日消外会誌　10（2）：178～190，1977年

空腸による食道再建術の研究

東京医科歯科大学医学部第1外科（指導：村上忠重教授）
平　出　星　夫

THE CLINICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES ON ESOPHAGEAL RECONSTRUCTION BY JEJUNUM

Hoshio HIRAIDE
First Department of Surgery, Tokyo Medical and Dental University, School of Medicine
(Director: Prof. T. Murakami)

食道癌手術の再建に空腸を利用した術式を胸壁前経路19例，胸骨後経路5例に試みた．空腸を頚部まで挙上するのに問題となる上部空腸間膜血管を5型に分類し臨床的にその難易を調査し，空腸脚作製前後および空腸脚の頚部まで挙上前後の先端部空腸動静脈酸素含量較差が縫合不全発生に意義あることを認めた．成犬を用い基礎実験として腸間膜血管の牽引および静脈鬱滞が Radioactive Microsphere 法による血流量，血液ガス測定による動静脈酸素含量較差に与える影響を検討した．以上の結果より食道再建に空腸利用の可能性を強調した．

索引用語　胸壁前および胸骨後経路食道再建術．上部空腸腸間膜血管，動静脈酸素含量較差 Microsphere 法

1．はじめに

食道癌切除後の消化管再建術式の基本原則には，①手術手技が容易で成功率の高いこと，②術後合併症ならびに愁訴が少ないことなどが要求される．現在これらの条件を満たすべく種々の術式が考案，実施されているが再建に用いて臓器および経路に関しては他の消化器疾患に対する外科療法に較べると定型的な方法が確立されているとはいいがたい[1)2)3)]．現在の再建術式は主として胸腔内または胸壁前皮下を経路として胃管または結腸を挙上する方法が利用されているが[4)]，食道の機能が単に食物の輸送路にすぎないとすれば，胃，結腸などのような重要臓器を犠牲にするよりは空腸のように比較的余裕のある臓器の一部を利用した方がより有利であると考えられる[3)5)18)]．空腸による食道再建の試みは古くから研究されているが[6)~16)]，十分な安全な空腸片の作製が困難であるとしてあまりかえりみられないのが現状である．著者は空腸による食道再建術の可能性をさぐらろうして，まず犬を用いて基礎実験を行いその安全性を検討したのち，臨床に応用し好成績を得たのでその成績を以下に報告する．

食道再建術においては利用臓器その経路のいかんにかかわらず吻合部縫合不全の防止が再建術式決定上の重要条件である．縫合不全発生の原因には全身的因子と局所的因子の両者を考えるべきであろう[17)]．局所的因子の中でもとくに血行動態の変化に関して詳細に検討した．血行動態といっても窮極的には組織の酸素消費量が大切であり，一般に組織の酸素消費量は血流量と動静脈酸素含量較差（PaO_2-PvO_2 difference）の積であらわさられる．したがって血行動態は単に血流量だけではなく同時に PaO_2-PvO_2 diff. すなわち血液ガスの面からも検討されねばならない．手術時空腸脚の作製の難易を判定するためにまず上腸間膜動静脈からの上部空腸動静脈の分岐の型，走行，太さおよび血管弓の状態など局所解剖を調査し新しく分類ならびに頻度の検討を行い，さらに生理的に腹腔内にあるべき空腸の一部が空腸脚として頚部まで皮下ないしは胸縦隔組織内で挙上される異常環境下の状況を血液ガス測定の面より検討することにした．

基礎実験としては雑種成犬を用いて遊離空腸管を作

製し，臨床に準じて腸間膜ひいては支配血管に張力を加えた場合，また静脈に鬱滞を生じさせた場合の血液ガスを経時的に検討した．有茎空腸脚の血流の変化はRadioactive Microsphere 法[19)20)]を応用し，粘膜，粘膜下組織と漿膜，筋層との血流比を測定して定めた．さらに雑種成犬の食道各部位および粘膜，粘膜下組織と外膜，筋層との血流の比較，胃，十二指腸，空腸，結腸の消化管における各組織血流量を測定し再建臓器としての安全性，吻合方法に関し考案を行った．

2. 臨床的研究

1) 研究対象

昭和48年2月より昭和51年3月までに東京医科歯科大第1外科に入院し手術を施行した66名を対象とした．66名中食道癌症例は25例，残りの41名は他種疾患のために開腹された患者で空腸の支配血管の走行型を検索するのに利用した．食道癌には全例に空腸による食道再建術を施行したが，そのうち吻合術の成績結果を判定し得たのは20例でその内訳は**表1**のごとく胸壁前経路の15例（食道癌切除例10例，By pass 手術例5例),残りの5例（食道癌切除例1例，By pass 手術例4例）には胸骨後経路に再建を行ったがこの5例は研究期間の後半昭和50年9月以降のものである．年齢は45歳から75歳（平均64.1歳）で男子17例，女子3例で70歳以上のものは6例を含み，食道気管支瘻を有したもの2例にも By pass 手術として本術式を実施した．

表1　空腸による食道再建症例

術式＼経路		胸壁前	胸骨後（胸骨切除）
切除再建	一期	$7\frac{Im\,4}{Ei\,3}$ $\left(3\frac{Im\,2}{Ei\,1}, 43\%\right)$	1 Im（1 Im，100%）
	二期	$3\frac{Iu\,1}{Im\,2}$ $\left(2\frac{Iu\,1}{Im\,1}, 67\%\right)$	0
再建のみ	一期	1 Ei　（0）	1 Im（1 Im，100%）
	二期	$4\frac{Iu\,1}{Im\,2}$（1 Im，25%）	$3\frac{Im\,2}{Ei\,1}$ $\left(3\frac{Im\,2}{Ei\,1}, 100\%\right)$

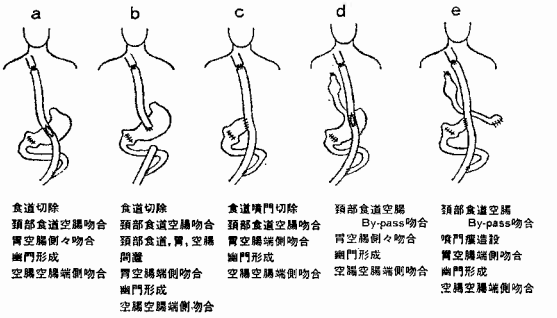
（　　）成功例

2) 研究方法

a）手術術式

食道再建術術式には原則として右開胸食道切除，胸壁前または胸骨後有茎空腸移植,頸部食道空腸端々吻合,胃空腸側々または端側吻合,幽門形成,空腸空腸端側吻合術を施行した（**図1—a**）.分割手術の際には第一期に胸壁前または胸骨後に頸部まで有茎空腸を挙上し断端は結合織内に埋没しておき，2～3週後に第二期手術として根治手術可能の時に右開胸食道切除，頸部食道空腸吻合を施行し，不可能な場合には開胸せず By pass 手術のみとし頸部にて食道空腸吻合を行った．有茎空腸脚は Treitz より約5～7cm 肛側にて空腸を切離し，さらに空腸動静脈の分岐を2～3本切離することにより作製した．胸骨後経路をとる場合には吻合部の緊張を緩和する目的で胸骨柄部分切除を併せて施行した．食道気管支瘻症例にはさらに胃噴門部を遮断し上腹部に外瘻としたものもあった（**図1—e**）.

図1　空腸による食道再建術模式図



b）検査方法

i）血液採取の方法と時期

1回目：有茎空腸脚作製直後，腹腔内において空腸脚先端部に近い空腸静脈より用手的にヘパリン加注射器にて2ml 採血した．同時に大動脈血および対照として正常の空腸の空腸静脈より同様に各々2ml 採血した．

2回目：胸壁前皮下を通して頸部まで空腸脚を挙上し，10分後に第1回目と同様な操作および部位から採血した．なお手術経過中ショック状態に陥った症例はなかった．

ii）血液ガスおよび pH の測定

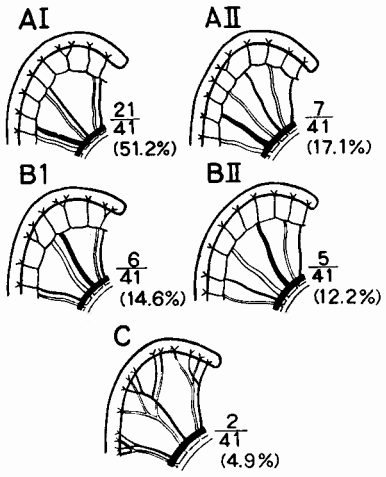
デンマーク，ラジオメーター社製の BMS-MK 2型の血液ガス分析装置にて pH, PO_2, PCO_2 を測定した．

iii）空腸動静脈の走行調査

有茎空腸脚を頸部まで挙上するには40～45cm の長さが必要であり，その末端の血流は空腸の支配血管である上腸間膜血管の分岐の空腸動静脈の走行の状態と各々の血管径の太さ，血管弓の状態により左右される．そこでまず上部空腸動静脈の走行を調査し図2のごとく5型に分類した．なお腸間膜内において上腸間膜血管から空腸に最初に分岐する枝を第1枝とし，以下2，3…枝と名づけた．

3) 研究結果

図2　上部空腸間膜血管の型分類



a）空腸動静脈および血管弓の走行型別の頻度

図2のごとく調査症例41例中第3枝の太い型（A型）が28例（68.3%）と最も多く，うち21例が動静脈併行型（I型）であり，非併行型（II型）は7例であった．第3枝以外が太いものをB型としたが，B型は11例（26.8%）で動静脈の併行，非併行型はほぼ半数ずつであった．動静脈弓の連絡の欠ける Arcus 不全型（C型）は2例（4.9%）あった．Arcus が連絡していてもその一部が欠けていたり，狭少となっている症例はなかった．

b）空腸脚先端部静脈血の血液ガスおよび pH の挙上前後の比較

挙上前の pH は平均7.416であり，挙上後は平均7.270であった（**図3**）．挙上前の PvO_2 は40mmHg から73 mmHg と幅があり，平均55.1mmHg，挙上後は30mmHg から50mmHg，平均39.3mmHg と下降している（**図3**）．$PvCO_2$ は挙上前は平均46.4mmHg，挙上後は49.0mmHg と上昇した．これらの数値と A，B 型との関係はなかった．

c）空腸脚作製前後における動静脈酸素含量較差の検討

正常の空腸静脈 PvO_2 を測定し PO_2A-V diff. を求め，空腸脚作製後の先端部から採血した PvO_2 を測定し，この時の PO_2A-V diff. を求め各々を比較した（**表2**）．各症例とも空腸脚作製後の A-V diff. 値が作製前より高く5%から40%増であった（平均17%）．各症例の

$$\frac{PaO_2\text{-}PvO_2\ \text{diff.（空腸脚作製後）}}{PaO_2\text{-}PvO_2\ \text{diff.（空腸脚作製前）}}$$

値を比較すると**図4**のごとくであり，成功例は1.05，1.06と低値を示した．

図3　空腸脚挙上前後の血液ガスの変動（空腸静脈）

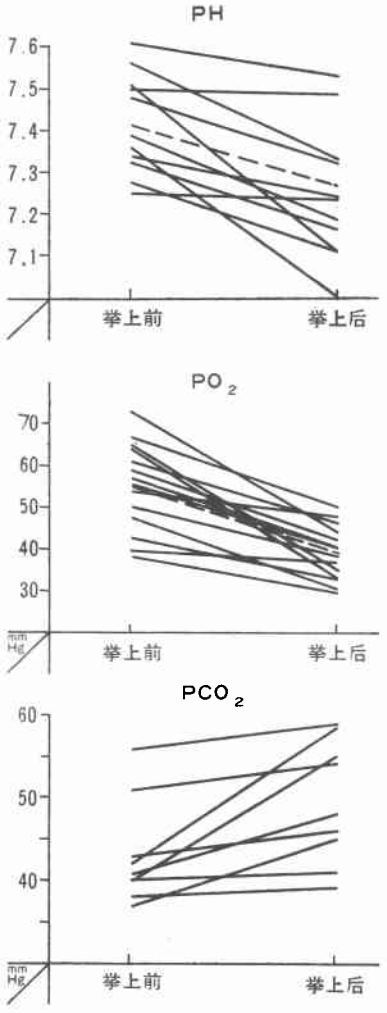


表2　空腸脚作製前後の動静脈酸素含量較差の比

症例	大動脈 PaO_2 mmHg	正常空腸 PvO_2 mmHg	PaO_2-PvO_2 diff.	空腸脚 PvO_2 mmHg	PaO_2-PvO_2 diff.	$\frac{PaO_2-PvO_2(前)}{PaO_2-PvO_2(后)}$
1	72	40	32	38	34	1.06
2	430	62	368	43	387	1.05
3	83	59	24	54	29	1.21
4	124	72	52	51	73	1.40
5	104	70	34	65	39	1.15
平均	162.6	60.6	102	50.2	112.4	1.17

d）空腸脚挙上前後における動静脈酸素含量較差の検討

胸壁前または胸骨後経路にて頸部まで挙上する前後の

図4　空腸脚作製前後における動静脈酸素含量較差の比

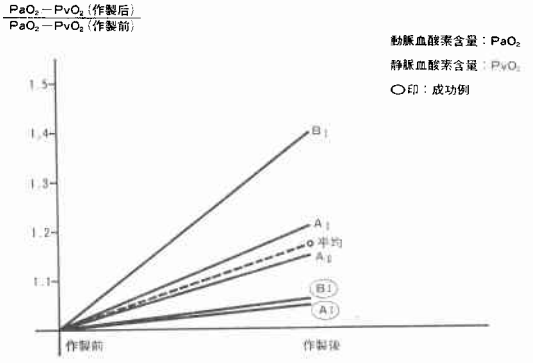
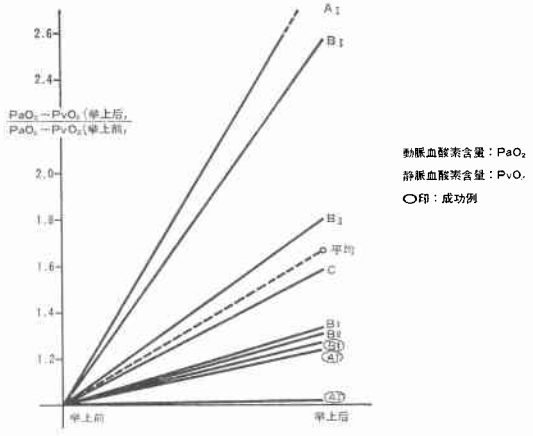


表3　空腸脚挙上前後の動静脈酸素含量較差の比

症例	挙上前			挙上后			挙上前后の PaO_2-PvO_2 diffの比
	PaO_2	PvO_2	PaO_2-PvO_2	PaO_2	PvO_2	PaO_2-PvO_2	
1	124 mmHg	72	52	113	44	69	1.33
2	82	56	26	81	40	41	1.58
3	165	67	98	173	50	123	1.24
4	430	35	395	440	43	397	1.01
5	141	37	104	175	40	135	1.30
6	95	57	38	108	40	68	1.80
7	80	47	33	126	30	96	2.91
8	205	66	139	212	35	177	1.27
9	86	63	23	92	33	59	2.57
平均	156.4	55.6	100.9	168.9	39.4	129.3	1.67

図5　空腸脚挙上前後における動静脈酸素含量較差の比



空腸脚先端部 PO_2A-V diff. は**表3**のごとくであり，全例において挙上後の値が高くなっている．この時の値を挙上前の PO_2A-V diff. と比較したものが**図5**であり，低値を示す3例が成功例であった．

4)　小括

空腸による食道再建術で術後成績判定しえた症例は20例で，昭48．2より昭50．9までの15例には胸壁前経路を施行し，切除再建10例中5例（50%）が術後経口摂取可能の成功例であり（一期的手術3例，二期的手術2例），By pass 手術のみの症例では5例中二期的に分割手術した1例（20%）に成功したにとどまった．昭50．9よりは胸骨柄部分切除を伴う胸骨後経路を施行し，一期的切除再建1例，一期的 By pass 手術1例，二期的 By pass 手術3例の5例のすべてに成功した．前半の胸壁前経路の成功率40%に対し，後半の胸骨後経路では成功率100%であり，空腸を利用する本術式が胃，結腸による再建術と比較して手術時間，出血量，手技上の難易度の点においても成功率の点からも少しも劣ることなく，とくに胸骨後経路による本術式の安全確実性が確立されたと考えられる．また食道気管支瘻症例2例中，咳嗽発作高度の1例には胃噴門部を遮断した上腹部に外瘻としたがいずれも術後食事摂取可能となり，咳嗽，発熱などの臨床症状が改善され，本法の侵襲がきわめて軽度であることが証明された．

空腸の支配血管である空腸動静脈の走行，太さおよび血管弓の状態などの解剖学的特徴には種々の型が存在しており，これを5型（**図2**）に分類した．食道再建に充分な長さの有茎空腸脚を作製するのには，第3枝を栄養血管とするのが有利であるので動静脈弓の形成不全なく，第3枝が最も太く，動静脈の併行型（AI 型）が最適である．第3枝以外の太い**B**型においては，第2枝を栄養血管とすると胸壁前経路では必要な長さを作製できない場合や，血管径の細い第3枝を栄養血管とするため空腸脚作製には不利であったが，胸骨後経路では必要の長さが短縮されるのでこの不利は克服できた．

一般に組織の血行動態は血流の面のみから問題にされる場合が多いが[21)22)]，組織へ酸素がいか程供給されているかは血流量と組織の動静脈酸素含量較差の積によるのであってこの両者は常に互いにバランスをとり，血流量の減少があれば静脈中の酸素含量が減少，すなわち動静脈酸素含量較差が増大することにより組織の酸素供給量が維持されていることになる．

本研究では食道との吻合部となる空腸脚先端部の静脈血の血液ガスを測定し，動静脈酸素含量較差を算定し，この値をさらに空腸脚作製前の無処置の空腸組織の動静脈酸素含量較差とを比較した．この

$$\frac{PaO_2\text{-}PvO_2\ (\text{空腸脚作製後})}{PaO_2\text{-}PvO_2\ (\text{空腸脚作製前})}$$

の値が1に近い程空腸脚作製による変化が小であることが推察される．同様に空腸脚を頸部まで挙上する影響は挙上前後の空腸脚先端部の動静脈酸素含量較差の比

$$\frac{PaO_2\text{-}PvO_2\ (挙上後)}{PaO_2\text{-}PvO_2\ (挙上前)}$$

であらわすことができ，この値が1に近い程影響が少ないことを示している．臨床例において空腸脚挙上時に静脈の損傷により血腫を形成した症例では挙上前後の動静脈酸素含量較差の比は2.91，2.57と高値を示し食道空腸吻合は失敗した．当然のことながら成功例の空腸脚作製前後の動静脈酸素含量較差の比は1に近く，成功例2例の平均値は1.05であり，失敗例3例の平均値は1.25であった．また挙上前後の動静脈酸素含量較差の比は前述した血腫形成症例2例を除いた場合，成功例3例の平均値は1.21であり失敗例4例の平均値は1.5であり明らかに差が認められた．動静脈酸素含量較差の比にみられる空腸動静脈の型の相異は空腸脚作製前後ではA型3例の平均値は1.14で，B型2例の平均値は1.23であり，挙上前後の値はA型2例の平均値は1.18，B型4例の平均値は1.43であった（血腫形成症例2例は除く）．このように第3枝の太いA型がB型と比較して値が小であることは，成功例11例中A型が9例，B型が2例であったことと考え合わせて空腸を利用する食道再建術においては空腸動静脈の走行，太さ，血管弓の状態がある程度重要視されねばならないと考える．

3. 基礎実験

1）実験動物および麻酔法

空腹時体重8～12kg の雑種成犬15頭を用い，Pentobarbital Sodium 10～15mg/kg を静注し麻酔下におき実験した．また実験中は麻酔直後から約50ml/kg の生食水の点滴静注を継続した．

2）実験A：血液ガス，pH の測定

a）検査方法

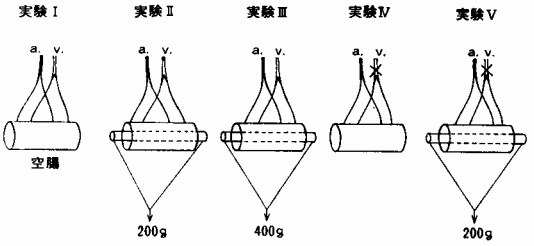
各種の有茎空腸管モデル（**図6**）の空腸静脈よりヘパリン加注射器にて経時的に約2ml ずつ採血し，BMS-MK 2型血液ガス分析装置器にて測定した．同時に大動脈および正常の空腸静脈より同じ方法で採血し測定した．これらはすべて熟練した1人の技術者に依頼して行った．

b）実験

i）実験Ⅰ：空腸茎における空腸静脈血液ガス測定

図6のごとく約10cm の有茎空腸管を作製しこれを対照とした．栄養血管は各1本の空腸動静脈で空腸静脈からの採血はモデル作製直後，30分後，1時間後の3回行った．

図6　各実験群モデル



ii）実験Ⅱ：空腸茎の牽引実験（200gの重さ）

実験Ⅰと同じ術式で空腸管を作製し（**図6**），この腸管を図のように上腸管膜血管とほぼ直角の方向に200gの重さで牽引し30分後，1時間後に空腸茎の長さを測定し空腸静脈から採血した．

iii）実験Ⅲ：空腸茎の牽引実験（400gの重さ）

操作は実験Ⅱと同様であるが400gの重さで牽引し（**図6**），空腸茎の長さの測定と静脈血の採血を行った．

iv）実験Ⅳ：空腸茎の静脈鬱滞実験

実験Ⅰと同様のモデルを作製し，空腸静脈の一部をはさみ静脈鬱滞を生じさせ（**図6**），経時的に空腸静脈から採血した．

v）実験Ⅴ：空腸茎の牽引と静脈鬱滞実験

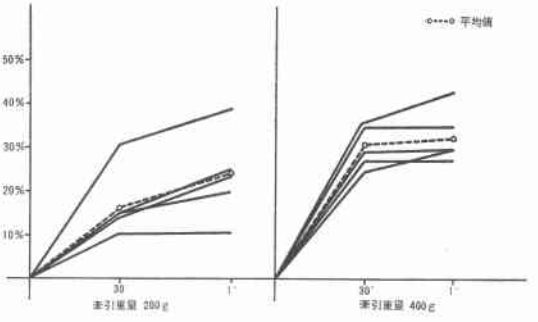
実験Ⅳと同一のモデルを作製し，これをさらに実験Ⅱの方法で200gの重さで牽引し，経時的に空腸静脈から採血した．

c）検査成績

i）空腸茎の牽引による長さの変化

空腸間膜は牽引重量200gでは30分で平均16%，1時間で平均24%の伸び率を示した．牽引重量400gでは30分で平均31%，1時間で平均32.5%の伸び率を示した（**図7**）．

図7　牽引による空腸間膜の長さの変化



ii）実験Ⅰの成績

空腸静脈の血液ガスはモデル作製直後，30分後，1時間後に測定し各々の値の平均値を**図8**で示した．その際同時に動脈血および正常空腸静脈の血液ガスの平均値も

図8　各実験における PH, PO_2, PCO_2 の平均値

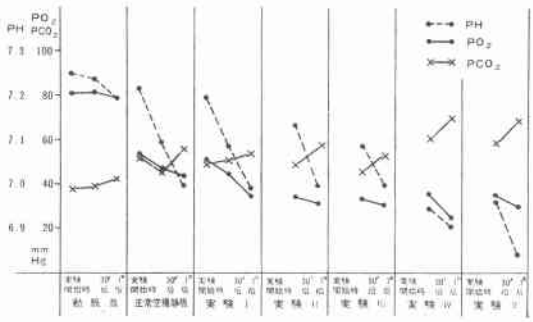


表4　実験Ⅰ～Ⅴの動静脈酸素含量較差と正常空腸との比

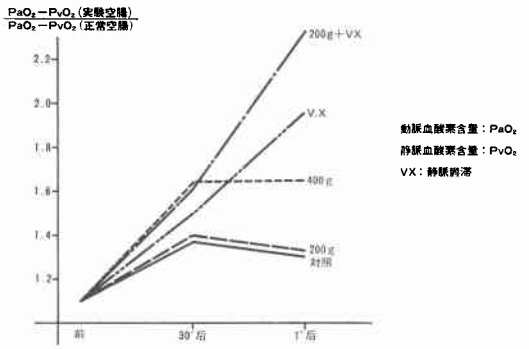
	症例	PaO_2-PvO_2 diff.			$\frac{PaO_2-PvO_2(実験)}{PaO_2-PvO_2(正常空腸)}$		
		直後	30後	1後	直後	30後	1後
正常の空腸	1	28.6	32.6	39.0			
	2	23.6	28.6	26.2			
	3	18.0	27.5	27.3			
	4	22.1	17.2	18.0			
	5	43.4	53.0	61.8			
	平均	27.1	35.0	34.5			
実験Ⅰ	1	24.8	36.4	55.0	0.87	1.12	1.41
	2	26.7	32.7	28.8	1.13	1.14	1.10
	3	25.0	51.0	34.8	1.39	1.85	1.27
	4	20.3	29.1	28.0	0.92	1.69	1.56
	5	50.8	55.8	73.0	1.17	1.05	1.18
	平均	28.3	40.6	48.0	1.09	1.37	1.30
実験Ⅱ	1		39.3	56.7			
	2		19.1	33.8		1.10	1.15
	3		33.6	32.9		1.17	1.26
	4		56.8	45.3		2.07	1.66
	5		21.0	21.9		1.22	1.22
	平均		38.2	46.4		1.39	1.32
実験Ⅲ	1		54.1	68.1		1.25	1.20
	2		47.9	65.2		1.99	2.17
	3		50.8	53.6		1.14	1.13
	4		50.8	53.6		2.20	2.09
	平均		31.3	45.8		1.649	1.65
実験Ⅳ	1		42.0	53.2		1.16	1.36
	2		31.5	42.8		1.50	1.49
	3		56.6	43.8		2.05	1.60
	4		28.6	27.4		1.66	1.63
	5		59.4	75.0		1.42	1.21
	平均		43.6	48.8		1.50	1.96
実験Ⅴ	1		43.0	83.0		1.32	2.13
	2		46.9	66.2		1.64	2.53
	3		64.1	45.6		2.33	1.67
	4		29.0	57.0		1.69	3.17
	5		60.0	70.3		1.13	1.14
	平均		48.6	64.4		1.62	2.33

図8で示したがさらに PaO_2-PvO_2 diff. 値を算出し，正常空腸の PaO_2-PvO_2 diff. 値と比較した．実験直後，30分後，1時間後の比較値はそれぞれ1.09，1.37，1.30（平均値）であった（**図9表4**）．

iii）実験Ⅱの成績

実験Ⅰと同様に200gの牽引実験の血液ガス測定値の平均を**図8**で示した．さらに PaO_2-PvO_2 diff. 値を算出し正常の空腸のそれと比較した．30分後，1時間後のそれぞれの比較値は1.39，1.32（平均値）であり実験Ⅰと余り差がなかった（**図9表4**）．

図9　牽引および静脈鬱滞時の経時的動静脈酸素含量較差の比



iv）実験Ⅲの成績

実験Ⅰと同様に血液ガス平均値は**図8**で示した．正常空腸の PaO_2-PvO_2 diff. 値と比較した値は**表4**で示すごとく30分後，1時間後はそれぞれ1.649，1.65（平均値）であった（**図9**）．

v）実験Ⅳの成績

実験Ⅰと同様に血液ガス平均値は**図8**で示した．正常空腸の PaO_2-PvO_2 diff. 値と比較した値は**表4**で示すごとく30分後，1時間後はそれぞれ1.50，1.96（平均値）であった（**図9**）．

vi）実験Ⅴの成績

実験Ⅰと同様に血液ガス平均値は**図8**で示した．正常空腸の PaO_2-PvO_2 diff. 値と比較した値は**表4**で示すごとく30分後，1時間後はそれぞれ1.62，2.33（平均値）であった（**図9**）．

d）小括

異常環境状態下の血行動態を論ずるには血流量と動静脈酸素含量較差とが検討されねばならないことを前述したが，この項ではその一方である動静脈酸素含量較差について基礎実験を行いその成績を述べた．

静脈の損傷による静脈流の鬱滞と空腸茎の支配血管すなわち空腸腸間膜内の空腸動静脈の Tension がどのように血液ガス的な変化をきたすかを求め，さらに異常状態の程度を示すパラメーターとして各実験群の動静脈酸素含量較差の比を比較検討した．

まず牽引により腸間膜がどれだけの伸長率をきたすかを**図7**で示したが，当然のことながら200 g より400 g の重量による牽引の方が伸長率は大であり，経時的な変化では400 g 群の方は30分後の伸長率は平均31％で1時間後のそれは平均32.5％で大幅な伸長率はみられなかった．これは伸長率の限度が約30％前後であることを示していると思われる．

牽引および静脈鬱滞実験の血液ガスを対照群とした実験Ⅰと比較すると pH, PO_2 の値は対照と同じ様にともに下降し，PCO_2 の値も同様に上昇している（**図8**）．とくに実験Ⅳ，Ⅴの静脈鬱滞実験ではその変化の程度がいちじるしい．しかし各症例毎の動静脈酸素含量較差値と正常空腸のそれとの比較が異常状態のパラメーターとなるのであって，その絶対数値だけの比較では余り意味がないと考えられる．動静脈酸素含量較差の比が1に近い程正常の空腸に近い状態であり，数値が大の程それだけ異常環境状態であることを意味しているのは前述した．**図9**で示すように200 g の牽引では30分値（15％の伸長率）および1時間値（24％の伸長率）ともに対照群と大差なくこの程度の牽引では血行動態に余り異常をきたさないと思われる（**図9**）．しかし400 g の牽引では30分値（31％の伸長率）および1時間値（32.5％の伸長率）ともに高値を示し，とくに30分値では静脈鬱滞実験の値が1.5であるのに対し，1.64と高値を示し短時間においては Tension の方が静脈鬱滞より血液ガスの変化に影響を与えやすいと考えられる．このことは1時間値の場合逆に静脈鬱滞群が異常に高値を示し（1.96），400 g の牽引群の値が1.65と30分値とほぼ不変であることからもいえる．しかし静脈鬱滞実験で時間とともに値が高くなり，牽引と静脈鬱滞実験ではさらにそれが顕著となることは，臨床例では挙上後の空腸の1時間はおろかきわめて長時間にわたる血行動態が問題になるのであるから静脈鬱滞の方が血行動態への影響はより大きいものと考えられる．

3）実験B：血流の測定

a）実験方法

血流の測定は3M Brand Tracer Microsphere 法[19)20)]により行った．この粒子は米国の Minesota Mining and Manufacturing CO.（3M）により開発されたものであり，今回の実験に使用した Microsphere の標識核種は ^{51}Cr，大きさ15±5 μ，比重約1.3で血液中に完全に混和し，1 mg 当りの粒子数は約440,000，懸濁液は10％デキストラン溶液，活面活性剤 Tween 20である．この Microsphere の100～200μci を実験犬の左心室に注入後大動脈および大腿動脈の2点に設置されたカニューレから一定時間（20～30秒）内に10ml の血液を採取し対照とした．その後直ちに心室内に Pentobarhital Sodium 500mg を注入し屠殺し目的とする臓器の組織片を切りとった．その重量を計測後 Well 型シンチレーションカウンターで Countし，1分間に1 g 当りの組織血流量を換算した．

b）実験

i）実験Ⅰ：有茎空腸脚の血流分布

Treitz より肛門側約5 cm で空腸を切離し血管弓を損傷しないように第1，2，3枝の空腸動静脈を結紮切断し，第4，5枝を栄養血管とする約30cm の有茎空腸脚を作製した．空腸脚の漿膜の色の変化を観察するとともに Microsphere を注入し，屠殺後先端部より3 cm 間隔にて空腸組織の小片（1～2 g）を切りとった．この小片をさらに粘膜と粘膜下組織，漿膜と筋層の2つに分けて各々を血流測定の対象とした．

ii）実験Ⅱ：空腸茎の血流変化

実験Aの実験Ⅰと同様に空腸茎を作製し Microsphere 注入後空腸組織を2ヵ所切りとり血流測定の対象とした．

iii）実験Ⅲ：空腸茎牽引による血流変化

実験Aの実験Ⅲと同様に空腸茎を200 g の重量で牽引し，30分後に Microsphere を注入し空腸組織の2ヵ所から組織片（1～2 g）を切りとり血流測定の対象とした．

iv）実験Ⅳ：静脈遮断による空腸茎血流変化

実験Aの実験Ⅰと同様な空腸茎を作製した後空腸静脈を結紮し静脈流を完全に遮断した．30分後にMicrosphere を注入し空腸組織片を切りとり血流測定の対象とした．

v）実験Ⅴ：静脈遮断と牽引による血流変化

実験Ⅳと同様な操作をし，さらに実験Ⅲと同様に200 g の牽引を加えた．30分後に Microsphere を左心室に注入し空腸組織片を切りとり血流測定の対象とした．

vi）実験Ⅵ：食道各部位の血流分布

Microsphere を注入後屠殺した犬の頚部から腹部までの全食道を摘出し，これを4等分し各部位で組織片を切離し血流測定の対象とした．さらにこの小片を内層（粘

膜と粘膜下組織）と外層（外膜と筋層）の2つに分けて各々を血流測定の対象とした．

vii）実験Ⅶ：消化管各臓器の血流の比較

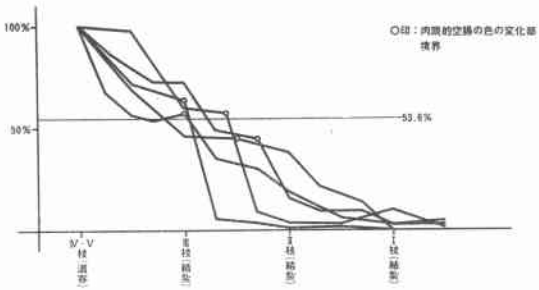
同様の操作後に胃体部前壁，十二指腸下行部前壁，空腸，回腸，横行結腸の各組織から2～3ケの小片を切離し各々を血流測定の対象とした．なお実験ⅠからⅦまでの一連の実験は同一犬にて同時に施行した．

c）実験成績

i）実験Ⅰの成績

有茎空腸脚各部位の血流量の比率は**図10**のごとくであり，空腸脚先端部に近い程血流分布の比率は漸減した．肉眼的に空腸の色が紫色に変色した循環不全の発生部位（**図10**の○印）の空腸脚起始部の血流に対する比率は45％から64％であり平均値は53.6％であった．正常空腸組織の内層（粘膜と粘膜下組織）の血流は82.4％，外層（漿膜と筋層）の血流比率は17.6％であり，空腸脚の一部である阻血空腸組織の内層，外層の血流比率は61.1％，38.9％であった（**図13**）．

図10　有茎空腸脚の血流分布



ii）実験Ⅱの成績

空腸茎作製により空腸の血流は正常の空腸の血流と比較して平均93.4％の減少をみた（**図11**，**表5**）．

図11　牽引時の血流の変化（30分後）　静脈結紮時の血流の変化（30分後）

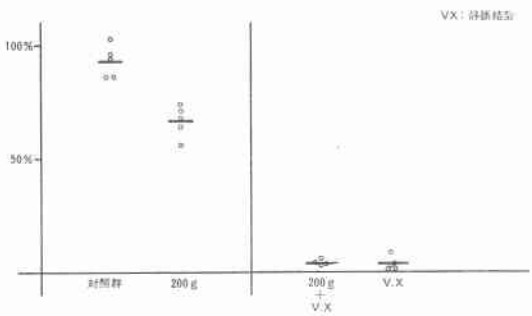


表5　正常空腸に対する空腸茎の血流量の比率（正常空腸 100％）

症例	空腸茎	200 g 牽引	静脈結紮	200 g 牽引 静脈結紮
1	86.0	55.2	3.3	1.3
2	93.8	71.2	8.7	——
3	104.0	65.0	2.8	4.7
4	87.0	73.0	1.0	3.0
5	95.0	67.0	4.0	4.0
平均	93.4％	66.4％	3.6％	3.75％

iii）実験Ⅲの成績

実験Ⅱの空腸茎を200 gの重さで牽引するとその空腸の血流は正常の空腸のそれと比較して平均66.4％に減少した（**図11**，**表5**）．

iv）実験Ⅳの成績

空腸静脈の遮断により空腸茎の血流は大幅に減少し，正常の空腸の血流と比較してわずか3.6％であった（**図11**，**表5**）．

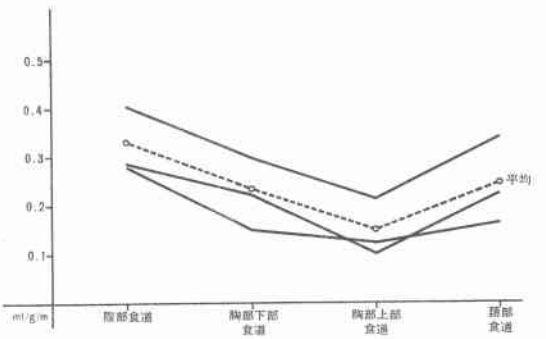
v）実験Ⅴの成績

空腸静脈の遮断と200 gの牽引実験では実験Ⅳとほとんど同様であり正常空腸に対する血流比は3.75％であった（**図11**，**表5**）．

vi）実験Ⅵの成績

食道各部位の血流分布は**図12**で示すように部位により異なり腹部食道が最も多く，ついで頸部食道，胸部下部食道，胸部上部食道の順であった．また食道の内層と外層の血流量の比率はそれぞれ24％，76％であった（**図13**）．

図12　食道の部位別血流分布



vii）実験Ⅶの成績

消化管各臓器の血流量は**表6**のごとくであり，食道が

図13　食道・空腸の内層・外層における血流比

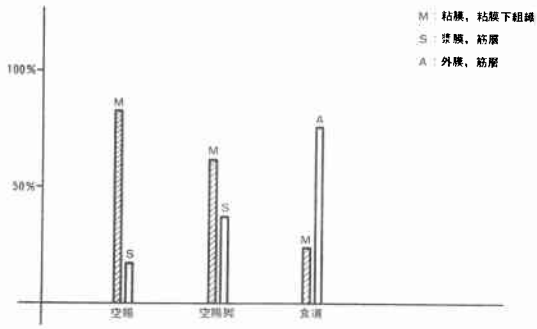


表6　各臓器の血流量

	血流量 ml/g/min	比(食道を100)
食　道	0.121	100
胃	0.365	302
十二指腸	0.505	417
空　腸	0.270	223
回　腸	0.316	260
大　腸	0.253	209

最も少なく0.121ml/g/min であり，十二指腸が最も多く0.505ml/g/min であった．

d ）小括

血流の測定法には従来から種々の方法[21)~27)]があるが本研究では現在実験的な臓器血流量測定法として理想的なものの1つとされる Radioactive Microsphere 法[19)20)]にしたがった．

実験的に第4，5枝の空腸動静脈を栄養血管とする有茎空腸脚を作製し血流分布を検討してみた．空腸脚における血行不全の程度を知る検査法に空腸の漿膜面のpH や温度の測定値より推定する方法[33)35)]があるが，肉眼的な色の変化が如何なる血流の変化によって起こるかはこれまで余り検討されていなく，空腸脚が紫色に変色する境界部の血流量が起始部の約53.6%であったことはいささか予想外で，cyanosis と推定される部位でも血流はかなりに保持されていることが明らかになった．また正常空腸の内層（粘膜，粘膜下組織）の血流が豊富で約82%を占めるのに対し，空腸脚の内層の血流量は約61%と少なく，外層（筋層，漿膜）と比較して血流量の減少率が大であった．このことは吻合法において外層吻合の重要性を評価することに通ずると考えられる[24)28)]．

実験Aで行った牽引による空腸茎への影響，および静脈流遮断による空腸茎の変化を実験Bでは血流量から検討すると，空腸茎作製のみで血流が約93%に減少したのは空腸茎作製前の口側および肛門側からの血管弓および壁内を縦走する粘膜下血管等からの血流が遮断されたためと考えられる．なおこの時の動静脈酸素含量較差値は実験AのIで示すように平均37%の増であった．

空腸茎を200gの重量で牽引した場合，30分後の空腸の血流量は平均66.4%に減少し，実験Aによる動静脈酸素含量較差値の増加率は約39%であり，平均値ではあるが血流が約34%減少したのに対し動静脈酸素含量較差値が約39%増加し空腸茎組織の酸素消費の減少を control している傾向にあることを示している．

4．考　　案

空腸を利用した食道再建術式は1904年 Wullstein[6)] によって最初に示唆され，その後 Roux[7)] が胸壁前皮下空腸移植に成功し，Herzen[8)] も相次いで空腸利用を行った．さらに胸廓内空腸移植による再建は Rienhoff[9)]，Harrison[10)]，Robertson[11)]，本邦においても桂，葛西[16)]などによって実施された．Yudin[12)] は80例の良性疾患に胸壁前経路で頚部まで空腸を挙上せんとしたところ，可能であったのは60例であり挙上不可能例は空腸血管の Arcus の状態が不適当であったためと報告している．同様に Oschner および Owens[13)] は空腸移植例35例中8例（22%）に空腸先端部の壊死による合併症があったと報告している．このように再建臓器として空腸が最も早く注目されたことの理由としてつぎの長所が考えられる．すなわち全胃保存により食物は生理的に近い経路をとり，したがって消化吸収が良好であること，食道と同程度の直径のため吻合に有利であること，術後の蠕動が良く胃管より回復が早いこと，腸管壁が結腸よりも厚く腸内細菌が少ないこと，血流の状態が比較的良好であること，狭窄の発生率が少ないこと，通過する食事内容が結腸などに比し胃，食道のそれに比較的近いものであることなどである．さらに最近の GI ホルモン類を考え合わせると胃を温存して空腸利用による生理的に近い状態の再建が望ましい．

一方空腸の利用は手術手技が複雑であること，長さに制限があること，結腸と比較して酸に弱いこと，Arcus に不全があるものがある，などの短所もあげられるが最終的には頚部まで挙上可能な充分な長さと縫合不全をきたさない血行が保持された空腸脚作製が困難であることが歴史の古さにもかかわらずその後空腸利用が普遍化しなかった理由であろう．このような欠点を除くために Longmire[14)] は遊離空腸の動静脈を内胸動静脈に吻合す

る術式を試みたり，Schumacker[15] は腸間膜血管を数段階に分けて切断することにより血管弓の発育を促がしたのちに遊離空腸の挙上を試みるなどの種々の工夫がなされたわけである．

上腸間膜血管の分岐である空腸動静脈の走行，Arcusの状態に関しては，Barlow[30] は257例について調査し，正常の血管弓型78.6%，血管弓が一部消失していたり狭少であるような異常型が15.7%，血管弓形成のない型5.7%と報告している．著者は41例の開腹手術症例において調査し，有茎空腸脚作製の難易からAⅠ，AⅡ，BⅠ，BⅡ，Cの5型に分類したがAⅠ型が最も挙上に有利でBⅠ型がこれにつぐことは前述したとおりで，教室の成功例11例中9例がこのAⅠ型であった．C型は著者らの経験は2例（4.9%）であったがこの場合当然空腸以外の臓器を選択せねばならない．これらの中間に位置するBⅡ型（12.2%）においても胸壁前再建経路では1例も成功例がなかった．これらの原則以外に空腸脚作製時の操作中血管損傷を発生せしめることなく，腸間膜を充分に延長せしめるためには空腸間膜内の動脈と静脈を別々に切離結紮した方がよいこと，とくに腸間膜に脂肪が多い時は血管を1本1本露出してから切離する必要のあること，分岐部近くで切離するときには分岐部からある程度距離をもたせて切ること，操作中に血腫を作らないことに留意することなどがきわめて必要である．

食道再建後の縫合不全の発生率は比較的高く再建経路，再建臓器によっても異なるが現在最も多い食道，胃吻合を例にとれば，胸壁前経路で縫合不全発生率は64.6～91%，その際の死亡率0～30%，胸骨後経路ではそれぞれ17.7～36.4%，0～25%とされ，さらに胸腔内経路ではそれぞれ6.5～17.5%，18.8～100%とされる[4)17)21)]．胸腔内経路をとれば縫合不全発生率は低いがひとたび発生すれば致死の可能性が大きい．したがって死亡率の低い胸壁前または胸骨後の経路が現段階ではより安全と考えられる．縫合不全の発生の原因は全身的因子としては術前の栄養障害，低蛋白血症，貧血などの他に高齢者の心肺機能障害の存在が注意される．開胸，開腹という過大侵襲のために肺合併症や循環不全が一度発生すると膿胸，Anoxia などがおこりやすい点も重要な意味を有する．

局所的因子としては食道に関しては不注意な食道剝離の際の栄養血管の損傷，迷走神経の切離による血行障害，食道鉗子などによる組織挫滅，食道は漿膜を欠き血流量が少ないとされるなどの他に手術手技の結果として吻合部の緊張，屈曲，手術後の特性として嚥下運動，呼吸運動による安静欠如，吻合部内圧の上昇，皮下の場合外部よりの圧迫，感染などがあげられる[17)]．本論文はこれらの多くの縫合不全発生因子の中から挙上空腸脚の血行不全の原因となる牽引と静脈鬱滞をとりあげて検討を加えたものである．

組織の酸素消費量は血流量と動静脈酸素含量較差（PaO_2-PvO_2 difference）の積であらわされる[36)39)]．一般に生理的な負荷の範囲では PaO_2-PvO_2 diff. はほぼ一定であり，酸素消費量の変動は血流量に依存しほぼこれと平行関係にあるとされる．しかし異常環境下における組織ではこの式の右辺，左辺ともに変動し，ある範囲内では血流量が減少すれば PaO_2-PvO_2 diff. が増加し，反対に血流量が増加すれば PaO_2-PvO_2 diff. が減少しバランスをとっているが，従来血流量に関しての研究は多いが血液ガスの検討は少なく当然両者が問題にされねばならない．臨床例での PaO_2-PvO_2 diff. に関し検討すると空腸脚自体が諸家の述べるごとく阻血空腸という一種の局所的異常環境状態と考えられ[28)29)]，全身麻酔下のcontrol された状態では PaO_2 には変化が余りないので PaO_2-PvO_2 diff. 値は PvO_2 値が小となるため較差値は大となり，阻血空腸の状態を示す良いパラメーターとなる．したがって空腸脚作製前後，頸部への空腸脚挙上前後いずれの場合も PaO_2-PvO_2 diff. 値を比較すると図4，5に示すように1に近く正常空腸と変らぬ症例に成功例がみられる．栄養血管が牽引され，圧迫され，鬱滞するという異常環境の程度が増す程 PaO_2-PvO_2 diff. の比はさらに大となる．胸壁前か胸骨後か経路別に PaO_2-PvO_2 diff. 値を検討すると，明らかに胸骨後の症例が1に近く牽引，圧迫，鬱滞の影響の受け方が少なく胸骨後の方が望ましい方法であると判定された．空腸動静脈の血管の走行および血管弓の状態と PaO_2-PvO_2 diff. 値の関係を検討すると，第3枝の太いA型の方がB型よりも値が小であり，血行，長さの点でA型の方が秀れていることを示している．しかしこれらの値はあくまで手術中の control 下での数値であり，この値が1に近い事が縫合不全の発生予防に望ましい要素ではあるが，術後の管理いかんによっては肺合併症，循環不全による Anoxia のために PaO_2 が低値をきたせば当然 PaO_2-PvO_2 diff. 値も小となる傾向になり，基礎実験で証明された血流量の減少と相まって吻合部組織の酸素消費量の減少は避けることができない．したがって術後の全身的な合併症の有無が縫合不全発生に直接関係してくる危険がきわめて

大きいと考えられる．動脈血 PO_2 の下降は術後3日目を peak とするとされ，石上[21)29)]，中山[17)]，川崎ら[31)]の述べる術後の大量酸素療法の重要性がここに裏づけされたことでもある．血液ガスに関する基礎実験では牽引，静脈鬱滞が明らかに組織の動静脈酸素含量較差に影響を与えるが，静脈鬱滞があると時間的に異常環境状態は進行するが牽引ではそれ程時間的に進行しない，これは静脈鬱滞の方が牽引よりも異常環境状態の因子としてはより大きな影響力を有していることを示すものである．

組織の血流測定法には種々の方法があり古くは墨汁などの着色剤注入法[32)]から，温度[33)]，pH[53)] などによる血流推定法，さらに P_{32} 標識赤血球浮遊液注入法[22)]，電磁血流測定法[23)26)34)]，熱電対血流測定法[27)]，MAA I^{131} 法[24)28)]，などがあるが，血流測定の根本条件は生体においてほぼ生理的に近い状態で測定しうること，測定結果を数量的に表現しうること，実験成績を左右する外的因子がほとんどないことなどであり，これらの条件を満たす方法として1958年 Sapistein[35)] により最初用いられた Radioisotope を label した Microsphere 法が現在理想的な実験的な臓器血流量測定方法であるとされ胃腸においても漸次利用されるようになった[37)38)40)41)]．

図10で示すように空腸脚作製による血流量の減少は明らかである．実験には犬を用いているので人間と血管弓の形成状態が相異しているのは無視し得ないがその傾向については臨床例と大差はないものと考えられる．

食道癌手術においては全迷走神経が切断されるのでこれによる血流減少も問題とされ，諸家の報告（Ballinger[51)]，Peter[45)]，石上[44)]）には比較的大きな幅があり，26.4～53.2%と一定しないが一時的なものであるにせよ（Tibblin[46)]）この現象の存在は縫合部の創傷治癒に不利な点である．食道自体が血流量が少ないということも合わせて，手術を二期に分割し血管新生をまって挙上空腸の血行を良好にする方法（佃[52)]）や吻合部に大網，腹膜，胸鎖乳突筋などで補強する方法（荒木[47)]，井口[24)]，羽生[49)]）が考案されたのも無理からぬところである．

腸管の肉眼的な Devascularization 部位の血流量は著者の実験では正常部位の53.6%であったが，石上[21)]は空腸では62～63%，胃管では70%と述べている．また木村[23)]は50.7%になると胃が壊死になると述べている．

空腸の外層（漿膜，筋層）と内層（粘膜，粘膜下組織）の血流量の比較は MAA I^{131} 法による井口[24)]の報告とほぼ同様で各々17.6%，82.4%であり，空腸脚作製による内層，外層の比率は61.1%，38.9%となり全体の血流量も減少するが，とくに粘膜，粘膜下組織においていちじるしく減少する．これにより阻血状態における吻合時には外層の縫合の重要性が杉町[28)]も述べるごとく示唆された．さらに食道の外層，内層の血流を比較すると空腸とは逆に各々76%，24%であり，食道と阻血状態の腸管との吻合は外層を重視した吻合法が選ばれるべきであろう．

腸間膜の牽引実験では長さで約16%増の Tension を加えた時，空腸の血流量は66.2%に減少し，PaO_2-PvO_2 diff. 値においては約137%の増加があった．木村[23)]は腸管の伸びと血流量の実験で腸管が25%伸びると血流量が76%に減少すると述べているが，実際に空腸を挙上した場合牽引されるのは腸管自身ではなく腸間膜（栄養血管の空腸動静脈）であるので，著者は実験に際しこの点を充分に重視した．

静脈流を完全に遮断した時の空腸血流量測定実験では30分後には浮腫が強くなり，点状出血が出現し，血流量は3.75%と減少した．静脈遮断と牽引を同時に行った実験でも同様に減少したが，その成績は空腸脚作製時の静脈流保護がきわめて重要な意味をもつことを教えている．

犬の食道の血流量は本実験では胸部上部食道が最も少なかったが，Demel[42)] は頚部食道が最も血流が少ないと報告し，また石上[21)]は胸部下部食道が最も血流が少ないと報告しており，この点はさらに検討が行われるべきで食道の微細血管構築など今後の研究の必要性が痛感される．

犬の各臓器の血流量の測定に関しては種々の報告があり，Geber[43)] は十二指腸1.39ml/g/min，空腸0.98 ml/g/min，回腸0.83ml/g/min，大腸0.73ml/g/dl であり，Delany[40)48)] は食道0.21ml/g/min，胃0.51ml/g/min，十二指腸0.70ml/g/min，小腸0.72ml/g/min，結腸0.82ml/g/min と報告し，Jacobson[54)] は胃血流量0.14～0.54ml/g/min，井上[55)]は胃血流量0.4ml/g/min と報告している．井口[24)]はラットで各臓器の血流比を求め食道を100とすると胃242.1，空腸257.2，回腸239.7，大腸148.5と報告しており食道の血流が最も少なく十二指腸が最も多いとする報告が多い[29)]．食道の再建臓器となる胃，空腸，結腸を比較した場合以上のごとく各報告により相違はあるが著者の実験結果では胃，小腸，結腸の順であったが再建臓器としては頚部まで挙上しても血流量の変動が少ないものが最も有利なものと考えられる．

5. 結　論

1) 昭48．2より空腸を利用した食道再建術を臨床例20例に試みたが，胸壁前皮下経路のものは15例中成功例6例（40%）であったが胸骨柄部分切除胸骨後経路の5例では成功率100%であった．

2) 順蠕動性空腸脚を頚部まで挙上する難易は上部空腸間膜血管の走行，太さ，動静脈弓などの相互関係により，これを5型に分類，頻度を検討すると最も挙上に適した第3枝が太く動静脈が併行する型（A I 型）の頻度は約50%であった．しかし他の型でも手術操作に留意すれば胸骨後経路においては満足できる充分な長さの空腸脚作製が可能である．

3) 空腸脚作製前後における先端部腸間膜動静脈酸素含量較差の比と頚部までの挙上前後でのその比をそれぞれ検討してみると，いずれも1に近い指数に成功例がみられ，動静脈酸素含量較差の調査が食道空腸吻合の成否に重要であることが証明された．

4) 犬の上部空腸間膜を200gの重量で牽引した場合，血流量は30分で66%に減少し動静脈酸素含量較差は103%に増加する．また400gの重量の牽引および静脈鬱滞が加わると動静脈酸素含量較差は急増することから，手術時での Tension，静脈圧迫などの影響が大きいことを示している．

5) 有茎空腸脚の各部の血流の変化をみると，先端部にいく程急速に血流は下降し，肉眼的に空腸の色の変化が起こるところの血流量は正常空腸の53.6%（平均値）であった．

6) 食道各部位の血流差は胸部上部食道に最も少なく，頚部と腹部食道に多かった．

7) 空腸の内層は外層と比べて血流が豊富であるが，阻血状態になると内層の方が減少率が大である．また食道は空腸と逆に外層の方が血流が豊富であった．これは吻合時外層の重要性を示している．

8) 食道の血流量は少なく，ついで大腸，小腸，胃の順に増し十二指腸の血流が最も豊富であった．

9) 以上の局所的要因の他に術後の肺合併症，循環不全などによる Anoxia が組織の動静脈酸素含量較差値を下降させることになり，食道空腸吻合部の酸素補給を減少させ，縫合不全の1つの原因をきたすとも考えられる．したがって縫合不全発生の予防は術後の管理を充分に行うことが重要であると思われる．

以上空腸による胸骨後食道再建は一期的にも容易に，安全に行いうる方法であるが，全身状態不良の進行癌に対してはむしろ By pass 手術と切除術とを分割する方法が適当と考える．本術式は術後の機能が最も生理的に近い方法であり，その適応術式の確立を行い得たと考え報告した．

稿を終わるに臨み，ご懇篤なるご指導とご校閲を賜った村上忠重教授ならびに終始直接ご指導ご教示を賜った毛受松寿助教授に深甚なる謝意を捧げるとともに研究にご支援やご協力を頂いた教室の諸兄に心から感謝の意を表する．なお本論文の要旨は第75回日本外科学会総会および第7回消化器外科学会大会にて発表した．

文　献

1) 中山恒明：胃大弯部成形による食道・胃吻合について．手術，**14**：537，1960.
2) 赤倉一郎：食道癌手術の困難性について．日胸外会誌，8：602，1960.
3) 葛西森夫：食道癌手術における再建術式とその選び方．臨外，**29**：761，1974.
4) 佐藤　博：食道癌切除後の再建術．外治，31：567，1974.
5) 葛西森夫：私の食道癌に対する有茎空腸移植術．手術，XXII：10，1968.
6) Wullstein: Über antethorakale Oesophago-jejuno stomie und Operationen nach gleichen Prinzip. Deutsche med. Wchnschr. **30**: 734, 1904.
7) Roux: L'esophago-jejuno-gastrome, nonvelle operation pour retrecissement infranchissable de l'esophage. Semaine Méd. **27**: 37, 1907.
8) Herzen: Eine modifikation der Rous'chen oesophago-jejunogastrostomie. Zentralbl. f. chir. **35**: 219, 1908.
9) Rienhoff: Intrathoracic esophagojejunostomy for lesions of the Upper third of the esophagus. South M.J. **39**: 928, 1946.
10) Harrison: Transthoracic small bowel substitution in high stricture of the esophagus. J. Thoracic Surg. **18**: 316, 1949.
11) Robertson: Reconstruction of esophagus. J. Thoracic Surg. **20**: 689, 1950.
12) Yudin: Surgical construction of 80 cases of artificial esophagus. S.G.O. **78**: 561, 1944.
13) Oshner and Owens: Antethoracic esophagoplasty for impermeable structure of the esophagus. Ann. Surg. **100**: 1055, 1934.
14) Longmire: A modification of the roux technique for antithoracic esophageal reconstruction. Surg. **22**: 94, 1947.
15) Schumacker: The problem of esophageal replacement by jejunum with paticular reflerence to influence upon circulation of staging the division of mesenteric vessels. Ann. Surg. **133**: 463, 1951.

16) 桂　重次：胸部食道部分切除に対する空腸移植．外科，**19**：469，1957.
17) 中山隆市：食道癌食道胃吻合術における縫合不全の検討．手術，XXVII：389，1973.
18) 毛受松寿：食道癌手術における2，3の工夫．外治，**19**：211，1972.
19) 飯尾正宏：マイクロスフェアー法の応用．呼吸と循環，**22**：7，1974.
20) 開原成允：標識粒子による局所循環研究の進歩．最新医学，**24**：11，1969.
21) 石上浩一：胸廓前食道胃吻合術を成功せしめる2，3の工夫．外治，5：511，1961.
22) 間嶋正憲：胸廓前食道胃または食道空腸吻合術の治癒機転の研究．日外宝，**28**：1766，1959.
23) 木村嘉憲：有茎腸管の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**：449，1972.
24) 井口　潔：異なる臓器間の吻合における創傷治癒．臨外，**30**：967，1975.
25) 菅野成弘：酸素電極でみた胃尿所血液循環の特性と胃酸分泌との相関について．日外会誌，**76**：1，1975.
26) 入内島十郎：電磁血流計とその応用．医学のあゆみ，**36**：10，1951.
27) 文入正敏：交叉熱電対式血流計の形成外科的応用．形成外科，XIII：187，1970.
28) 杉町圭蔵：異常環境下の消化管吻合法．日消外会誌，9：32，1976.
29) 石上浩一：上中胸部食道癌切除後，胸壁前食道胃吻合術における吻合部縫合不全対策．日消外会誌，7：26，1974.
30) Barlow: Variations in the blood-supply of the upper jejunum. Brit. J. Surg. **174**: 473, 1955.
31) 川崎勝弘：食道癌術後の低酸素血症．手術，XXIX：853，1975.
32) 一本杉秀雄：人の食道血管分布機構について．久留米医学雑誌，**18**：1172，1955.
33) 鶴田健之助：腸管の端々吻合と腸温度，その臨床的及び実験的研究．弘前医学，6：213，1955.
34) 野本信之助：腸間膜領域血行動態に及ぼす交感神経様作働薬および遮断薬の影響．日外会誌，**73**：5，1972.
35) Sapistein: Regional blood flow by fractional distribution of indicartors. Am. J. Physiol. **193**: 161, 1958.
36) Scatt J. Boley: Pathophysiologic effects of bowel distention on intestinal blood flow. Am. J. Surg. **117**: 228, 1969.
37) Henderson: Intestinal blood flow during perfusion of the jejunum with hypertonic glucose in dogs. Am. J. Patho. **215**: 30, 1968.
38) Y.M. Yu: Distribution of blood flow in the intestine with hypertonic glucose in the lumen. Surgery **78**: 520, 1975.
39) Bowen: Pharmacologic effects of gastrointestinal hormones. Surgery **78**: 515, 1975.
40) Delany: Canine gastric blood flow and its distribution. Am. J. Physiol. **207**: 1195, 1964.
41) Grim: Distribution of blood flow to the tissue of the small intestine of the dog. U. Minn. Med. Bull. **30**: 138, 1958.
42) Demel: Die Gefässversorgung der Speiseröhre, Ein Beitrag zur oesophaguschirurgie. Aerch. f. klin. Chirurg. **128**: 453, 1924.
43) Geber: Quantitative measurement of blood flow in various areas of small and large intestine. Am. J. Physiol. **198**: 99, 1960.
44) 石上浩一：食道再建術における自律神経処理の問題．外科，**30**：996，1968.
45) Peter: Effect of vagal and sympathetic stimulation and ablation on gastric blood flow. J.A.M.A. **182**: 1003, 1963.
46) Tibblin: The influence of vagotomy on superior mesenteric blood flow. S.G.O. **126**: 1231, 1969.
47) 荒木千里：食道胃吻合術に関する実験的研究．日外宝函，9：206，1932.
48) Delany: Gastrointestinal blood flow in the dogs. Cir. Res. **17**: 394, 1965.
49) 羽生富士夫：食道癌に対する胸部食道全剔，胸壁前食道胃吻合術．臨外，**26**：731，1971.
50) 市川茂夫：小腸血行障碍に関する実験的研究．日外会誌，**57**：1571，1951.
51) Ballinger: Mesenteric blood flow following total and selective Vagotomy. Surgery **50**: 409, 1965.
52) 佃　光雄：胸廓前食道再建術に関する研究．日外宝函，**28**：2222，1959.
53) 大同礼次郎：表面pHよりみた血行動態と食道再建術に関する研究．日外会誌，**76**：1，1975.
54) Jacobson: The circulation of the stomach. Gastroenterology **48**: 85, 1965.
55) 井上幸愛：Xenon-133による胃血流量に関する研究．横浜医学，**23**：317，1972.