除術のように吻合部の血流量低下が著明である可能性があり，また腸管の収縮や短縮により張力が加わる吻合法においては，手縫い吻合よりも血流低下の影響の少ない漿膜・筋層の癒合が緊密であり，これを物理的に長時間維持できる点が優れている器械吻合が適していると考えられる．

結　語

1．水素ガスクリアランス法による内視鏡下粘膜下血流量の測定は比較的容易で，再現性があり，ほぼ安定した結果を得ることができた．正常大腸粘膜下血流量は平均1.64±0.55ml/min/gであった．

2．縫合不全を発生した手縫い吻合群において，

a）吻合予定部粘膜下血流量の絶対値（ml/min/g)．,

b）吻合予定部粘膜下血流量の低下率（%）

c）肛門縁から吻合部までの距離(cm)の3項目に関して検討すると，吻合予定部粘膜下血流量の絶対値が0.55ml/min/g以下で縫合不全が高率に発生した．

3．EEA吻合群では吻合予定部粘膜下血流量の低下にもかかわらず縫合不全例が認められなかったことより，直腸低位前方切除術での低血流量状態ではEEA吻合が有利と考えられた．

4．吻合部に加わる張力は縫合不全に強く関与している．手縫い吻合法ではほぼ全例に縫合不全が発生したのに対して，器械吻合では縫合不全は認められず，張力負荷時にも漿膜・筋層の癒合が緊密であり，それが長時間維持できる器械吻合が有利である．

なお本論文の要旨は第26回日本消化器外科学会総会において発表した．

文　献

1）男全正三，三宅健夫：胃粘膜血流の基礎と臨床．東京，羊土社，1983，p47—53

2）重松　宏，堀江良秋，佐藤正典ほか：腸管壁の局所血流測定について．日消病会誌　78：846—855，1981

3）宮本二郎，高瀬靖広，竹島　徹ほか：内視鏡を応用した胃粘膜下組織血流量の測定．Castroenterol Endosc 22：353—364，1980

4）Kety SS：Theory of blood-tissue exchange and its application to measurement of blood flow. Medical research Chicago 8：223—227，1960

5）Miles WE：A method of performing abdominoperineal excision for carcinoma of the rectum and of the terminal portion of the pelvic colon. Lancet 18：1812—1813，1908

6）Dixon CF：Anterior resection for carcinoma low in the sigmoid and the rectosigmoid. Surgery 15：367—377，1944

7）隅越幸男：直腸癌に対する肛門機能温存術．外科治療　45：79—86，1981

8）土屋周二：直腸癌手術．消外　6：971—983，1983

9）小平　進：直腸癌に対する低位前方切除術．消外 7：105—112，1984

10）武藤徹一郎，上谷潤二郎，堀江良秋：直腸癌に対する括約筋温存術の応用について．日消外会誌 11：225—231，1978

11）Goligher JC, Graham NG, De Dombal FT：Anastomotic dehiscence after anterior resection of rectum and sigmoid. Br J Surg 57：109—118，1970

12）Vezeridis M, Evans JT, mittelman A：EEA Stapler in low anterior anastomosis. Dis Colon Rectum 25：364—367，1982

13）Smith LE：Anastomosis with EEA stapler after anterior colonic resection. Dis Colon Rectum 24：236—242，1981

14）Fefegit G, Angeerini L, Bezzi M：Rectal cancer：Restorative surgery with the EEA stapling device. Int Surg 68：13—18，1983

15）唐牛　忍，森田隆幸，藤田正弘ほか：直腸癌低前方切除術における器械吻合．手術　38：807—813，1984

16）Sharefkin J, Joffe N, Silen W et al：Anastomotic dehiscence after low anterior resection of th rectum. Am J Surg 135：519—523，1978

17）中山隆市：消化管手術と器械吻合一歴史と最近の動向一．臨外　35：1225—1237，1980

18）Irvin TT, Hunt TK：Effect of malnutrition on colonic healing. Ann Surg 180：765—772，1976

19）Bacaner MB, Pollycove M：Determinantion in vivo of regional circulatory dynamics in intact intestine. Am J Physiol 203：1094—1102，1962

20）Ruf W, Suehiro GT, Suehiro A：Intestinal blood flow at various intraluminal pressure in the piglet with closed abdomen. Ann Surg 191：157—163，1980

21）斎田　宏，村上元庸，関　真理ほか：レーザードップラー法によるラット胃粘膜血流測定の検討．日消病会誌　81：16—21，1984

22) 佐々木勝海：Fluorescein-Naを用いた虚血腸管の生存性の判定に関する実験的研究．日消外会誌 17：1557—1565，1984
23) Aukland K, Bower BF, Berliner RW: Measurement of local blood flow with hydrogen gas. Circ Res 16：164—186，1964
24) Neely WA, Hardy TJD et al: The use of the hydrogen electrode to measure tissue blood flow. J Surg Res 5：363—369，1965
25) 男全正三，三宅健夫：胃粘膜血流の基礎と臨床．東京，羊土社，1983，p65—72
26) 宮本二郎，高瀬靖広，竹島　徹ほか：内視鏡を応用した胃粘膜下組織血流の測定．Prog Dig Endosc 14：57—61，1979
27) 三宅健夫，村上元庸，王　康義：消化管粘膜血流測定法．綜合臨　32：1942—1948，1983
28) 今野喜郎，亀山仁一，佐々木巌ほか：水素ガスクリアランス法による胃粘膜血流量測定の一工夫．日消病会誌　80：237，1983
29) 王　康義，白波瀬均，松永　隆ほか：潰瘍性大腸炎における直腸粘膜血流量の測定．Gastroenterol Endosc 25：1913—1919，1983
30) 野村幸治：虚血性大腸炎に関する臨床，実験的研究．Gastroenterol Endosc 26：641—648，1984
31) 松本孝一：直腸低位前方切除術における縫合不全防止に関する実験的研究．日消外会誌　15：1258—1268，1982
32) 勝見正治，庸　権三：直腸癌に対する前方切除術．消外　6：1794—1795，1983
33) 北島正樹，相馬　智：吻合部治癒機転からみた器械吻合の検討．消外　4：25—33，1981
34) 八板　朗：消化管吻合部補強法としての遊離腹膜パッチの効果に関する実験的研究．日外会誌 81：264—280，1980
35) 杉町圭蔵，中村輝久，井口　潔：異常条件下の消化管吻合ーとくに血行障害下の吻合についてー．手術　31：15—21，1977
36) 葛西洋一，中西昌美，佐藤雄民：異常環境下の器械吻合と合併症．消外　4：73—81，1981