

原 著

下腸間膜動脈結紮時の血行動態に関する実験的研究

弘前大学医学部第2外科 (指導: 大内清太教授)

町 田 純 一 郎

INFLUENCE OF LIGATION OF THE INFERIOR MESENTERIC ARTERY ON SPLANCHNIC HEMODYNAMICS: AN EXPERIMENTAL STUDY

Junichiro MACHIDA

Second Department of Surgery, Hirosaki University Faculty of Medicine, Hirosaki

前方切除術施行時の腸管血行動態を知る目的で、80頭の雑種成犬をもちい、尾側腸間膜動脈根部結紮後の腸管組織酸素分圧の変動を観察した。測定は銅エナメル線酸素電極法によった。測定部位は血管走行にしたがって、8カ所としたが、血管結紮後の酸素電極流値の変化率には、各部位で差異がみとめられとくに中結腸動脈と尾側腸間膜動脈の間の吻合動脈に対応する大腸が影響をうけることが推察された。測定電流値が正しく血行動態を反映するかは、今後さらに検討を要すところであるが、以上の実験的検討より、高位結紮をおこなう前方切除術にあっては、吻合の際、口側腸管は横行結腸とすることが望ましいと考えられる。

索引用語: 前方切除術, 銅エナメル線酸素電極法, 腸管組織酸素分圧, 下腸間膜動脈高位結紮, 縫合不全

I. 緒 言

低位 S 状結腸および直腸の悪性腫瘍に対する手術々は、会陰式直腸切断術 (Lisfranc 1826年) 以来、その進展形式の研究とあいまって幾多の変遷をとげてきた¹⁾。

このうち、1948年 Dixon²⁾ により詳細な吟味が加えられ、その安全性と根治性が示された前方切除術は、その後の Mayo ら³⁾ の検討でも、歯状線より 6~15cm の高さの病変にあっては、腹会陰合併切除術ないし経仙骨術式にまさるともおとらない根治性を示すことがあきらかとなり、さらに、多くの症例で正常ないし正常に近い anorectal continence を維持しうる⁴⁾ことから、現在、低位 S 状結腸、上部および中部直腸の悪性疾患に広く採用されつつある術式の 1 つである。

消化管悪性疾患の手術にあっては、根治性を確立しつつ吻合部への血行を保持するという原則が求められることは論をまたない。

血管網の発達が悪い大腸⁵⁾では、切除にあたって、分

布する動脈の処理の問題はとくに重要である。

前方切除術では、根治性を高める目的で、下腸間膜動脈はその起始部で結紮されることが多い⁶⁾。

その際の吻合にあっては単に経験にもとづく、局所の色調、拍動等にたよっているのが現状で、結紮後の大腸の血行動態については不明の点が少なくない。

さて消化管の血行動態を検索する方法としては種々試みられているが、血管結紮後の連続的血流変化を直接とらえるような測定法は確立されていないようである。⁷⁾

さきに 飯島ら⁸⁾ は、銅エナメル線酸素電極法⁹⁾ をもちい、実験的に上腸間膜血行障害時におけるイヌ小腸の酸素分圧変動に検討を加え、また教室小館¹⁰⁾ は、同様にイヌ胃部分切除時の両吻合断端における組織酸素分圧の消長を観察し、本法が消化管の血行動態を知る 1 つの有効な方法であることを示した。

著者は、前方切除術施行時の大腸血行動態を知る目的で、本法に基づき実験的にイヌをもちい、尾側腸間膜動脈根部結紮前後の腸管組織酸素分圧変動を観察し、若干

の知見を得たので報告する。

II. 実験方法ならびに予備実験

A. 測定装置

酸素分圧変動の観察は、八木式銅エナメル線酸素電極法による。電極および基本回路装置は、八木ら⁸⁾にしたがって作製したが、負荷抵抗ならびに測定装置は、小館⁹⁾の方法と同様である。

市販の銅エナメル線を鉄にて切断し、断端をそのままにしたものを関電極、断端より約 5cm にわたりエナメルを剥がしたものを不関電極とした。

これらの電極間に酸素電極回路を構成し、回路に流れる反応電流を、負荷抵抗を介し、電位差としてチョッパース式直流増幅器(三栄測器 6L1P 型)にみちびいた。なお測定値の表示にあたっては、この電位差を負荷抵抗より電流値に換算、酸素電極電流値(以下単に電流値)として示した。

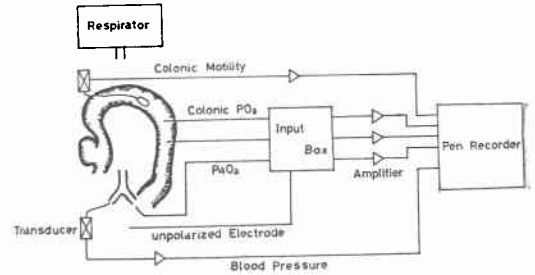
腸管組織酸素分圧変動の観察には導体径 260 μ 、動脈血酸素分圧のモニターには導体径 150 μ の銅エナメル線(以下単にそれぞれ260 μ 線、150 μ 線)をもちいた。

動脈血圧測定用には、オープンチップカテーテルを、大腿動脈に挿入、高圧用エレクトロマンオメーター(三栄測器1236型)へ接続後、変調形増幅器(三栄測器1206型)へ連結した。

腸管運動の記録には、自家製のバルンカテーテルをもちい、低圧用エレクトロマンオメーター(三栄測器 LPU-0.1-350)を使用し、変調形増幅器にこれを接続した。

以上のパラメーターは、直線書きペンガルバノメー

図1 測定装置および測定方法



ターを組み入れた8チャンネルインク書きレコーダー(三栄測器3S52型レクタグラフ)にみちびき記録した(図1)。

B. 予備実験

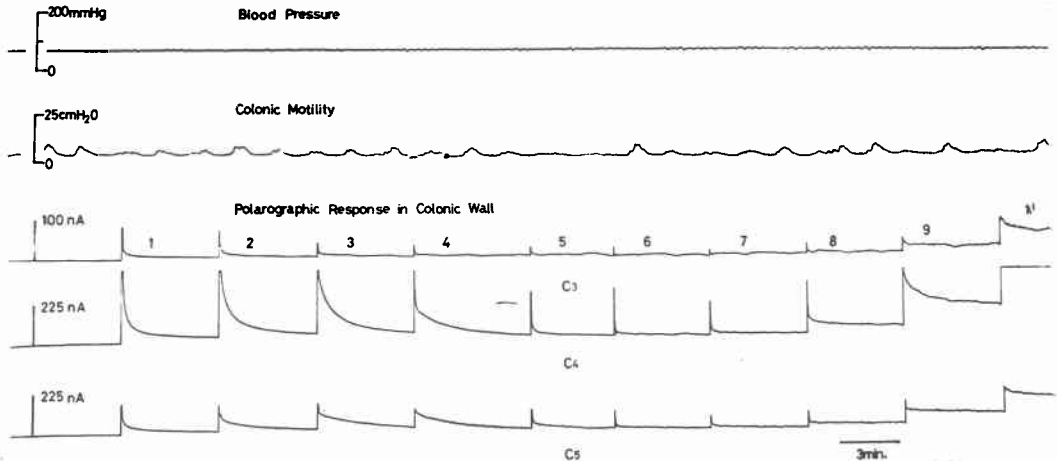
1. 実験目的

銅エナメル線電極は、考案者の八木らにより詳細な検討が加えられており、本実験で使用せる 260 μ 線、150 μ 線についても水溶液中および生体組織内で再現性よく酸素電極として作動しえることが報告されている⁸⁾。

しかし、この電極は open type electrode¹⁰⁾に属するものであり、open type electrode には測定電流の読みが、電極表面の汚染、aging 現象¹¹⁾ほかによって変化し、かつ検体の酸素拡散係数により左右される¹⁰⁾¹¹⁾などの問題点が内在している。したがってその応用に際しては、それぞれの実験条件下での応答の確認が必要となる¹¹⁾。

著者は、銅エナメル線電極を本実験に適用するにあたっての適用限界をあきらかにする目的で、いくつかの基

図2 大腸におけるポーラログラム



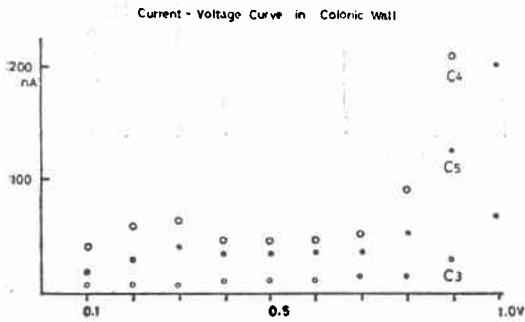
礎的実験を行った。なお以下の実験における動物、測定
の一般条件は、後に述べるものとまったく同一である。

2. 腸管におけるポーログラムの検討

大腸粘膜下層に電極を刺入固定し、麻酔深度がほぼ
一定となった条件下で、5分ごとに電源可変抵抗を操作
し、印加電圧を100mVずつ加え記録した(図2)。図
3はその電圧-電流曲線(polarogram)であり、0.4V~
0.7Vの範囲で曲線は平坦となり、プラトーの形成をみ
る。

図3 印加電圧-電流曲線

0.4V~0.7V間で平坦部(plateau)を形成して
いる。



また同時に腸管運動および大腿動脈血圧(以下単に血
圧)を記録しているが、この操作に際し加えた印加電圧
内では、腸管運動、血圧に大きな変化は認められなか
った。

3. 腸管運動変化と電流値

「回盲部より約5cmの大腸より肛門側にむかって、パ
ルンカテーテルを挿入、バルンの中心が、尾側腸間膜動
脈の長軸に対応する腸管内にほぼ位置するように巾着縫
合にて、カテーテルを固定した。その後、同じく対応す
る大腸粘膜下層に電極を刺入し、腸管運動の変化と電流
値を血圧とともに記録した。

その1例を示すと図4のごとくである。この例では、
軽度の運動亢進にやや遅れて、電流値が減少する傾向が
認められたが、他の例では、電流値が上昇する場合もあ
り(図5)一定の傾向は得られなかった。

つぎに自発的蠕動運動が認められない時に Acetylcholine
を電極より十分はなれた大腸漿膜面に滴下し、
蠕動運動を惹起せしめると運動の急激な亢進にやや遅れ
て、電流値が、大きな減少を示すのが認められた。運動
がおさまるにつれ、電流値はもとのレベルに回復した

図4 腸管運動変化と電流値(1)

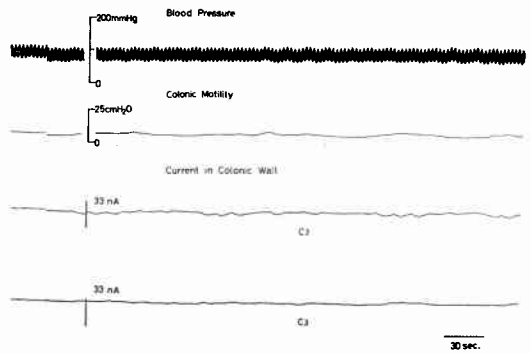


図5 腸管運動変化と電流値(2)

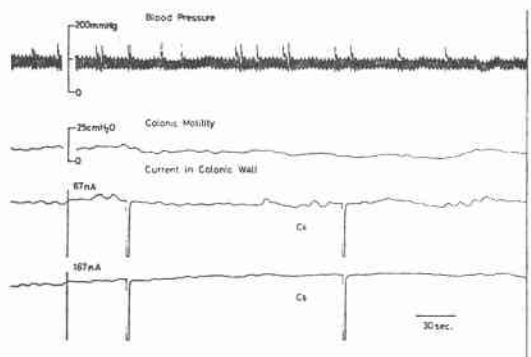
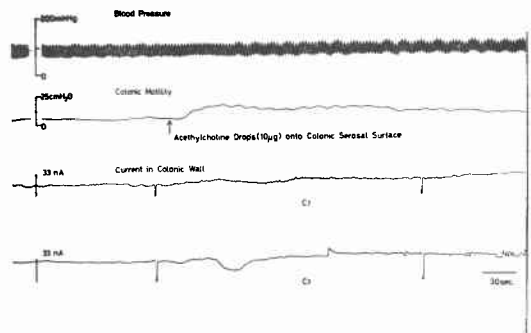


図6 腸管運動変化と電流値(3)

Achの漿膜面滴下により腸管運動は亢進しやや遅れ
て、電流値は大きい一過性の低下を示す。



(図6)。

4. 電極の動揺と電流値

空気で平衡している生理食塩水を反応系とし、生理食
塩水を入れる硝子器に at random な振動を加え、電極へ
動揺を与えた時の電流値の応答を記録した(図7)。動
揺が加えられると、ただちに電流値は上昇し、動揺がお

図7 電極の動揺と電流値
動揺による電流値のそれは常に上向きである。

Polarographic Response to random Vibration in a Saline

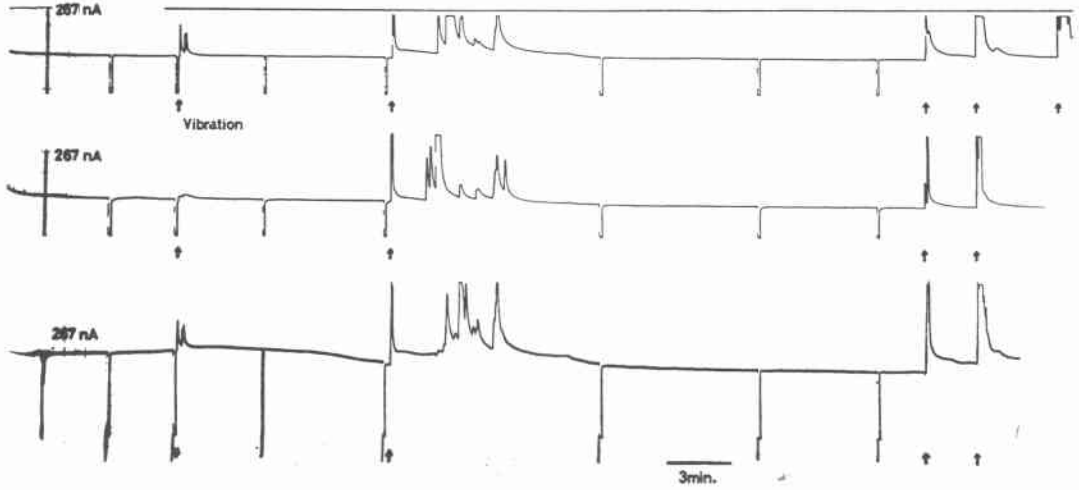
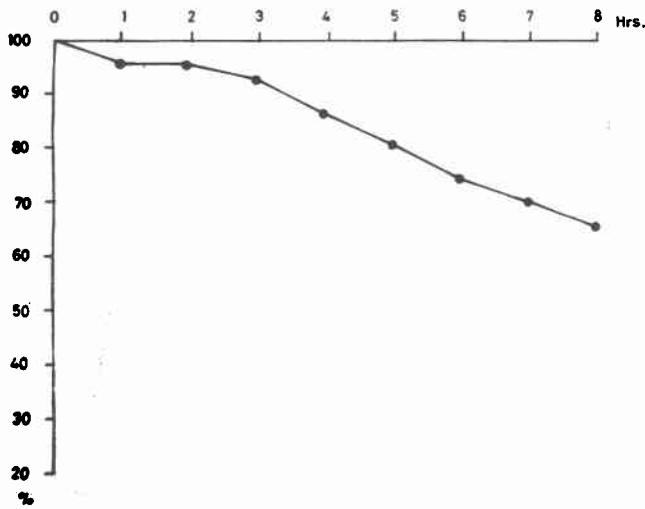


図8 時間的経過と電流値
3時間を境に急激な電流値の低下が認められた。



さまると、静置状態の平衡時電流に漸近した。動揺による電流値の振れのむきは、常に上向きである。

5. 時間的経過と電流値

150 μ 線を左大腿動脈分岐から挿入し、その先端が、同動脈腔に位置するように固定し、動物を本実験と同様の調節呼吸、開腹の条件において、電流値変動を8時間にわたって記録した(図8)。時間の経過とともに、動脈血酸素分圧を代表する電流値は漸減したが3時間を境にその低下の度合は大きくなる。

6. 小括および考察

実験条件を、本実験と同一にしての生体内実験において、0.4V~0.7Vの印加電圧でプラトーが成立しており、これは定常な脱分極電流が流れるのを意味し、大腸でも本電極が酸素電極として作動しうることを示している。

腸管血流は、腸管運動と密接な関係をもっており¹²⁾、したがって腸管組織分圧も、同様に腸管運動と深いかわりをもつことが予想される。

著者の実験では、Acetylcholineを漿膜面より投与し、局所に蠕動収縮をおこさしめると、電流値は急激に減少した。この場合の解釈は非常に困難なものと考えられる。というのは、実際上、蠕動収縮に際しての酸素拡散係数を含めた測定環境の変化を適確に把握することが不可能なためである。

硬い銅線を軟らかい管腔臓器に刺入するので、蠕動もあって、針糸固定にても、微細な電極のぐらつきは、ある程度避けがたい。電極動揺は、電極面からの水素イオンの脱落をうながし、電流値の上昇をきたすと考えられるが、著者のat randomな動揺に対する電流値のふれも常に上昇の傾向を示した。

開腹、調節呼吸の条件下では、動脈血酸素分圧を代表

する電流値が、経時的に減少するのがみとめられた。これは開腹、麻酔等の侵襲による測定対象の変化と考えられ、本実験における時間的適用限界を示唆するものと思われる。

以上の基礎実験を小括すると、a) 0.4V~0.7Vの印加電圧にて、生体内腸管でプラトーが成立する。b) 蠕動が起こっている時、電流値は変動するが、この場合の解釈は困難である。c) 電極の動揺による変化は、常に電流値を上昇せしむ。d) 本実験では、生体の動脈血酸素分圧を、長時間、一定に保つことはむずかしい。

本法を適用するにあたって、b), c), d)のごとき不都合があり、ある程度の不正確さは、まぬがれ得ぬものと考えられる。

したがって著者は、以後の連続的経過観察に際しては、電流値の絶対値による表現を避け、静止時の電流値を対照値とした変化率であらわし検討することとした。

III. 実験ならびに実験成績

A. 実験材料および実験方法

1. 実験動物

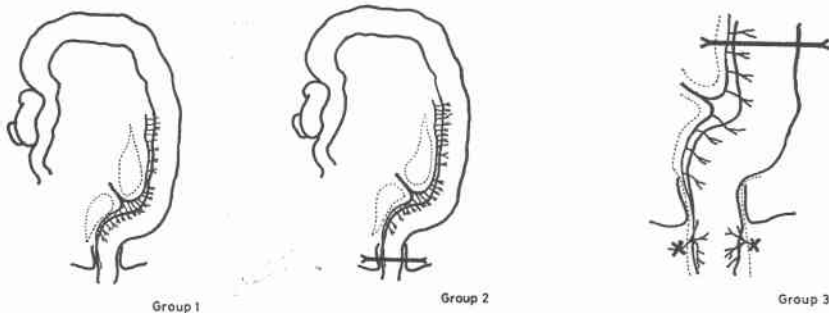
体重6~23kgの雌雄雑種成犬80頭を使用した。24時間絶食後、thiopental sodium (15~20mg/kg)の静脈麻酔下に、実験台に背臥位に固定した。succinylcholine chloride (SCC) (1mg/kg)投与後すべて気管内挿管し、人工呼吸器にて気管内圧10cmH₂O呼吸数20回/分の調節呼吸とした。thiopental sodium, SCCは適宜追加投与した。実験中は、大腿静脈より生理食塩水を持続点滴投与した。

2. 手術による実験群の分類

腹部正中切開で開腹後、手術により実験群を次の3群に分けた(図9)。

図9 実験群

Experimental Set-up



第1群：大腸腸間膜を上下に切離し、尾側腸間膜動脈を根部で露出、当該動脈の血行遮断を行った。

第2群：腹膜反転部で頭側直腸動静脈を結紮離断後、引きつづき同高位で腸管を結紮離断し、その後第1群と同様に尾側腸間膜動脈を露出し、血行を遮断した。

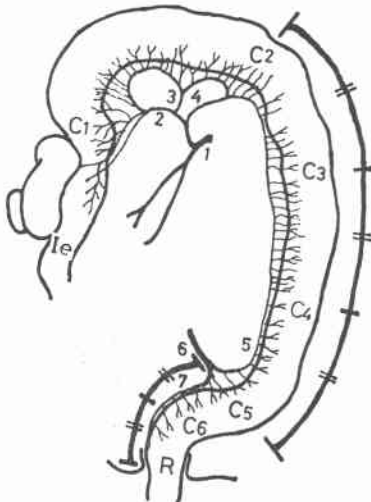
第3群：尾側腸間膜動脈の口側大腸への第1分枝より約3cm口側にて大腸を切離、切離部における左結腸動脈および伴走する静脈を結紮離断、ついで反転部で腹膜を開き直腸を遊離した。この際、後腹膜では左右のventral sacrococcygeal muscleの筋膜を剝離、前方は腔ないし尿道の間を剝離、側方は拳肛筋に到るまで剝離し、その後同様に尾側腸間膜動脈の血行遮断を行った。

なお、いずれの群でも、尾側腸間膜動脈周囲の神経剝離操作は加えておらず、また、血行遮断は、血管周囲にまわしたビニルチューブをネラトン中に通し、これをするにより行った。

3. 測定部位および電極の刺入

測定部位は動脈走行にしたがい、8点とした。イヌの大腸への動脈走行は図10のごとくであり¹³⁾、頭側腸間膜動脈、尾側腸間膜動脈およびその両者間のアーチという基本パターンには、使用犬いずれも変異をみとめなかったので、腸管の腹側のほぼ中央に8つの測定点をもうけ、それぞれIe、C₁~C₆、Rとした。

図10 犬の大腸への動脈走行ならびに測定部位



- 1. Cranial Mesenteric Artery
- 2. Ileoceocolic
- 3. Right Colic
- 4. Middle Colic
- 5. Left Colic
- 6. Caudal Mesenteric
- 7. Cranial Rectal

すなわち、Ieは回腸末端部、C₁は上行結腸起始部、C₂は中結腸動脈が左右枝に分岐する点に対応する大腸上、C₃は尾側腸間膜動脈の分岐部に対応する大腸上、さらにC₂とC₅の間の大腸を3分割し、その各境界線に対応する大腸上にそれぞれC₃、C₄、腹膜反転部の大腸にR、C₅とRを2分する点にC₆を設定した。

電極は大腸の長軸に対し、直角に刺入し、その先端を粘膜下層に位置せしめた。電極の固定には、丸針絹糸をもちいた。測定終了後漿膜筋層をひらき粘膜下層に先端があることを、その都度、確認した。

大腿動脈の分枝より動脈内腔に挿入した電極により動脈血酸素分圧をモニターした。

不関電極は大腿皮下に埋没した。

3. 観察方法

測定装置を設置し、電極を刺入固定した後0.6V印加し、電極が安定するのを待って観察を行った。

動脈血電流値に大きな変動のみられない時間内で測定を終了することとした。

操作を加える前に人工呼吸器を一時停止せしめ、その時の電流値の低下より各電極の正しい作動を確認した。

記録紙は毎分10~60mmの速度で送った。腸管電流値の測定は3~7チャンネルで行った。

B. 実験成績

1. 恒常時における各部位の電流値

血圧、動脈血電流値に変動がなく、腸運動がみとめられない時点での電流値(以下恒常値)を、Ie、C₁~C₆についてみると図11のごとくであった。その平均値は、それぞれ、49nA、46nA、48nA、34nA、49nA、37nAであった。これら平均値間には統計学的に有意差はみとめられない。すなわち恒常状態では、測定点のいずれの部位

図11 各部における恒常値

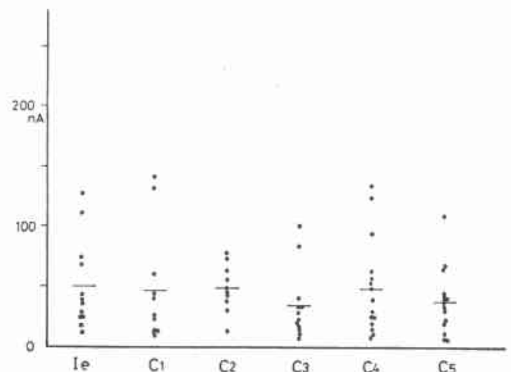
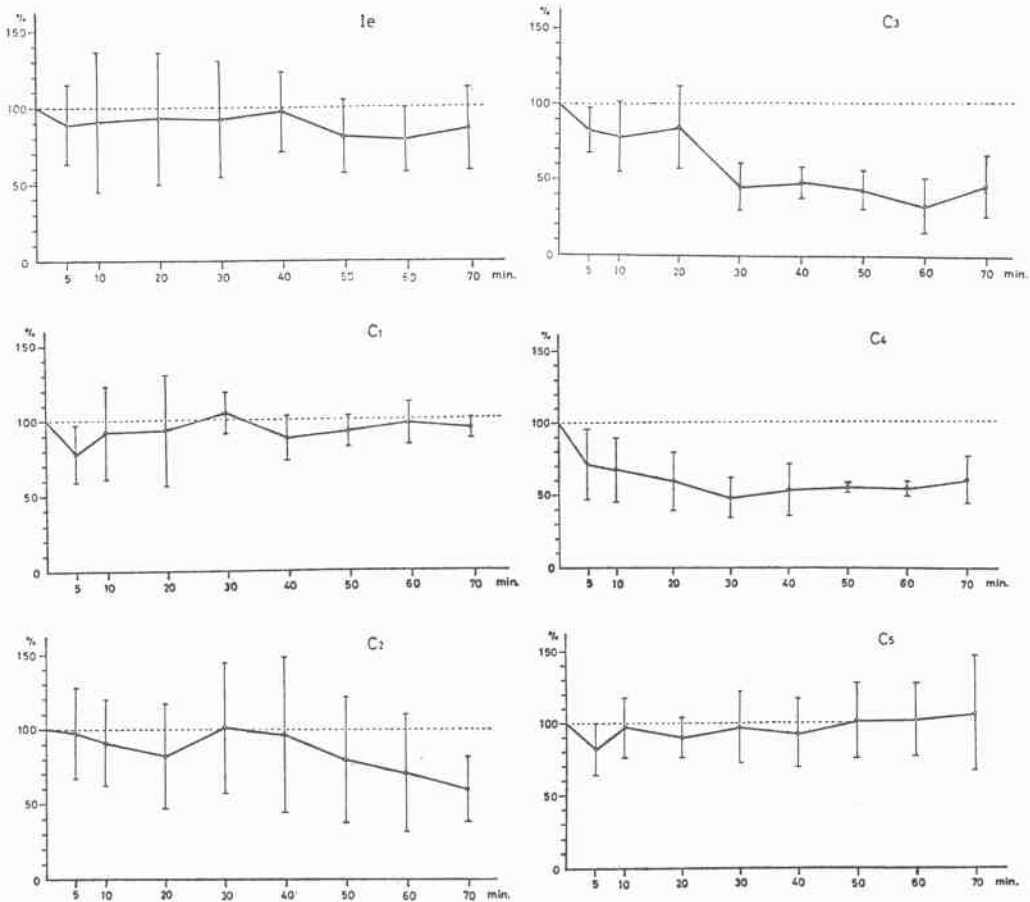


図12 尾側腸間膜動脈根部結紮後の各部位における電流値の変動 (mean±S.D.) 恒常値を100%として表示した。



においても、電流値に差異はないと判断された。

2. 尾側腸間膜動脈根部結紮時の腸管における電流値の変動

第1群において恒常値を100%として、尾側腸間膜動脈根部結紮後の Ie, C₁~C₅ の電流値の変動を経時的に観察した(図12)。

結紮後の電流値の変動パターンは、各部位によってあきらかな相違がみとめられた。すなわち、Ie, C₁ の変動は小さく、C₂ では、30分後に101.0±14.2%とピークをみとめ、その後減少する傾向を示した。C₃ および C₄ の変動パターンは類似していた。C₃ では20分から30分にかけて、83.5±26.9%から44.5±15.1%と、電流値が大きく減少し、60分後には33.3±17.7%と最低となった。C₄ では、30分後に48.4±14.2%と最低値を示したのち、

50~60%とほぼ一定の値をとった。一方 C₅ の変動は小さく、5分後に81.9±18.0%を示すほかは90~100%の変動にとどまり、50分以後では、前値より上昇する傾向がうかがわれた。

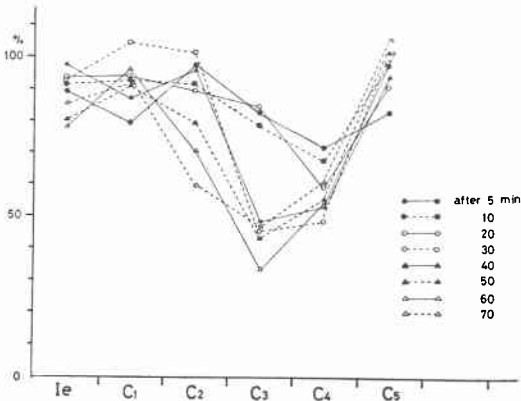
Ie, C₁~C₅ を横軸にとり各時間における平均値を示すと、5分後をのぞき、C₃ および C₄ でいずれの時間でも、他の部位に比較し、電流値が低下していることがあきらかである(図13)。30分および60分後の値では(表1)、部位別平均値に有意差がみとめられた(P<0.05)。

すなわち、尾側腸間膜動脈単結紮に際しての腸管部位別の電流値変動を小さいものから大きいものへとなると、30分後では、C₁, C₂, C₅, Ie, C₄, C₃, 60分後では、C₅, C₁, Ie, C₂, C₄, C₃ の順序であった。

表1 30分および60分後の部位別電流値変動(恒常値を100%とする),第1群

after 30 min					
Ie	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
95%	108%	107%	25%	25%	75
151	85	79	67	54	71
74	119	168	46	43	88
29		50	40	68	133
127				52	119
109					
60					
92.1 ± 38.4	104.0 ± 14.2	101.0 ± 43.6	44.5 ± 15.1	48.4 ± 14.2	97.2 ± 24.6
mean ± S.D.					
after 60 min					
Ie	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
91	95%	81%	33%	57%	71%
105	79	16	22	58	100
58	114	124	62	48	133
58		57	16		
78.0 ± 20.6	96.0 ± 14.3	69.5 ± 39.1	33.3 ± 17.7	54.3 ± 4.5	101.3 ± 25.3
mean ± S.D.					

図13 尾側腸間膜動脈根部結紮後の部位別平均値の比較



3. 下方血行遮断後尾側腸間動脈根部結紮時の腸管における電流値の変動

第2群における観察で, 下方腸管および頭側直腸動脈静脈結紮離断後, 約45分のちこの状態での恒常値を示すのを待って, 尾側腸間膜動脈を結紮, 測定をつづけた(図14).

第1群に比べて, 総じて変動は小さく, 部位における変動の差異も明確ではなかった.

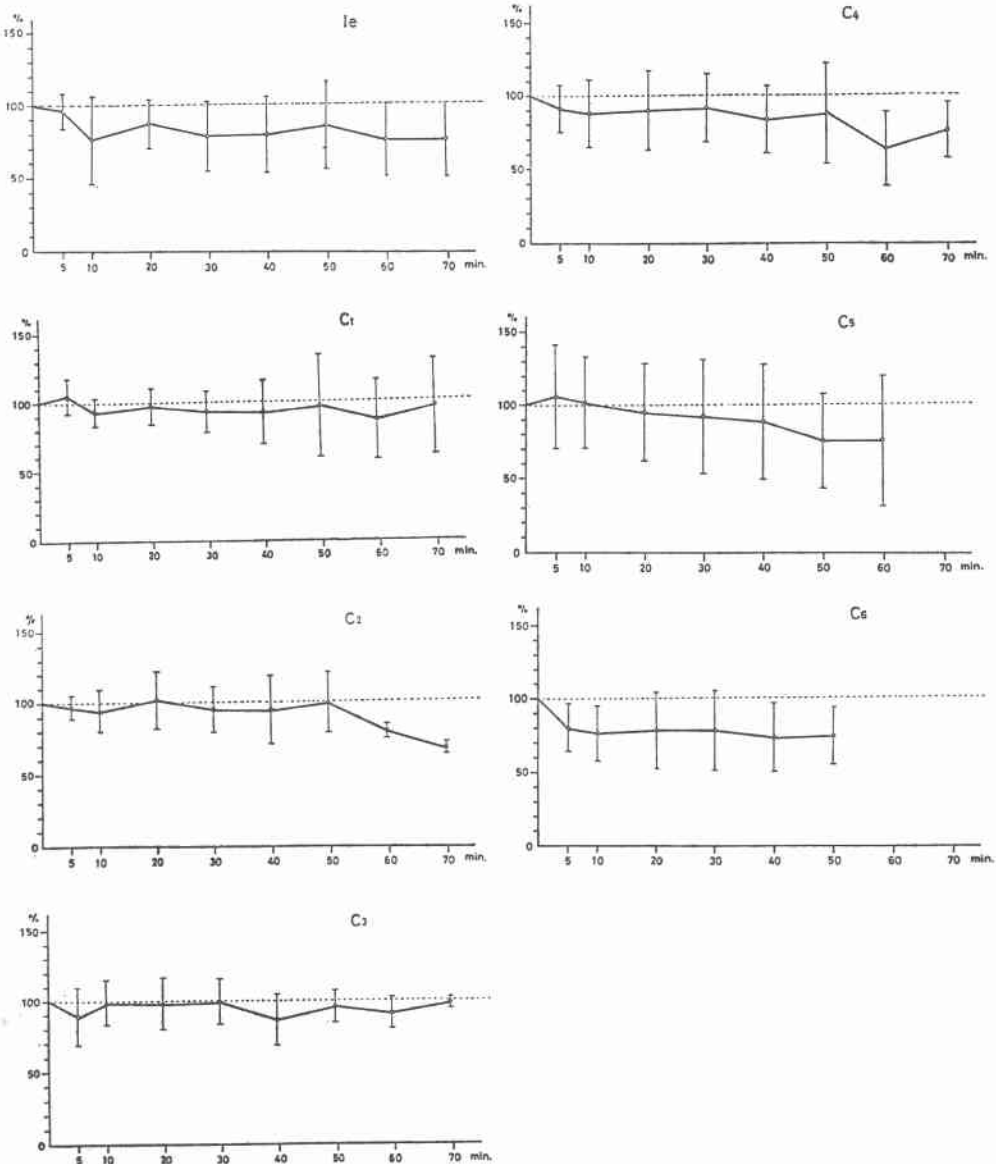
Ie では10分以後, ほぼ75~85%のレベルを保ち, 60分後に75.0 ± 25.0%となった. C₁, C₂, C₃ の平均値の変動は小さく, 50分までは-20~+5%にとどまったが, C₂ では60分後, 79.0 ± 4.8%と低下した. C₄, C₅ では60分後にそれぞれ最低値を示し, 時間の経過とともに減少する傾向を示した. C₅ での変化は比較的大きく, 5分後に79.7 ± 15.9%の値をとったのち一定のレベルを保った.

各時間における平均値の変動では(図15), C₃からC₅まで, 肛門側腸管の電流値ほど減少する傾向があるが, 30分および60分における値(表2)での部位別の平均値の検定では有意差をみとめなかった.

4. 上方血行遮断, 中直腸動脈結紮離断後の尾側腸間膜動脈根部結紮時の腸管における電流値の変動

第3群における結果である(図16). C₅, C₆ に腹膜反転部における測定(R)を追加した. 反転部以下での大腸における測定も試みたが電極の固定が十分えられず計測からは除外した. 手術操作後, 第2群と同様, 約45

図14 下方血行遮断後尾側腸間膜動脈根部結紮後の各部位における電流値の変動 (mean±S.D.)



分のちに観察を開始した。

C₆では30分後に72.5±23.4%を示し、その後ふたたび下降した。C₅では40分後に71.0±17.3%と最低値を示したのち、上昇する傾向を示した。Rの変動は、前2者に比較すると小さく、80~90%の値を維持した。

30分および60分における値(表3)では、部位による平均値に有意差は、みとめられなかった。

5. 尾側腸間膜動脈根部結紮の血圧におよぼす影響

尾側腸間膜動脈根部結紮により血圧は上昇する例が多かった(図17)。これは、いずれの実験群でも同じであった。

血圧の上昇時間は、まったく不定であり、5分以内にもとにもどる例、結紮している間上昇している例等、一定の傾向はみとめられなかった。上昇の程度は、15~70%におよんだ。なかには、ほとんど変化のない例もみとめたが、前値より低下したものは、測定例中1例もみと

図15 下方血行遮断後尾側腸間膜動脈根部結紮後の部位別平均値の比較

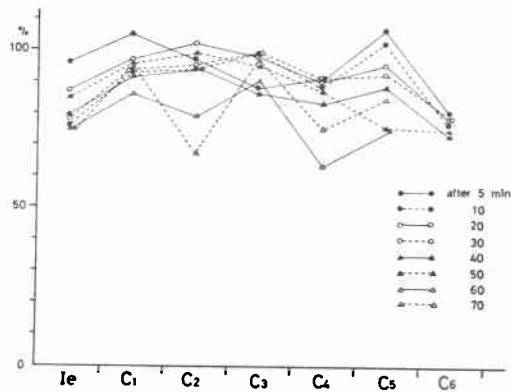


表2 30分および60分後の部位別電流値変動, 第2群

after 30 min						
Ie	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
50%	92%	93%	113%	94%	165%	52%
115	107	129	79	64	118	66
97	103	100	92	93	87	85
65	84	63	100	120	43	50
64	63	95	126	68	30	110
	105	104	83	59	106	57
	100	86	85	105	93	56
		92	91	85	68	137
		91	92	129	70	89
			124	42	81	77
				76	158	
				110	38	
				96	136	
				100	85	
				112	100	
				104		
78.2 ± 24.0	93.4 ± 14.5	94.8 ± 16.3	98.5 ± 16.0	91.1 ± 23.1	91.8 ± 39.0	77.9 ± 26.8

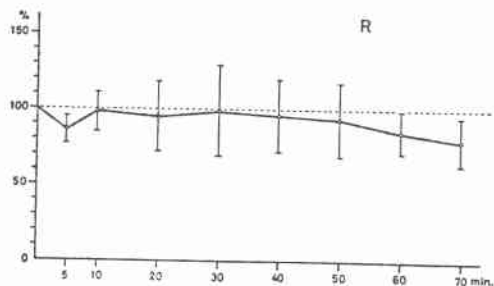
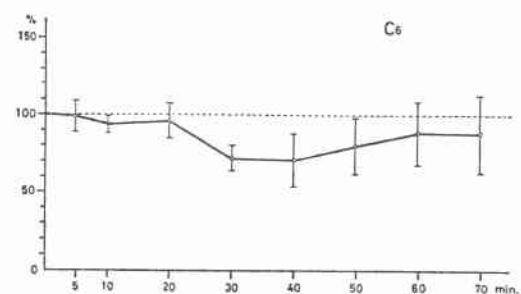
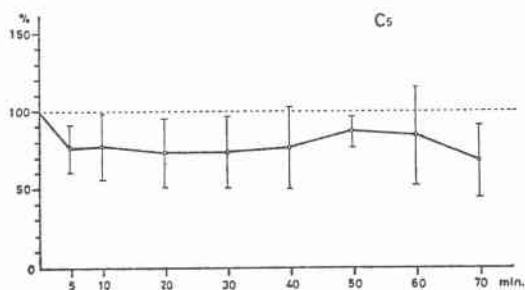
mean ± S.D.

after 60 min

Ie	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
100%	125%	81%	100%	111%	155%
50	69	75	78	50	70
75	63	74	104	62	64
		86	90	55	20
			77	37	65
75.0 ± 25.0	85.7 ± 27.9	79.0 ± 4.8	89.8 ± 11.0	63.0 ± 25.3	74.8 ± 44.0

mean ± S.D.

図16 上方血行遮断，中直腸動脈結紮，離断後の尾側腸間膜動脈根部結紮後の各部位における電流値の変動 (mean±S.D.)



められなかった。

IV. 総括ならびに考察

低位 S 状結腸および直腸の悪性腫瘍の手術に際し，下腸間膜動脈をどのレベルで結紮切断すべきかという点については，多くの議論のあるところである。

1908年 Miles¹⁴⁾ は，左結腸動脈が分岐する直下で切断することを唱え，同じ年 Moynihan¹⁵⁾ は，根部での結紮をすすめている。1948年 Dixon により括約筋温存術式としての前方切除術が紹介されたが，この年 Bacon¹⁶⁾ は Sudeck 以来の，S 状結腸，上部直腸への血管分布に関する研究を括約筋温存術式との関連で総説し，S 状結腸動脈第一枝の分枝下で結紮するのが，合理的であると述べている。

表3 30分および60分後の部位別電流値変動，第3群

after 30 min		
C ₅	C ₆	R
84%	79%	84%
96	73	104
90	77	86
76	59	78
26		163
63		78
72.5 ± 23.4	72.1 ± 8.0	98.9 ± 30.0
mean ± S. D.		
after 60 min		
C ₅	C ₆	R
87%	88%	88%
76	84	98
74	55	59
42	95	96
137	116	83
83.1 ± 30.9	87.5 ± 19.7	84.8 ± 13.9
mean ± S. D.		

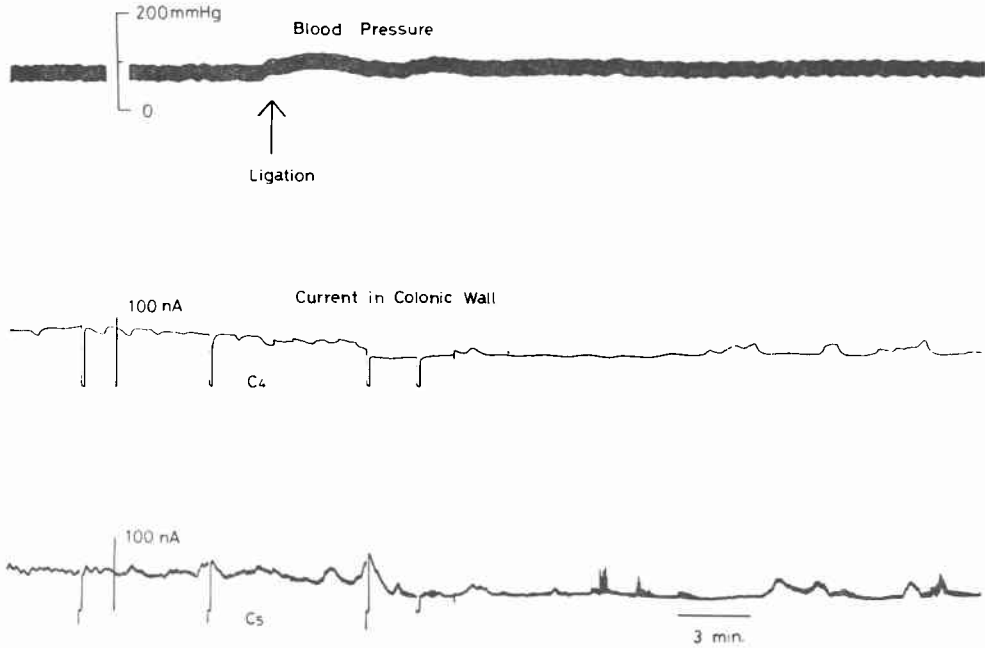
Ault¹⁷⁾ は，吻合部への血行は，下直腸動脈および辺縁の動脈により十分保持されうるとし，上方リンパ節転移を廓清するために下腸間膜動脈の根部での結紮（高位結紮）をふたたび提唱した。その後 Grinnell¹⁸⁾ は，高位結紮例と非高位結紮例の五年生存率の比較から，下腸間膜動脈根部リンパ節に転移のみとめられる場合には，外科的治療の範囲をこえろとし高位結紮に疑問をなげかけたが，現在では，根治的前方切除術にあたっては，高位で切断するのが普通である⁹⁾。

ところで，下腸間膜動脈結紮ないし閉塞が大腸におよぼす影響については，外科手術上の必要性から，また最近では，虚血性大腸疾患の病態生理の解明という点から，広く研究がすすめられている^{19) 20) 21) 22) 23)}。

古く，長谷川¹⁹⁾ は，イヌをもちいて，結腸および直腸腸間膜血管を結紮し，その時の腸管障害について検討，結腸の主幹動脈一本の結紮では，側副血行が新生し，腸管には血行不良による栄養障害はおこらないとした。

また，Marston²⁰⁾ は，同様にイヌ結腸支配動脈を組み合わせて結紮，尾側腸間膜動脈単独の結紮では6例中1例に軽度の腸管狭窄をみとめたものの，他の5例には，なんらの変化をみとめなかったと報告している。

図17 尾側腸間膜動脈根根結紮時の血圧変化



これらの知見に、腹部大動脈瘤の手術経験または、下腸間膜動脈閉塞症が臨床的に少ないという事実をあわせ、下腸間膜動脈単独の結紮ないし閉塞では、辺縁動脈が十分働いているかぎりには、ほとんど大腸に臨床的变化をおよぼさないというのが一般的見解である。

しかし、この見解は主として慢性的、形態学的観察によったものであり、血行遮断という操作直後の循環動態には必ずしも言及していない。

一方、最近の Mattheus ら²¹⁾²²⁾の実験によれば、中腸動脈と尾側腸間膜動脈を、ともに結紮した場合には、虚血性大腸炎が引き起こされたが、中結腸動脈を結紮した後、尾側腸間膜動脈を徐々に閉塞せしめた場合には、虚血性変化は生じなかったという。彼らは、この理由として、後者では副側血行が形成されるためと推察している。

すなわち、この実験は、時間的因子により主要動脈結紮の大腸血行におよぼす影響がことなることを示唆しており、下腸間膜動脈を結紮後、ただちに消化管再建術が必要となるような、外科的立場からは、従来の慢性的観察とは別に結紮直後の大腸血行動態を検討することが肝要と思われる。

さて、腸管の血流測定法には、Stromuhr によるther-

modulation method, venous drainage method などがあ
り、²⁴⁾最近では電磁血流計²⁵⁾, radioisotope の利用²⁶⁾が
めざましく、また超音波血流計を臨床に応用したとの報
告²⁷⁾もみる。しかしこれらの方法には、それぞれ一長一
短があり、目的に応じて方法を選択していかねばなら
ないのが現状で、血管結紮後の局所血流の変化を連続的に
とらえる確実な方法は現時点ではみあたらない。

そこで著者は、さきに飯島ら、教室小館により消化管
の血行動態を知る1つの方法であることが示された八木
式銅エナメル線酸素電極法をもちい、尾側腸間膜動脈結
紮前後の腸管組織酸素分圧の変動を観察、この際の血行
動態に検討を加えてみた。

まず尾側腸間膜動脈の単純結紮による腸管各部におけ
る電極の応答を記録した(第1群)。この測定は6ヶ所
において行ったがその電流値変動パターンは部位により不
定であり、尾側腸間膜動脈結紮による影響が、大腸の
部位によって一律でないことを示している。この際、時
間の経過とともに部位による差があきらかとなり、30分
および60分後ではこれらの部位別変化率に有意差をみ
とめた。C₃ および C₄ すなわち、中結腸動脈と尾側腸
間膜動脈の吻合動脈に対応する部位の大腸に電流値の低
下が著しいのが注目される。次に下方よりの血行を完全

に遮断した群（第2群）で同様に結紮前と比較した電流値の変動を記録した。この群での変動パターンの検討では第1群にみられた明確な部位差はみとめられなかったが、これは下方血行の遮断により結紮前の対照値が変化しているためと考えられる。

ここで、この測定法では、酸素が全く存在しない場合には、電流は理論的に流れえないので、各種操作を加える前の腸管電流値が、尾側腸間膜動脈 (a)、頭側腸間膜動脈 (b)、下方よりの側副血行 (c) それぞれが関与する電流値により維持されていると仮定すれば、第1群における結果は $\frac{b+c}{a+b+c} \times 100(\%)$ を示し、第2群における結果は $\frac{b}{a+b} \times 100(\%)$ を意味することになる。したがって、おのおの30分および60分における平均値を代入して、a, b, c の比率を算出し、a+b+c を100%としてそのしめる割合をあらわしうる (表4)。b, c が異

表4 尾側腸間膜動脈、頭側腸間膜動脈および下方よりの側副血行のそれぞれが関与する電流値 (a, b, c) の比率 (a+b+c = 100とする)

	30 min			60 min		
	a	b	c	a	b	c
Ie	7.9	28.3	63.8	22.0	66.0	12.0
C ₁	1.8	25.6	72.6*	4.0	24.0	72.0
C ₂	0.7	13.2	86.1*	16.0	64.2	23.8*
C ₃	0.8	49.9	49.3*	5.5	48.8	45.7*
C ₄	4.9	49.9	45.2*	31.1	52.9	16.0*
C ₅	2.8	31.4	65.8	1.2	3.5	95.3*

* b, c 異符号

符号となるのは、b と c の方向性が逆であることを示唆すると考えられる。これより a+|b+c| をある時点における有効電流値と考えれば、それに対する尾側腸間膜動脈の関与する電流値の占める割合は、30分および60分の値からは、それぞれ Ie 7.9%, C₁ 3.7%, C₂ 1.0%, C₃ 55.9%, C₄ 51.6%, C₅ 2.8% および Ie 22.0%, C₁ 4.0%, C₂ 30.5%, C₃ 64.6%, C₄ 45.7%, C₅ 1.3% と算出される (図18, 19)。

第3群、すなわち上方よりの血行を遮断した遊離大腸での尾側腸間膜動脈分岐部に対応する部位から肛門側における測定群では、30分および60分後のいずれでも、変化率に部位による差をみとめなかった。またその値も70%程度にとどまったが、これは、肛門側遊離大腸においても下方よりの血行が関与する電流値の占める割合が大きいことを示しており、第1群および第2群から得られ

図18 各部位の有効な電流値に尾側腸間膜動脈が関与する比率 (30分値よりの推察)

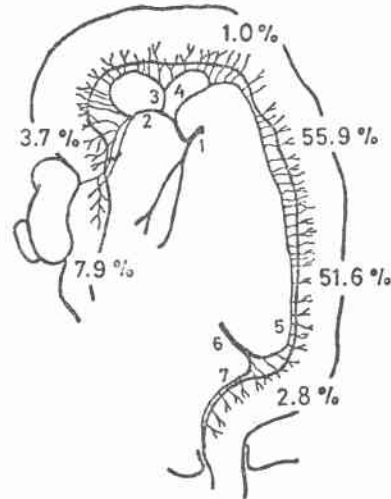
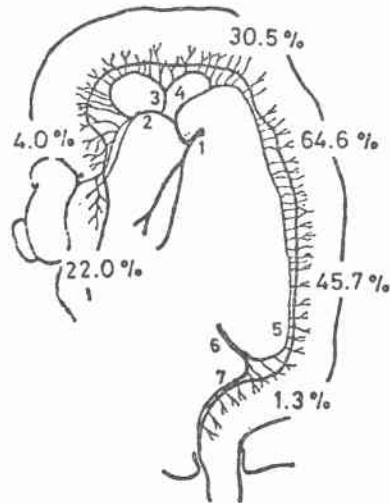


図19 各部位の有効な電流値に尾側腸間膜動脈が関与する比率 (60分値よりの推察)



た結果をうらづけると考えられる。

ところで、八木らによれば、本電極法による測定値は反応系内の酸素分圧を代表し、組織内にあっては、組織への血液循環を強く反映するという。また、組織酸素分圧は、組織血流のほかにも動脈血酸素分圧、組織酸素消費量によって左右され²⁹⁾、さらに酸素拡散係数、温度、pH などによって影響をうける³⁰⁾³¹⁾ことが知られている。測定電流値が、血液循環を正しく反映するためには、これらの因子が一定という条件が必要となる。

虚血による組織酸素消費に関しては、最近 Bowen²⁹⁾ は、イヌ胃粘膜について、血流が50%減少しても、不変であったと報告している。

また、温度、pH による電流値の変異は、*in vitro* の実験で、温度5.0~40°, pH3~9にわたる変動に対して、10%程度であることが示されている³⁾。

著者は、そのほかの因子を一定に保つように実験をすすめたが、予備実験で指摘したごとく、腸管の場合には、蠕動の存在があり、測定環境を維持しがたい。この測定環境の変化が、酸素拡散係数はかにどのように関与しているかについては、不明のままであり、測定電流値の解釈については慎重を期さねばならない点も多いと思われる。

本実験において、5分、10分後の結紮早期に部位による差異が明確でなかったのは、血管結紮という侵襲で、血圧上昇や腸管運動の変化がおこり、測定環境に不定の要素が入りこんだためと推察される。

しかし、血管結紮後、比較的長時間にわたるパターンで観察し、かつポリチャンネルで測定したことで、得られた電流値変動は、各部位の環境動態を相対的に比較する1つの指標となりえると考えられる。

さて、前方切除術の欠点の1つに縫合不全があげられている。諸家によりその発生率はさまざまであるが、最近の報告³²⁾でも7~9%とかなりの高率を示している。

幸い、前方切除術では、多くの場合吻合部が extraperitoneal におかれるため、致命的なものは少ないが、患者および医師のいずれにとっても不快な合併症であることにはかわりはない。そのため、縫合不全を防ぐ一法として、side-to-end の吻合法を推奨したり³³⁾、また上直腸動脈の温存をとる人もいる³⁴⁾。

一般に縫合不全の原因には、全身的要因としての低蛋白血症、ビタミン不足などが、また局所的因子としての感染、創部の牽引などがあげられている³⁵⁾が、なかでも局所の血行障害に伴う低酸素血症が重大であり、吻合部への十分な血行の確保が、縫合不全防止の第一歩となることに異論はない。

創傷治癒に酸素のはたす役割については、多くの研究³⁶⁾³⁷⁾がなされているが、局所のコラーゲンおよびRNAの産生を賦活し、酸素中毒をおこさない範囲内の酸素分圧の上昇は創の張力を増加させることが示されている³⁸⁾。

したがって、吻合に際して腸管の各部位において血行、組織酸素分圧に相違がみられるとすれば、より豊富

な部位を吻合腸管として選択する方が、縫合不全防止に望ましいと考えられる。

根治的前方切除術を想定して行なった著者のイヌをもちいての実験では、尾側腸間膜動脈根部結紮後、中結腸動脈と尾側腸間膜動脈との吻合動脈に対応する腸管で電流値の減少が著しかった。また、下方血行を遮断しての測定での結果とあわせ、各血行の電流値に占める割合が、仮りに算出され、吻合動脈の口側1/3より肛門側に対応する腸管では、尾側腸間膜動脈および下行よりの副血行路に関与する電流値が大きいたことが示された。

吻合時の肛門側腸管については、反転部以下の腸管での情報が得られなかったので、十分な吟味はできかねたが、少なくとも、中直腸動脈および尾側腸間膜動脈を結紮しても、さらに下方よりの血行で、ある程度電流値が保たれることが知られた。

直接、臨床にあてはめることはできないが以上の実験成績は、前方切除術で下腸間膜動脈を根部で結紮する際の吻合にあたっては、口側腸管は中結腸動脈支配域、すなわち横行結腸とするのが望ましいことを示唆している。

V. 結 語

著者は、雑種成犬80頭をもちいて、八木式銅エナメル線電極法により実験的に尾側腸間膜動脈根部結紮時の、各部位の腸管における組織酸素分圧変動を観察し、この際の血行動態に検討を加えた。

1. 測定部位は、血管走行にしたがい8ヶ所とした。すなわち回腸末端部 (1e)、上行結腸起始部 (C₁)、中結腸動脈が左右に分岐する点に対応する大腸 (C₂)、尾側腸間膜動脈の分岐部に対応する大腸 (C₃)、C₂ と C₃ の間を3分割し、その各境界線に対応する大腸 (C₃、C₄)、腹膜反転部の大腸 (R) および C₃ と R を2分する点に対応する大腸 (C₅) である。

2. 恒常状態における酸素電極電流値に部位による差はみとめられなかった。

3. 尾側腸間膜動脈の単純結紮では、時間の経過とともに部位による電流値変動の相違があきらかとなり、C₃ および C₄ での電流値の低下が大きかった。

4. 下方血行遮断状態および上方血行遮断、中直腸動脈結紮離断状態での結紮では、いずれも部位による差はあきらかでなかった。

5. 結紮後、多くの例で血圧の上昇がみとめられた。

6. 尾側腸間膜動脈の関与する電流値の各部位における割合が示され、30分および60分における変化率の平均

値からは、それぞれ I_e 7.9%, C_1 3.7%, C_2 1.0%, C_3 55.9%, C_4 51.6%, C_5 2.8%および I_e 22.0%, C_1 4.0%, C_2 30.5%, C_3 64.6%, C_4 45.7%, C_5 1.3%と算出された。

7. 腸管において電流値が正しく血行動態を反映するかは問題も多く、さらに検討を要すが、以上の実験的検討から尾側腸間膜動脈を根部で結紮する際には、中結腸動脈と尾側腸間膜動脈の間の吻合動脈に対応する大腸がもっとも強い影響をうけることが推察され高位結紮を行う前方切除術にあっては、吻合の際、横行結腸を口側腸管とすることが望まれると示唆された。

文 献

- 1) 浜口榮祐ほか：腹部外科手術書。588—589, 南山堂, 東京, 1974.
- 2) Dixon, C.F.: Anterior resection for malignant lesions of the upper part of the rectum and lower part of the sigmoid. *Ann. Surg.*, **128**: 425—442, 1948.
- 3) Mayo, C.W. and Fly, O.A.: Analysis of five year survival in carcinoma of the rectum and rectum and rectosigmoid. *S.G.O.*, **103**: 94—100, 1956.
- 4) Goligher, J.C.: Anterior resection of the rectum. *Surg. Techn. Illus.* II. 13, Little Brown and Co., Boston, 1977.
- 5) 丸山圭一：食道，胃，小腸，大腸の微細血管構築（吻合部癒合反応への影響）。現代の臨床，9，92—98，1975.
- 6) Goligher, J.C.: Surgery of the anus, rectum and colon. Bailliere Tindall, London, 1975.
- 7) 飯島 仁ほか：実験的上腸間膜血行障害時における支配腸管局所酸素分圧の変動。日外会誌，74，1309—1311，1973.
- 8) 八木舎四ほか：酸素電極としての銅エナメル線電極。岩手医誌，15，193—202，1963.
- 9) 小館昭示：弘前医学掲載予定。
- 10) Davies, P.W. and Brink, F.: Microelectrodes for measuring local oxygen tension in animal tissues. *Rev. Sci. Inst.*, **13**: 524—533, 1942.
- 11) Connelly, C.M.: Methods for measuring tissue oxygen tension: theory and evaluation: the oxygen electrode. *Fed. Proc.*, **16**: 681—684, 1957.
- 12) Sidky, M. and Bean, J.W.: Influence of rhythmic and tonic contraction of intestinal muscle on blood flow and blood reservoir capacity in dog intestine. *Am. J. Physiol.*, **193**: 386—392, 1958.
- 13) Miller, M.E., et al.: Anatomy of the dog. W.B. Saunders Co., Philadelphia and London, 1964.
- 14) Miles, W.E.: A method of performing abdominoperineal excision for carcinoma of the rectum and of the terminal portion of the pelvic colon. *Lancet*, **2**: 1812—1813, 1908.
- 15) Moynihan, B.G.A.: The surgical treatment of cancer of the sigmoid flexure and rectum. *S.G.O.*, **6**: 463—466, 1908.
- 16) Bacon, H.E. and Smith, C.H.: The arterial supply of the distal colon pertinent to abdominoperineal proctosigmoidectomy, with preservation of the sphincter mechanism. *Ann. Surg.*, **127**: 28—33, 1948.
- 17) Ault, G.W., et al.: Clinical study of ligation of the inferior mesenteric artery in left colon resections. *S.G.O.*, **94**: 223—228, 1952.
- 18) Grinnell, R.S.: Results of ligation of inferior mesenteric artery at the aorta in resections of carcinoma of the descending and sigmoid colon and rectum. *S.G.O.*, **120**: 1031—1036, 1965.
- 19) 長谷川吉弥：結腸及び直腸腸間膜血管結紮と腸の栄養障害との関係に就ての実験的研究。日外会誌，34，835—879，1933.
- 20) Marston, A., et al.: Experimental study of devascularization of the colon. *Gut*, **10**: 121—130, 1969.
- 21) Mattheus, J.G.W. and Parks, T.G.: Ischaemic colitis in the experimental animal. I. Comparison of the effects of acute and subacute vascular occlusion. *Gut*, **17**: 671—676, 1976.
- 22) Mattheus, J.G.W. and Parks, T.G.: Ischaemic colitis in the experimental animal. II. Role of hypovolaemia in the production of the disease. *Gut*, **17**: 677—684, 1976.
- 23) Villiers, D.R.: Ischaemia of the colon: An experimental study. *Brit. J. Surg.*, **53**: 497—503, 1966.
- 24) 沖野 暹ほか：血流測定。235—236, 医学書院, 東京, 1974.
- 25) 戸倉康之：Vagotomy と Splanchnic hemodynamics に関する実験的研究，とくに非麻酔下における迷切と正弦波電磁血流計による上腸間膜動脈血流量の相関について。日外会誌，72，1617—1633，1971.
- 26) Hulten, L., et al.: Colonic blood flow in cat and man as analyzed by an inert gas washout technique. *Gastroenterology*, **70**: 36—44, 1976.
- 27) Kurstin, P.D.: Ultrasonic blood flow assessment in colon esophageal bypass procedures. *Arch. Surg.*, **112**: 270—272, 1977.
- 28) Meyer, J.S. and Brown, D.D.: Studies of cerebral circulation in brain injury. *EEG Clin. Neurophysiol.*, **7**: 511—528, 1955.

- 29) Bowen, J.C. and Garg, D.K.: Effect of graded mechanical ischemia on oxygen tension and electrical potential in the canine gastric mucosa. *Gastroenterology*, **73**: 84—88, 1977.
- 30) 八木舎四 ほか：酸素電極法の適用限界について。日新医学, 49, 235—246, 1962.
- 31) 木村嘉憲：有茎腸管の血行動態および血行動態および血行遮断の限界についての実験的研究。日外会誌, 73, 449—459, 1972.
- 32) Wilson, S.M. and Beahrs, O.H.: The curative treatment of carcinoma of the sigmoid, rectosigmoid, and rectum. *Ann. Surg.*, **183**: 556—563, 1976.
- 33) Baker, J.W.: Side-to-end colorectal anastomosis. *Surg. Techn. Illus. II*. 31—34, Little Brown and Co., Boston, 1977.
- 34) Fegiz, G., et al.: Preservation of the superior hemorrhoidal artery in resection of the colon and rectum. *S.G.O.*, **143**: 919—925, 1976.
- 35) 陣内伝之助 ほか：術前術後の管理と合併症, 250—253, 金原出版, 東京, 1963.
- 36) Hunt, T.K. and Pai, M.P.: The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *S.G.O.*, **135**: 561—567, 1972.
- 37) Vihersaari, T., et al.: Effect of changes in inspired oxygen tension on wound metabolism. *Ann. Surg.*, **179**: 889—895, 1974.
- 38) Niinikoski, J.: Effect of oxygen supply on wound healing and formation of experimental granulation tissue. *Acta Physiol. Scand. Suppl.*, **334**: 57—59, 1969.