

原 著

## MICROANGIOGRAPHY による食道微細血管構築の研究

東京医科歯科大学第1外科 (主任: 村上忠重教授)

仙 誉 軍 一

### MICROANGIOGRAPHIC ARCHITECTURE OF ESOPHAGUS ON CANINE

Gunichi SENYO

First Department of Surgery, Tokyo Medical and Dental University, School of Medicine.

(Director: Prof. Tadashige Murakami)

食道壁内の血管網は非常に豊富であることは過去の犬の実験などで報告されているが、ほとんどが色素を注入した顕鏡的な局所所見が主であるため確証に乏しい。

著者はマイクロパークを用いて食道各層の造影が可能な方法を考案し、長軸、横軸方向に種々の厚さの切片を作製して超軟X線撮影を行い、それを拡大複写して検討した。

これにより食道における血管網の証明と血管構築を解明し得た。

さらに犬にヒト食道手術の際と同様な剝離操作を行い、頸部よりの血流保持がいかに行われているか、粘膜下層における血管網とともに外膜、周囲結合織の存在が手術後の血流に大きな役割を演じていることを証明した。

索引用語: 血管網, 外膜・周囲結合織内血管, 筋層間血管, 粘膜下層血管, Microangiography

#### I 緒 言

近年胸部外科の進歩は著しく、わが国における食道外科の分野では、1932年瀬尾<sup>1)</sup>、大沢<sup>2)</sup>が第33回日本外科学会の宿題報告として食道外科について報告して以来、1950年中山<sup>3)4)</sup>が胸骨前食道胃吻合を発表し、1957年桂<sup>5)6)7)</sup>が空腸を利用する術式を強調するなど新術式の開発がなされ、赤倉<sup>8)9)10)</sup>、内山<sup>11)12)</sup>など先人らによる手術成績向上の努力が行われた。

しかし再建臓器をとつてみても、胃、空腸 結腸を利用する手術々式があり、それぞれ特色を有しているものの、いまだ統一された術式が確立されたとはいえない。

術後の栄養維持に最も有利な方法が望まれる一方、これらの術式の決定には食道切除、再建が開腹、開胸を必要とし、さらに複雑な手術操作が加わるために患者に対する手術侵襲が高いこと、対象とする患者が高年齢であることなどとともに、他の消化管吻合に比してなお高い頻度にみられる縫合不全などの問題がある。

縫合不全の原因もいろいろ推察されてはいるが、これに重要な影響を与える食道の血流動態の把握、血管構築はいまだ十分に解明されていない現状である。

従来の食道血管の研究としては動脈内に硫酸バリウムを注入したり、墨汁、色素を注入して細部の構造を検討しようとする試みがなされていた。

近年 Microangiography や Radioisotope を用いて動物の食道における微細血管構築や血流の基本的研究が可能となった。

しかしヒト食道に関しては、新鮮な標本が得にくく、切除標本では流入血管の確保が他の消化管に比してむづかしいことなどが挙げられ、ヒトに類似する動物による実験によらざるを得ない。

著者はいまだ明確にされていない食道の血管構築を研究するために、新しく食道の微細な粘膜に至るまで検討し得る Microangiography を考案したので、成犬を用いて食道血管構築を調べ、また臨床的に応用するためヒトと同じ手術操作を加えて切除時の影響を観察、検討した

ので報告する。

## II 研究対象と実験方法

1) 研究対象：実験動物として体重8~13kgの雑種成犬25頭を用いて次のごとき Microangiography を行い、食道各層の血管構造を検討した。

2) 実験方法：成犬に Ketamine HCl 10~15mg/kg, Atropine sulfate 0.2~0.3mg を皮下注射し下肢にて血管確保し Pentobarbital sodium を約10mg/kg を静注した麻酔下で気管内挿管し、GOによる呼吸管理下に開腹後、胸腹大動脈の境にて腹大動脈を結紮し、胸大動脈にカテーテルを挿入すると同時に下肢より5,000単位ヘパリン加低分子デキストラン点滴静注し、両上肢を根部にて駆血し胸大動脈より脱血を行う。

血液が十分に稀釈され、脱血されたことを確認して、造影剤の血管内での安定をはかるため前島<sup>13)</sup>の方法にならない30~36°Cに温めた5%ゼラチン加60%マイクロパークを約150~200mmHg 圧にて胸大動脈より注入する。

この際に食道粘膜内まで十分に造影剤が注入されたか否かの確認は、舌下動脈末梢部に現われるマイクロパークによる細動脈の拡張の程度によって判定され得ることを発見したので、食道各層にわたる検討が行い得るようになった。

この方法により全食道は十分に造影され得るが、さらに頸部食道血管の支配領域を調べる目的と、外膜・周囲結合織のはたす役割を検討するために、犬を右第5または第6肋間で開胸して食道を噴門上部で切断し、輪状軟骨部まで遊離して、血流が頸部食道血管枝のみより得られるように、ヒト食道手術時と同様な手術操作下に前述した注入法で造影を行い、輪状軟骨部で切除して、次のごとく群に分けて観察した。

### I 群 全食道造影群

- I a 食道周囲結合織をほぼ完全に残して切除
- I b 食道周囲結合織を不十分ながら残して切除
- I c 食道周囲結合織を完全に近く剝離して切除

### II 群 輪状軟骨部以下剝離後、造影群

- II a I a と同様に外科的操作なし
  - II b 食道周囲結合織を完全に近く残して切除
  - II c 食道周囲結合織を完全に近く剝離して切除
- 各群について次の操作で標本作製した。

- ① 切除直後の超軟X線撮影
- ② 10%ホルマリン固定
- ③ 固定後、食道長軸および横軸方向に各々2~3mm幅の切片を作製して超軟X線撮影

超軟X線撮影装置はソフテックス社製を使用し、フィルムはソフテックスF (Fuji) を用いた。大切片は2~3mm 間隔に作製し、その撮影条件は曝射時間90~120秒、電圧28Kv, 電流3mA, 焦点距離70cm である。

小切片では100~1,000 $\mu$  の間のものは厚さによって条件は異なるが、曝射時間45~120秒、電圧16~28Kv, 電流3mA, 焦点距離45cm で撮影した。

鮮明な画像を得るために切片を濾紙で軽く圧迫し、水分や気泡を取り除きフィルムに密着させた。この原板を印画紙に各々20~30倍に拡大複写し肉眼的に検討した。

また本法に使用する造影剤としてはマイクロパークを用いた。マイクロパークの粒子はその濃度によって0.5~3.5 $\mu$ <sup>14)</sup> の大きさをもつものであり、硫酸バリウムも粒子が0.5 $\mu$  であるが実際には塊状となって存在するのでそれ以上となることが推定され、より小さな安定した粒子をもつマイクロパークを使用した。

④ ゼラチン包埋および臓器の大、小切片標本の作製包埋は井上<sup>15)</sup>の方法にならない流水中に標本を48時間水洗いしゼラチン包埋をした。

処方は、

板状ゼラチン	250g
エチルセロゾルブ	40ml
カプリールアルコール	5ml
水	850ml

である。

切片作製は大和製テトランデルマクロトームを使用し、炭酸ガスにより凍結し切片作製をした。作製中、臓器に均等にガスが及ぶように、100から1,000 $\mu$  の厚さで作製したが、薄い切片では構造の微細な一部分のみとなり、また厚すぎると血管分枝同士の連結が重なりあって十分な追究には不相当であったので、食道長軸切片では400~500 $\mu$ , 横軸切片では700~900 $\mu$  が微細血管構造の読影に最も適した。

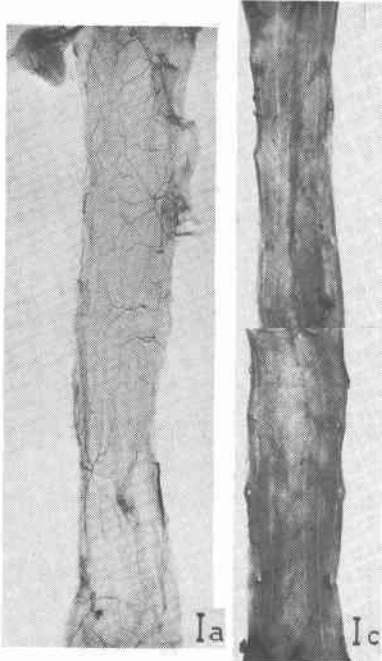
## III 実験成績

1) 全食道造影群 (I 群) における食道壁血管について

図1aは全食道を造影したものを腹側で頸部より腹部まで切開した標本で、食道動脈の走入部が明瞭にみられ血管の内径は細くなるが互に吻合して、全食道を通じて網の目状の血管網を形成している。

頸部から気管分岐部まで粘膜下組織、筋層の厚さはほとんど変わらないが、気管分岐部より肛側に近づくにつれ粘膜下組織、筋層ともに厚さを増してくる。

図1 実物大



Ia は食道動脈の走入部が明瞭にみられ、互に吻合して血管網形成、Ic はIa の結合織を剥離して比較、外膜の重要性が理解できる。

しかし血管網は全食道を通じ吻合を有しているの、食道の部位により支配血管は異なるが、壁内血管の走行は頸部、胸腔内および腹部食道いずれも同様に認められ差異はない。

この標本を食道長軸、横軸方向に大切片を作製して検討してみると、食道壁に達した血管は壁内に斜に走入し内径を減少することなく筋層間に1本分枝を出し、主として粘膜下層、さらに粘膜固有層、粘膜直下にも太い血管を分枝している(図2)。

外膜・結合織内血管と壁内血管との関連をみるために操作を行ったI群、a、b、cの各群を腹側で切開しX線撮影を行った。

b群については剥離の程度が一定し難いことから、主としてa、c群について血管分布を検討した。

a群の標本について撮影した後に、結合織を十分に剥離してからc群と同様に撮影、比較したもので、操作中に外膜より走入する筋層内血管を損傷する可能性は強いが、図1は両者の比較であるが血管網の消失がみられ、外膜・結合織内血管の重要性が十分に証明し得る。

図2 横軸厚切片 ×22



食道動脈走入部、外膜・周囲結合織内血管、筋層間血管の吻合、粘膜下層血管、粘膜固有層血管、粘膜直下の血管の状態を示している。

図3 横軸切片組織標本



黒矢印は外膜・結合織内血管、白矢印は粘膜下層血管

次いでI群のaの標本について食道長軸、横軸の大切片を作製し、超軟X線撮影を行って結合織内血管の走行をみた。

結合織内の血管は食道を輪切りになるような切片にした部位の HE 組織標本でもみられるように非常に豊富で、上下、左右に連絡網を有するが、その走行は不規則で、外膜、結合織内に軸に平行して動脈が散在してみられ、内径は粘膜下層内の太さとほぼ同じか、それよりも大きい(図3)。

結合織内血管の血流は主として食道動脈より細分枝を受けているが、図2にみられるように筋層内血管と吻合し、さらに斜に直接走入して粘膜下血管と吻合し血管網形成にも役割を演じている状態を示している。

また図2は横走する血管の状態を非常に良く現わしており、外膜を横走する血管、筋層間血管が廻旋枝を出して吻合している状態、筋層間血管同士の吻合状態を示している。

## 2) 輪状軟骨部以下剥離後、造影群(Ⅱ群)

前述した外科的操作を行った後に造影したⅡ群を作製し、頸部食道血管枝(犬では上甲状腺動脈)、外膜・結

合織内血管と食道壁内血管走行の関連をみた。

すなわち輪状軟骨部の高さから食道に流入した血流は粘膜下より筋層にいたる壁内血行のみを利用して流れる。

しかしながら図4において明かなごとくⅡ群 b, c に血流の明かな差が認められ、c は気管分岐部附近まで造影されているのに反し、結合織を少しでも温存する b ではかろうじて横隔膜上部まで血流が達している。

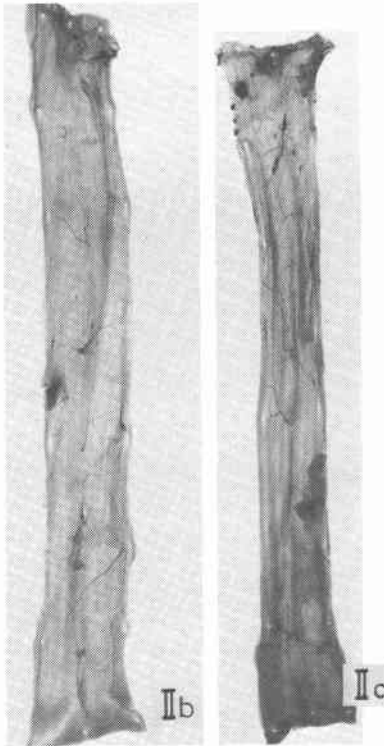
## 3) 筋層内血管について

食道筋層は頸部、胸腔内、腹部食道にかけて筋層の発達をやや異にし、下部食道ほど発達が良好であり、支配血管も異なるが、図1aにみられるように、血管構築に関してはほぼ一様である。

また図2にみられるように食道壁内に走入する食道動脈は軸方向に対してゆるやかな角度をもって斜に走入し、一部筋層間分枝となり、他は粘膜下層に向う枝となる。

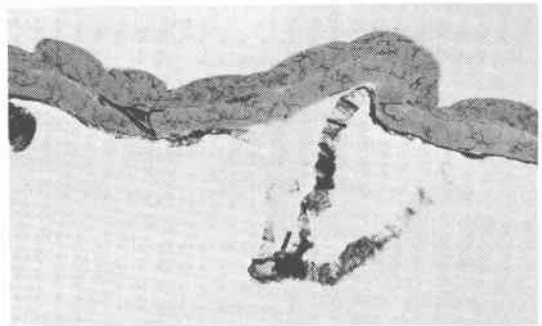
食道軸に対して横軸切片では、図5で血管の一部がみられるにすぎないが、長軸切片ではかなりの追跡が可能

図4 実物大



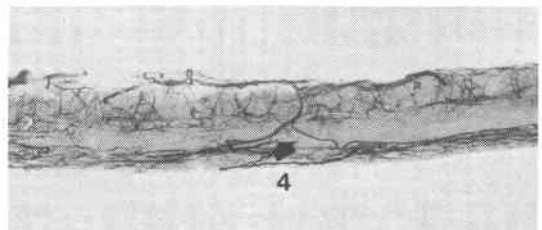
b は結合織温存すると横隔膜上部、c は剥離すると気管分岐部附近まで造影される。

図5 食道を切開した横軸切片, 500 $\mu$ ,  $\times 22$



各層の血管網の一部がみられる。

図6 長軸厚切片 $\times 22$



4 は外膜より粘膜直下に走行する太い血管。外膜・結合織内血管や筋層内血管、粘膜下層血管との血管網形成

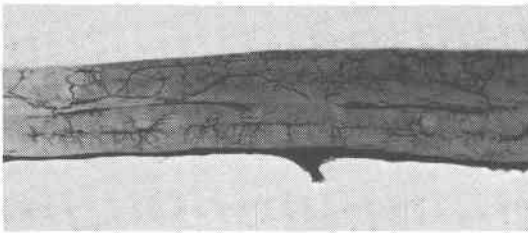
であり、2mm 連続切片でみるとその走行はほぼ一定に斜に走入し、粘膜下層まで筋層内を貫く血管は筋層内血管と粘膜下層血管とで血管網を形成し、その血管網内でさらに細分枝を出して血管網を形成し、粘膜下血管と吻合している(図6)。

2mm 横軸連続切片で同様な検索を行つたが、外膜より筋層内を斜に粘膜下まで走入する血管は確認されたが、完成された血管網の確認は長軸切片におけるごとく明瞭ではないが、場所によっては確認可能であった。

筋層内血管を100~700μ までの薄切片で総合判定してみると、輪状筋部は血流を粘膜下層血管、筋層間血管の細分枝で栄養されており、内腔に近い部分は粘膜下層血管から、外膜に近い部分は筋層間血管の細分枝であり“樹根状”または“いかり状”の細血管となり、たがい吻合している。

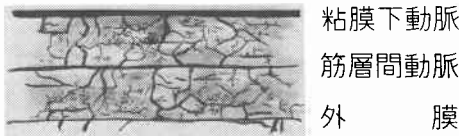
また縦走筋内も輪状筋と同様な pattern を呈し、内腔に近い部分は筋層間血管、外膜に近い部分は外膜・結合織内血管より走入する細血管より栄養されている(図7)。

図7 長軸切片, 500μ, ×22



外膜血管, 筋層間血管, 粘膜下層血管からの筋層内細分枝の状態と粘膜下層の血管網の状態

図8 筋層間動脈と粘膜下動脈, 外膜の関係と, 筋肉内細血管の模式図

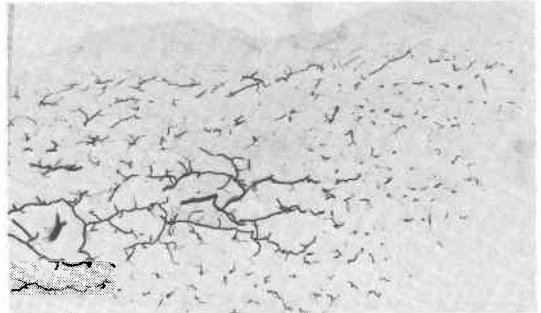


これを模式化し、図示すると図8のようになる。

太い動脈では図6にみられるように粘膜下層動脈と筋層間動脈間の吻合路が良く保たれているが、筋層間単位毎には樹根状の枝が筋肉内の栄養の主体となる。

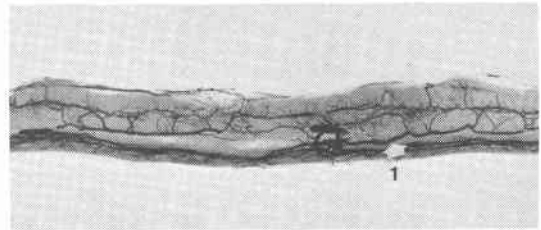
また食道を粘膜面から外膜に向って100μ 毎の平面細

図9 平面切片 100, ×22



筋層内の多角形の血管網形成

図10 長軸厚切片×20



1は筋層間に分枝した後に粘膜下層血管と血管網形成, 粘膜筋板に分枝する血管

切片で筋層内を観察すると、図9のごとく多角形の血管網の形成がみられる。

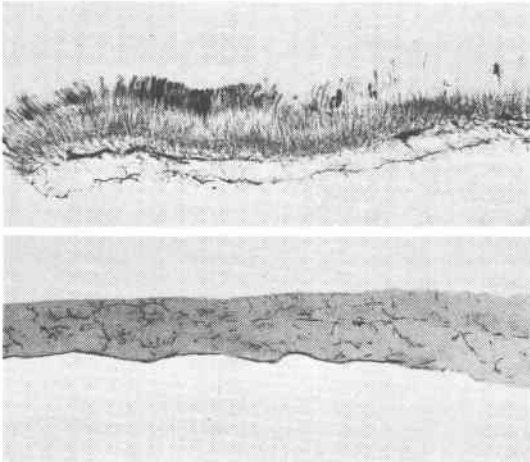
4) 粘膜および粘膜下層血管について

図6, 7, 10にみられるごとく粘膜下層を走行する血管は種々あり、食道動脈が筋層間に分枝した後に粘膜下層、筋層間に分枝し、さらに粘膜筋板に分枝する血管(1)、粘膜直下に分枝する血管(2)、外膜血管より筋層内に分枝を出さずに食道動脈と同様な走行をする血管(3)、外膜より直接粘膜下に走行する太い血管(4)が認められ、これらの血管は食道外膜剝離後の血流保持に重要である(図9)。

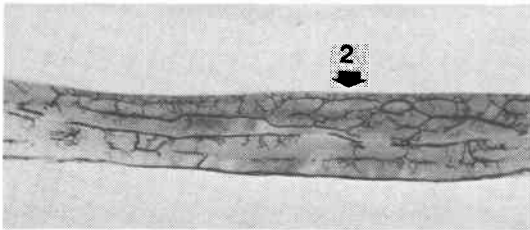
100μ 単位毎の薄切片を総合して考えると粘膜部の血管はきわめて乏しく、粘膜直下より粘膜筋板間で形成されている血管網より樹枝状の血管を受け栄養されている。

この血管網は長軸、横軸切片ともに認められるが、両者を比較すると長軸切片では密であり、間隔の面でかなりの差がある。

粘膜血管は小腸や大腸の粘膜にみられる豊富な血管と著しい対照を示し、食道では単に栄養血管としての役割

図11 長軸切片, 200 $\mu$ ,  $\times 20$ 

空腸と食道の血管密度の比較

図12 長軸切片, 500 $\mu$ ,  $\times 22$ 

2は粘膜直下, 粘膜筋板部の血管網の状態

をはたすのみであるのに反して、腸管では分泌、吸収という機能的な役割を持つことを考えれば当然であり、両者の壁内血管に差が生じ、図11は食道、空腸の200 $\mu$ の長軸切片の比較であるが、食道血管がいかに疎であるかが認められる。図6は膜より粘膜直下に直接走行する太い血管が認められ、この血管は粘膜下、粘膜筋板、粘膜下層血管との間に吻合を有することが認められる。

この血管は長軸切片において明瞭に認められ、手術操作後、特に著明になり副血行路としての役割を演じている。

図7、12は500 $\mu$ で長軸方向に沿って薄切りした標本であるが、粘膜および粘膜筋板部の血管網が明瞭に造影されている。

粘膜下層は食道壁内で最も血管の豊富な部位で、その主要血管は長軸、横軸切片をみても上下、左右に走る幹線路として重要な役割を演じている。

食道が全周にわたって十分に栄養補給を保っていら

るのは、この血管の各枝が各々に吻合枝として網の目状の走行路を保つためであり、この吻合路を補助する目的で筋層間血管あるいは外膜・結合織内血管との吻合が存在する。

外膜・結合織を剝離する操作が行われると既述のごとく血流が減少するが、この際には粘膜下層血管が各層血管との吻合を有して血流を保つ重要な役割をしている。

図4の組織標本で示すごとく上下に走る粘膜下層血管は粘膜直下や外膜の血管と比較すると、この血管の太さが十分理解できる。

この粘膜下層血管が筋層部へ廻旋枝を出すことは既に述べた。

前述した100 $\mu$ 幅の平面薄切片で、筋層を貫いて上行する太い血管と筋層内血管網、さらに一部粘膜下層の細血管も造影されている。

粘膜下層血管はこのように平面上でも血管網を形成すると同時に長軸、横軸に沿っての切片の厚さにより、粗から密に血管網を形成している。

前述したごとく長軸の血管網は密であるが、横軸では非常に疎な間隔を有して、これらが二重、三重の血管網で格子状構造を作ることによって血流が阻害されない形態となっている。

#### IV 総括および考察

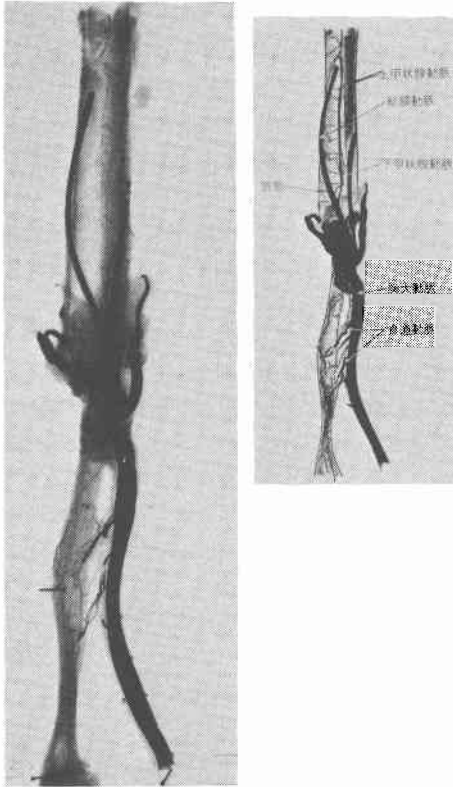
食道血管の研究は古くから行われたが、その内容は非常に簡単に記載されたもので、食道の栄養血管は主幹として下甲状腺動脈、気管支動脈、胸大動脈の食道枝、左胃動脈、左下横隔膜動脈を加えて5種類とし、また鎖骨下動脈の直接枝を追求した程度のものであった。

1924年 Demel<sup>16)</sup>はヒト血管内に造影剤を注入し、X線的に食道血管を追求するとともに連続切片を作製し顕微鏡的に血管分布の多少を論じたが、当時は造影剤の粒子が大きく小動脈の造影まで到らなかった。

これによれば食道を4区分(Pars cervicalis, Pars bifurcalis, Pars thoracalis, Pars abdominalis)し、各々の栄養血管を記載し、各区域における血流が各動脈によって異なり、前後、左右の血流にも差があり、特に胸上部食道の右前面の血流が悪いと報告している。

1932年都谷枝<sup>17)</sup>は家兎、犬、ヒト死体の食道血管分布を報告するとともに、犬、ヒトとの食道頸部血管支配の相違を見出し、犬の頸部上半は上甲状腺動脈で栄養され血流は良好であるが、下半は下甲状腺動脈で栄養され血流は不良でも胸部、腹部食道はヒトの血管分布に酷似して犬についての所見はヒトにも適応し得ると報告し、食

図13 全食道を気管、周囲動脈とともに切除後、造影、シェーマ参照



道の血流状態を明かにするために昇汞水を注入し食道動脈による栄養量の定量を行い、血管分布の良好な部位は上胸部食道の下半より下胸部食道の上2/3および腹部食道で、血流量の僅少な部位は頸部食道、胸部食道下部と報告している。

Macmanus<sup>16)</sup>もまた犬食道血管に造影剤を注入した切除標本をヒト食道血管と比較し、非常に類似しているので、実験に犬を用いても十分に信用し得ると報告している。

著者も図13のごとく犬食道頸部で上・下甲状腺動脈、また胸腔内食道動脈を確認し、頸部以外はヒト食道血管に類似しているの犬を使用した。

1934年 Kegaries<sup>19)</sup>はヒト死体で冠静脈と奇静脈より造影剤を注入し食道の静脈叢について下部食道では密な血管網が存在するが、気管分岐部附近では疎になると報告している。

1938年 Adams ら<sup>20)21)</sup>は食道癌切除例や犬を用いて食

道胃吻合を行い、胸下部食道周囲血管を切断し、食道を遊離しても十分に血流は保たれ、大沢の報告した胸下部食道前面における血流が貧弱である論に反対している。

1941年 Carter ら<sup>22)</sup>は過去における犬を用いた食道胃吻合法をまとめ、食道胃切除後に食道胃吻合を行い、吻合部の緊張の減弱の実験を行ったが、血管の追求には到らず、1947年 Swenson ら<sup>23)</sup>は犬を用いて右開胸食道切除、食道端々吻合に成功し、1949年 Parker ら<sup>24)</sup>は Swenson の方法にならい同様な実験を行い、胸腔内食道の周囲血管を切断しても食道は壊死におちいらないと報告した。

1948年 Cauldwell ら<sup>25)</sup>はヒト死体150例で気管支動脈の起始、走行の型、肺、食道血管の吻合の関係を詳細に報告し、1950年 Shek ら<sup>26)</sup>は犬32頭、Macmanus らは犬46頭を用いて各々5種類の頸部、胸腔内、腹部食道剝離、食道切断、切除後の再吻合などを行い、食道における血行障害、吻合部の治癒程度、壊死の追求を左胃動脈より造影剤を注入しX線学的に行っている。

Macmanus によると犬食道壁内の血管網は豊富で胸部食道周囲の剝離のみでは吻合は可能で壊死におちいらぬが、頸部食道周囲剝離を伴うと壊死性変化を生じたので上方からの血流の重要性を認め Demel と同じ結論に達したと報告しているが豊富な血管網の追求は行っていない。

Swigart ら<sup>27)</sup>はヒト死体150体、Shapiro<sup>28)</sup>らはヒト死体50体を解剖して頸部、胸腔内、腹部食道の流入血管数、吻合法を詳細に研究し、Shapiro は食道流入血管の吻合関連図を明確に報告した。しかし周囲結合織について食道にみられる無数の蜘蛛の糸のような薄い繊維は感染の拡がりや悪性腫瘍の転移に重要な役割を演じるかも知れないが、食道動脈切断後には副血行路としてほとんど価値がないと述べている。

土屋<sup>29)</sup>は食道下部および胃噴門部に分布する動脈系に関して左胃動脈、食道動脈、左下横隔膜動脈の手術後の外科的意義を追求している。

寺田<sup>30)</sup>はこれまでのヒト食道における血管分布を整理し胸部食道上部、胸部食道下端附近では血流が貧弱であるとの結論を得た。

また食道胃吻合に際して局所の血流状態を調べるために犬を用いて胸腔内食道胃吻合後、左胃動脈より色素、造影剤を注入し吻合部血管像を着色、超軟X線撮影を利用し観察しているが、微細血管構築の追求までは致らなかった。

また食道周囲剝離に関しては森下ら<sup>31)</sup>の報告があるが、肉眼的、組織学的所見を追求してはいるが、Shek, Macmanus の域を出ないように思われる。

以上今までの文献にみられる食道血管の整理を試みても、その他食道と他の腸管との吻合の研究の歴史も古く基礎的実験として犬を用いた吻合法の実験<sup>32)33)34)35)36)37)</sup>、さらに吻合部に緊張を加えてその影響をみる実験<sup>38)</sup>、食道再建術後の縫合不全に対する研究<sup>40)41)42)43)44)</sup>など多数の報告がなされている。

縫合不全の原因として全身的な影響とともに局所的要因として、嚥下運動による安静が保たれにくいこと、移植臓器側の非生理的状態、即ち胃、小腸、大腸の位置移動による緊張の増加、圧迫による吻合部の循環障害、一方食道側には漿膜を欠き手術操作により周囲組織より剝離された部分で吻合が行われること、テクニックの問題などが考えられる。

近年になり Radioisotope や Microsphere を利用し、石上ら<sup>45)</sup>は P<sup>32</sup> 標識赤血球を用いて各消化管の粘膜層と漿膜筋層または筋層の血流量を測定し、食道では特に胸下部に血流量が少いと報告し、井口ら<sup>46)</sup>は <sup>131</sup>IMAA で標識したアルブミンを用いて各消化管重量単位あたりの血流量を測定し、食道の血流量が胃、空腸の2/5、大腸に比しても約2/3にすぎないと報告している。

教室の平出<sup>47)</sup>も Microsphere を用いて各消化管の血流量を測定、比較しほぼ同様の値を得ている。

しかしながら食道は頸部より食道胃接合部までの間に壁を構成する筋層を例にとっても、横紋筋を主体とする上部から平滑筋のみとなる下部への移行であり、さらに各部位の粘膜下層、筋層の厚さも異なっている。

支配血管についても食道では各部位の主要血管が異なり、以上のことから粘膜下および筋層の血流動態が当然他の消化管と差が生じると想像される。

微細血管に関しては近年になり Bohatyrschuk<sup>48)</sup>, Barclay<sup>49)</sup> が Microradiography, Microarteriography と称し毛細血管を造影した。

Barclay は主として家兎の腎循環、腎の毛細血管を研究し、超軟X線撮影の方法論を精細に発表し、その後 Tirman ら<sup>50)</sup>は家兎を用いてあらゆる臓器の動脈系、静脈系について詳細に研究するとともに、超軟X線学的考案を加え理論的に発表した。

さらに Bellman ら<sup>51)</sup>はその理論的裏付けを行うと同時に家兎より小さいアルビノラットの卵巣の血管系の研究を行って成果をあげている。

本邦でも江藤<sup>52)</sup>、片桐ら<sup>53)54)</sup>が方法、材料などX線学的考案を加え、腎動脈、冠動脈の報告をして以来 Microangiography を用いた人体各部の血管構築の研究が行われ、脳<sup>55)</sup>、舌<sup>56)</sup>、耳鼻科領域<sup>57)</sup>、胃、小腸、大腸<sup>58)59)60)61)62)63)64)65)66)</sup>、さらに吻合部の状態、縫合法改善の研究<sup>34)35)67)</sup>、新生血管の研究<sup>68)</sup>など種々な研究が行われているが、いまだ食道の微細血管構築に関しては行われていない。

食道壁内毛細血管分布については、裕<sup>69)</sup>が墨汁を注入して食道下部横切片による検討をしているが詳細にわたっていない。

小川<sup>70)</sup>は猫を用いて食道壁内動脈の微細血管分布を研究し、最高88倍の立体写真で粘膜下組織を主体として観察し、粘膜下動脈より粘膜筋板を貫いて粘膜に向う血管は粘膜固有層を上昇しつつ、3から5分枝し長軸が食道長軸に一致した不正多角形の血管網を認め、またその形成は頸部、胸部、腹部食道においても差異を認めないと報告しているが、筋層、外膜血管などとの関連は検討していない。

しかし粘膜固有層においては頸部、胸部、腹部に差異を認めないとした点は著者の意見と一致し、血管網の模式図と類似した部位もあると思われる。

換水尾<sup>71)</sup>は鯉を用いてゼラチン加墨汁法で食道筋層内微細血管分布を報告し、食道長軸に一致して粘膜下層にも毛細血管網形成が存在していると述べているが、主要血管分布との関連はこれまた追求していない。

一本杉<sup>72)</sup>はヒト死体16体、4カ月から10カ月にわたる胎児30体に墨汁や色素を注入して食道血管分布および血管構築をかなり詳しく報告した。

これによると外膜、周囲結合織内血管には全然触れず、筋層内血管に関して外膜から走入する血管が縦走筋内で血管網を形成し、その血管網より直角に枝を出して輪状筋内血管と吻合しているとしている。

著者の筋層内血管は既述した如く、外膜、周囲結合織から直接走入する血管と、筋層間に太い血管が縦走、横走して輪状、縦走筋内に“いかり状”あるいは“樹根状”の枝を出している。

筋層間血管については一本杉は触れず、しかし粘膜下層を走行する血管より輪状筋内に回帰枝を出すことは証明し得たとした。

彼はまた粘膜下層に関しては外膜よりの血管が筋層をほとんど直角に貫き、筋層に血管を分枝することなく粘膜下層に走入し、粘膜筋板に向った血管はここで粘膜下



血管網、粘膜中間部血管網と2種類の格子状血管網を形成するが、胎児月数が進むに従い明確に区別できなくなると報告したが、これは顕鏡による限界ではないかと思われる。

著者の実験では既述したごとく外膜から走入する主要血管は、なだらかな角度で筋層間に分枝を与えながら粘膜下層、粘膜筋板、粘膜直下に走行して、たがい格子状に吻合しており、粘膜直下と粘膜筋板の間で2層の血管網を形成し、粘膜直下の一番小さな血管網から粘膜に向う樹枝状の血管を出している。

藤村<sup>73)</sup>は犬を用いてゼラチン加墨汁を注入して食道の微細血管分布を報告し、外膜に達した血管が筋層、粘膜下組織に順次分布し、その分布状態は頸部、胸部、腹部食道においてはほぼ同じであると述べ、この点は著者も同じ結論に達している。

しかし粘膜下層動脈より輪状筋に向う回帰枝、粘膜筋板自体に分布する血管を認めていないが、このことは著者、並びに一本杉との結果と相反している。

また筋層間血管に関しては追求していない。

Günther ら<sup>74)</sup>は家兎、ラッテ、マウスを用いて食道の動脈系を検索し、ゼラチン加ベルリンブルーを動脈系については左心室、腹腔動脈より注入し検討したが、全食道の描出はできず上部2/3、下部1/4のみで止どまった。

立体顕微鏡と組織標本で追求し、上部食道については左右下甲状腺動脈は同じ口径を有し、甲状腺の高さで分岐すると述べているが、このことは著者の犬についての所見と異なる。

また彼らは右に甲状頸幹より鎖骨下動脈分岐部の所で下方に走行する血管があり、これに相当するものは左にはなく、すぐに2本に分岐し食道の前面を走行し大動脈からの輪状枝と吻合して2~4本斜に走行して垂直枝となり、粘膜固有層に向って筋束に沿って走入する輪状枝を出す。この輪状枝は一方だけ豊富で反対側は短いと述べている。

食道胃接合部の食道側について左胃動脈の枝が走入し軸に平行に外膜内を走行する。

2本の太い動脈が食道の側面にあり、4~5cm 走行して消失すると述べているが、食道動脈との吻合に関して追求はしていない。

また粘膜下には全食道にわたって垂直に走行する動脈があり、短い放射状の枝を出して粘膜を栄養すると述べ、食道下部では粘膜下血管は星状に分岐して粘膜内に

逆流するようにして、長軸に垂直に粘膜内で楕円形の構造を形成するとしたが、このことは著者の横軸切片の粘膜と粘膜筋板の間の構築と一致することが推定される。

丸山<sup>75)</sup>は30~50%の硫酸バリウムを使用して犬を用いて中部食道血管の造影を行ない、1,000 $\mu$ の厚さの切除標本から気管分岐部では壁内血管が細く短いが、周囲結合織の繊細な血管が豊富で血流状態が良いことから、手術時の剥離は最少限度に止めるべきであると述べ、初めて外膜・結合織の重要性に触れ、縫合不全の原因は食道壁の血行不良によるものではなく、むしろ縫合部の緊張、再建臓器の血行障害などが大きな原因としている。

しかし Microangiography を応用した丸山も長軸切片のみの報告で横断面からの血管構築は追求していない。

一方横軸切片を検索した一本杉も局所々見の説明のみに終わっている。

以上過去における研究は主に色素の注入により顕鏡的に食道血管分布、構築を追求したものであり、また長軸切片のみからの観察であり、その分類も大まかなものであった。

著者は犬食道横軸切片をまず50 $\mu$  毎に200 $\mu$  まで作製し超軟X線撮影を行ったが、この厚さでは血管はほとんど点としか認められず、次第に厚さを増してようやく血管網を認めることができた。

また長軸切片についても同様な検索を行い血管網を確認したが、横軸切片に関しては、1,000 $\mu$ 、2,000 $\mu$ の厚切片で長軸と同様な血管網の存在を推定し得る標本の作製に成功した。

これにより筋層内血管網、粘膜下層血管網に関して長軸、横軸ともに同様な血管網を形成していると考えられるが、長軸の血管網は密であるが、横軸では非常に疎な間隔を有して、これらが二重、三重の血管網を格子状に形成している。

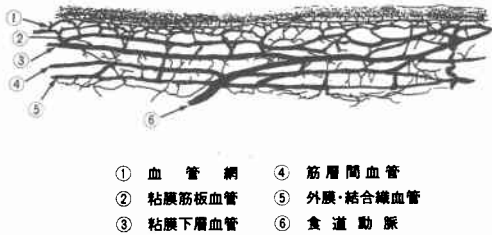
食道は小腸や大腸にみられるような間膜を欠くために、血流制限があったとしても格子状構造によって血流が保たれると推定される。

また食道をかなりの距離にわたり剥離しても十分な血行が維持されている事実も説明可能と考えられる。

外膜・結合織内血管のはたす役割は大きく、粘膜下血管網が豊富にみえても、その血流は外膜・結合織内血管→筋層間血管→粘膜下層血管に到る血流によるもので、周囲結合織剥離を行い、主要動脈の血流を遮断すると、血流は一挙に減弱し前述した血管網は疎になる。

Shek, Macmanus, 森下らの報告からも理解できるご

図14 食道壁内血管の推定模式図



- |          |            |
|----------|------------|
| ① 血管網    | ④ 筋層間血管    |
| ② 粘膜筋板血管 | ⑤ 外膜・結合織血管 |
| ③ 粘膜下層血管 | ⑥ 食道動脈     |

とく、食道壁内血流供給路は十分に余裕のある血管網が確保されているのは間違いないが、それとともに食道壁の外膜、周囲結合織内血管がこれら血管網形成、血流保持に重要な役割を演じていることを考慮しなければならない。

食道壁内血管と血管網の相互関係をあらゆる厚さの切片より推定すると、食道動脈より分枝した血管は粘膜固有層、粘膜下組織、輪状筋、縦走筋、外膜と次第に小から大になる血管網を形成する五層と推定される長軸で密な、横軸で疎になる間隔を有して組立てられていると推定され、これを模式化して図示すると図14のようになると考えられ、血流遮断の状態ではこれらの血管網を有効に保持して、血流が保持されるものと推定される。

### V 結 論

新しく工夫を加えた Microangiography により食道の微細血管構築を成犬によって検討し、次のごとき結果を得た。

① 食道は頸部より腹部までいずれの部位においても外膜、粘膜下層動脈より形成される網の目状の血管網により主な血流が維持されている。

② 食道外膜より走入する血管が粘膜下層血管網を形成する途上で、筋層間血管を分枝することが確認された。

③ 食道周囲結合織内血管が直接筋層内あるいは粘膜下血管網形成に走入して重要な役割を演じている。

④ 食道切除時における食道外膜・周囲結合織は手術時には血流保持の点から可能な限り温存するように配慮されるべきである。

⑤ 食道壁内血管網は粘膜固有層、粘膜下組織、輪状筋、縦走筋、外膜と次第に小から大になる血管網を形成する5層と推定され、長軸に密な、横軸に疎になる間隔を有して組立てられる格子状構造と推定される。

稿を終るに臨み、御指導を賜った村上忠重教授、毛受松寿助教授、三井記念病院放射線科部長井上善弘博士、

ならびに御協力を戴いた放射線科鈴木宗治教授、前田学助手に深く感謝の意を表す。

(本論文の要旨は、第75回日本外科学会総会においてその一部を、また第10回日本消化器外科学会総会において大要を発表した。)

### 参考文献

- 1) 瀬尾貞信：食道外科。日外会誌，**33**：1461—1504，1933。
- 2) 大沢 達：食道外科。日外会誌，**34**：1319—1590，1933。
- 3) 中山恒明：胸部食道癌の手術。臨床外科，**5**：229—233，1950。
- 4) 中山恒明：食道外科。日外会誌，**53**：1—53，1962。
- 5) 桂 重次ほか：食道癌切除部位への空腸移植。日臨外会誌，**18**：141—144，1957。
- 6) 桂 重次ほか：胸部食道切除に対する空腸移植。外科，**7**：469—475，1957。
- 7) 桂 重次：食道癌の手術適応と追求成績並びに術後愁訴及びその処理について。日胸外会誌，**5**：600—605，1957。
- 8) 赤倉一郎ほか：食道癌。外科診療，**2**：840—847，1960。
- 9) 赤倉一郎：食道癌手術の困難性について。日胸外会誌，**8**：602—610，1960。
- 10) 赤倉一郎ほか：消化管吻合並びに食道吻合における基礎的諸問題。手術，**21**：313—324，1967。
- 11) 内山八郎ほか：食道癌手術における縫合不全。臨床外科，**20**：587—591，1965。
- 12) 内山八郎ほか：後縦隔胃管形成食道再建術。日胸外会誌，**15**：455—457，1967。
- 13) 前島 孝：肺腫瘍の血管構造に関するX線学的研究。お茶の水医学雑誌，**19**：31—43，1971。
- 14) Rubin, P.P., et al.: Microangiography as technique. Radiation effect versus artifact. Amer. J. Roentgenol., **92**: 378—387, 1967.
- 15) 井上善弘：マンモグラフィ並びに乳房全器大臓切片よりみた乳癌病巣形態の研究。日臨外会誌，**30**：1—14，1969。
- 16) Demel, O.R.: Die Gefäßversorgung der Speiseröhre. Ein Beitrag zur Oesophaguschirurgie. Arch. Klin. Chir., **128**: 453—504, 1924.
- 17) 都谷枝万次郎：食道の血管分布に就て。第1報，家兎の食道に就て。日外宝函，**9**：729—744，1932。第2報，犬の食道に就て。日外宝函，**9**：983—997，1932。第3報，人の食道に就て。日外宝函，**9**：1077—1093，1932。
- 18) Macmanus, T.E., et al.: The extend to which one many interfere with the blood supply of the esophagus and obtain healing on anastomosis. Surg., **28**: 11—23, 1950.
- 19) Kegaries, D.L.: The venous plexus of the

- esophagus. *Surg. Gyneco. Obstet.*, **58**: 46—51, 1934.
- 20) Adams, W.E., et al.: Carcinome of the lower throacic esophagus. Report of a successful resection and esophagogastrostomy. *J. Thorac. Surg.*, **7**: 621—632, 1938.
- 21) Adams, W.E., et al.: Resection of the thoracic esophagus. A clinical and experimental study. *J. Thorac. Surg.*, **7**: 605—620, 1938.
- 22) Carter, B.N., et al.: Experimental esophagogastrostomy. *J. Thorac. Surg.*, **10**: 446—474, 1941.
- 23) Swenson, O.R., et al.: Partial esophagectomy with end-to-end anastomosis in the posterior mediastinum. *Surg.*, **25**: 839—848, 1949.
- 24) Parker, E.F., et al.: Esophageal resection with end-to-end anastomosis. Experimental and clinical observations. *Ann. Surg.*, **129**: 588—605, 1949.
- 25) Cauldwell, E.W., et al.: The bronchial arteries. An anatomic study of 150 human cadavers. *Surg. Gyneco. Obstet.*, **86**: 395—412, 1948.
- 26) Shek, J.L., et al.: An experimental study of the blood supply of the esophagus and its relation to esophageal resection and anastomosis. *J. Thorac. Surg.*, **19**: 523—533, 1950.
- 27) Swigart, L.L., et al.: The esophageal arteries. An anatomic study of 150 specimens. *Surg. Gyneco. Obstet.*, **90**: 234—243, 1950.
- 28) Shapiro, A.L., et al.: The esophageal arteries. Their configurational anatomy and variations in relation to surgery. *Ann. Surg.*, **131**: 171—184, 1950.
- 29) 土屋定敏: 食道下部及び胃噴門部に分布する動脈管系就中左下横隔膜動脈の外科的意義. 臨床外科, **6**: 320—324, 1951.
- 30) 寺田和彦: 縫合操作に伴う食道胃吻合部の血流障害について. 日胸外会誌, **18**: 826—844, 1970.
- 31) 森下 久ほか: 食道剥離術後の食道の変化に関する基礎的研究. 胸部外科, **30**: 713—717, 1977.
- 32) 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—223, 1932.
- 33) 林田建男ほか: 食道・噴門癌根治手術時の吻合について. 癌の臨床, **2**: 281—284, 1956.
- 34) 間嶋正徳: 胸郭前食道・胃または食道・空腸吻合創の治癒機転の研究. 日外宝函, **28**: 1766—1781, 1959.
- 35) 高野信篤: 食道吻合, 食道・胃吻合の実験的並びに臨床的研究. 日外会誌, **70**: 667—686, 1969.
- 36) 丸山圭一: 現代外科学大系, 消化管吻合法の工夫. 41—79, 中山書店, 東京, 1976—C.
- 37) 岡本良夫ほか: 食道吻合の実験的検討. 手術, **27**: 907—913, 1974.
- 38) Postlethwait, R.W., et al.: Esophageal anastomosis: Types and methods of suture. *Surg.*, **28**: 537—542, 1950.
- 39) Postlethwait, R.W., et al.: Mechanical strength of esophageal anastomoses. *Ann. Surg.*, **133**: 472—476, 1951.
- 40) Moor, T.C., et al.: Experimental use of synthetic mesh for support of esophageal anastomosis. *J. Thorac. Cardiovas. Surg.*, **42**: 219—224, 1961.
- 41) Hopper, C.L., et al.: Strength of esophageal anastomoses repaired with pericardial grafts. *Surg. Gyneco. Obstet.*, **117**: 83—86, 1963.
- 42) 中村輝久ほか: 血行再建によって安全ならしめた胃管利用の胸壁前食道再建術. 手術, **25**: 21—26, 1971.
- 43) 毛受松寿ほか: 食道癌手術における2, 3の工夫. 外科治療, **9**: 579—584, 1972.
- 44) 佐藤 博ほか: 老年者に対する胸部食道癌手術の限界. 手術, **20**: 731—734, 1966.
- 45) 石上浩一ほか: 胸部前食道・胃吻合術を成功せしめた2, 3の工夫. 外科治療, **5**: 511—523, 1961.
- 46) 井口 潔ほか: 異なる臓器間の吻合における創傷治療—食道と小腸—. 臨床外科, **30**: 967—973, 1975.
- 47) 平出星夫: 空腸による食道再建術の研究. 日消外会誌, **10**: 178—190, 1977.
- 48) Bohatyrtshuk, F.: Ueber Ergebnisse der Microroentgenographic. *Acta. Radiol.*, **25**: 351—365, 1944.
- 49) Barclay, A.E.: Micro-Arteriography. *Am. J. Roentgenol.*, **60**: 1—12, 1948.
- 50) Tirman, W.S., et al.: Microradiology. *Radiology.*, **57**: 70—80, 1951.
- 51) Bellman, S.: Microangiography. *Acta. Radiol. Suppl.*, **102**: 1—104, 1953.
- 52) 江藤秀雄: Microradiography (特に Micro-arteriography) について. 医学のあゆみ, **18**: 223—232, 1954.
- 53) 片桐鎮夫ほか: Microangiography について. 吸と循環, **6**: 1031—1038, 1958.
- 54) 片桐鎮夫ほか: Microangiography について. 一方法論的検討と2, 3の応用—. 呼吸と循環, **8**: 513—522, 1960.
- 55) 山村武夫ほか: 超軟X線による人体脳血管構築 (動脈および静脈について). 神経進歩, **9**: 77—91, 1965.
- 56) 高橋和人: Microarteriogram による口腔附近の微細血管の解剖学的研究. その1. 舌, 歯科学報, **62**: 437—446, 1962.

- 37) 鈴木安恒 ほか：マイクロアンギオグラフィー，その技術的検討および耳鼻科領域への応用。慶応医学，**43**：25—32，1966。
- 58) Noer, R.J., et al.: Revascularization following experimental mesenteric vascular occlusion. Arch. Surg., **58**: 576—589, 1949.
- 59) Woolf, A.L.: Techniques of post-mortem angiography of the stomach. Brit. J. Radiol., **23**: 8—14, 1950.
- 60) McAlister, W.H., et al.: Arteriography and microangiography of gastric and colonic lesions. Radiology, **79**: 769—781, 1962.
- 61) Spjut, H.J., et al.: Microangiographic study of gastro-intestinal lesions. Amer. J. Roentogen, **92**: 1173—1187, 1964.
- 62) 守谷孝夫：胃内視鏡所見と胃壁微小血管構造の相関についての研究。日外会誌，**69**：1493—1510，1969。
- 63) 鈴木卓二：胃潰瘍の微細血管構築の研究。日外会誌，**74**：534—551，1973。
- 64) 小林頭彦 ほか：胃粘膜の血管構築に関する研究。胃底腺領域の微細血管構築について。日消外会誌，**73**：169—177，1976。
- 65) 木村敏之：同種移植腸管の微細血管構築の研究。(Microangiography ならびに病理組織学的検討)。日消外会誌，**9**：245—255，1976。
- 66) Wapnick, S., et al.: Detection of intestinal ischemia. J. Surgical Research, **21**: 403—407, 1976.
- 67) 北島政樹：胃腸管吻合創の治療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。
- 68) 平山廉三 ほか：消化管における血行路の形成機序。日外会誌，**74**：269—273，1973。
- 69) 碓：大沢達，食道外科，日外会誌，**34**：1336—1337による。
- 70) 小川義雄：消化管系統に於ける微細血管分布の研究。食道粘膜に於ける所見。日本生理学雑誌，**11**：57—59，1949。胃粘膜に於ける所見。日本生理学雑誌，**11**：60—65，1949。小腸粘膜(絨毛)に於ける所見。日本生理学雑誌，**11**：66—71，1949。
- 71) 換水尾泰馬：鯉の食道の微細血管分布に就て。広島医学雑誌，**5**：593—594，1952。
- 72) 一本杉秀雄：人の食道血管分布機構について。久留米医学会雑誌，**18**：1172—1189，1955。
- 73) 藤村 量：犬の食道に於ける血管微細分布と脈管外通液路について。熊本医学会雑誌，**33**：400—402，1959。
- 74) Stefan Günther und Werner Lierse: Die Angioarchitektur im Oesophagus des Kaninchens, der Ratte und der Maus. Mit 9 Abbildungen, Springer-Derlag Berlin Heidelberg New York 1938.
- 75) 丸山圭一：食道，胃，大腸の微細血管構築。現代の臨床，**9**：92—98，1975。