

三次元的観察による手の血行の解剖学的 および臨床的研究 ～手の橈側部を中心に～

佐々木 正 修

広島大学医学部整形外科学講座 (主任: 生田義和教授)

受付 平成13年8月10日

受理 平成13年10月2日

手の微小血管外科の分野における臨床的問題点を解決することを目的とし、手の橈側部を中心としたヒトの手の血行を解剖学的に研究した。方法は、解剖用保存遺体96手に動脈造影を行い、立体X線撮影で得られた写真を立体鏡を用いて3次元的に解析し、ヒトの手の動脈血行を検討した。

固有掌側指動脈のすべての本幹が橈骨動脈あるいは尺骨動脈である手が存在し、皮弁を作製するために橈骨動脈あるいは尺骨動脈を前腕部で結紮すると手の循環障害を引き起こす危険が存在することが解った。

母指掌側指動脈と示指橈側掌側指動脈の関係を体系化することにより、複雑な第1指間部の手の血行の理解を容易にすることができた。

母指橈側背側指動脈として2本の血管を確認した。母指尺側背側指動脈の本幹として3つのタイプを認め、血管柄付き皮弁の有用性を再確認した。第1背側中手動脈尺側枝が、示指橈側背側指動脈に関与しない手を3.2%に認め、第1背側中手動脈尺側枝を用いた背側島状皮弁が必ずしも安全でない手が存在した。

母指掌側指動脈の動脈径を橈側と尺側で比較すると、橈側が太い手が多かった。母指尺側指動脈の動脈径を掌側背側で比較すると、背側が掌側と同等もしくは太い手を36.3%に認めた。母指橈側背側指動脈を除く母指指動脈は、血管吻合の動脈として選択可能な動脈と考える。

第1指間部を中心として複雑なヒトの手の血行を体系的に把握することにより、臨床面での問題点に対していくつかの知見を得た。

Key words : Arterial supply (血管分布), Human (ヒト), Hand (手), Anatomy (解剖), Three-dimensional analysis (三次元解析)

手は外傷を受けやすい部位で、切断などの重度な外傷の結果生じる機能障害は、日常生活に大きな影響を及ぼす。近年、微小血管外科の発展により、機能再建として再接着や組織複合移植が可能となった。しかし、手の微小血管外科の領域には未解決な部分も少なくない。例えば、母指を中心とした手の橈側部は血行の変異が多く、そのため予期せぬ手術結果となることや、あるいは、橈骨動脈を結紮しなければならない前腕皮弁作製時の手の循環障害などが未解決な問題として残っている。本論文の目的は、従来、系統的分類の行われていない、手の橈側部を中心に手の血行を解剖学的に研究し、手の微小血管外科の分野における臨床的問題

点を解決することである。

材料と方法

川崎医科大学学生用実習遺体120手に動脈造影を行い、造影X線写真の判読が可能な96手を対象とした。男性44手、女性52手で、年齢は29歳から99歳、平均78.4歳であった。

遺体の防腐保存法は arterial embalming に準じて行った¹⁾。動脈造影は、腋窩動脈より消化器造影用 Barium (商品名バリトゲンゾル) 10~15 ml を用いて注入して行った。造影剤注入後、立体X線撮影をおこなった。東芝 TR-80 X線装置を使用し、装置と被

写体との距離を 80 cm とし, 被写体の中心より左右に 3 cm ずつ平行移動して撮影した。得られた動脈造影写真を立体鏡 (日本光学社製実体鏡Ⅱ) を用いて 3 次元的解析を行った。35 手につき肉眼解剖を行い観察の裏付けとした。

検討項目は, 以下のごとく掌側の動脈と背側の動脈に大別した。

- I. 手の固有掌側指動脈に関して, 1. 橈骨動脈の分枝を本幹とする掌側指動脈の割合, 2. 各掌側指動脈 (第 1 指間を除く) の本幹別頻度, 3. 第 1 指間の掌側指動脈の本幹別頻度および相互関係。
- II. 手の背側指動脈に関して, 1. 母指橈側背側指動脈, 2. 母指尺側背側指動脈, 3. 示指橈側背側指動脈の検討。
- III. 掌側および背側の母指指動脈の血管径の比較。

以上の解剖学的結果および臨床的応用について考察した。なお, 固有指動脈の本幹の決定は, 血管の太さと主軸方向を参考にした。

結 果

I. 固有掌側指動脈

1. 橈骨動脈の分枝を本幹とする掌側指動脈の割合

10本の固有掌側指動脈 (palmar digital artery 以下, PDA と略す) につき, 橈骨動脈の分枝すなわち橈骨動脈浅掌枝 (superficial palmar branch of radial artery 以下, SPBR と略す)・掌側中手動脈 (palmar metacarpal artery 以下, PMA と略す) および背側中手動脈 (dorsal metacarpal artery 以下, DMA と略す) を本幹とする PDA の本数を 96 手について調査した (Fig. 1)。10本の PDA すべてが橈骨動脈の分枝を本幹とする手を 4 手 4.1% に認めた (Photo. 1)。逆に, 橈骨動脈の分枝が掌側指動脈に関与しない手を 2 手 2.1% に認めた。

2. 第 1 指間を除く固有掌側指動脈の本幹別頻度

第 2・第 3・第 4 指間の指動脈および小指尺側指動脈の本幹は, それぞれ総掌側指動脈 (common palmar

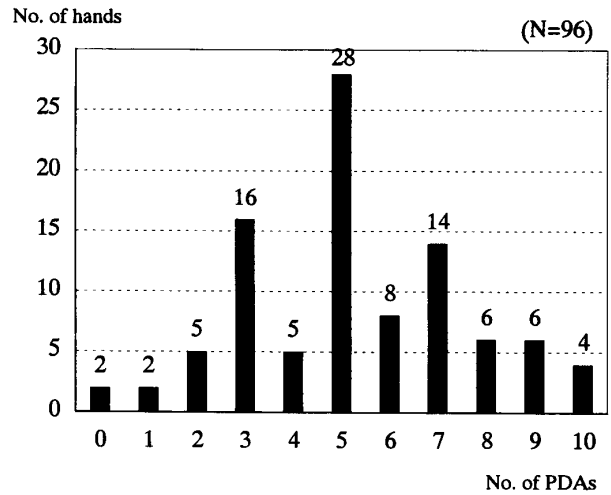


Fig. 1. Number of palmar digital arteries (PDAs) arising from radial artery of 96 hands.

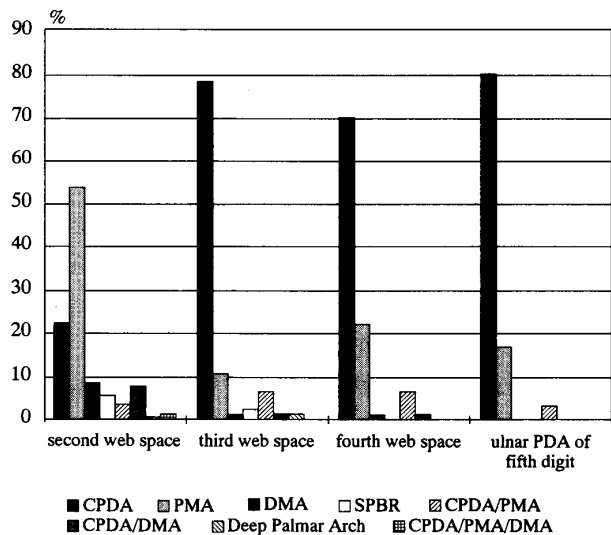


Fig. 2. Vessels forming PDAs in second to fourth web space of 96 hands excluding first web space. CPDA=common palmar digital artery; DMA=dorsal metacarpal artery; PMA=palmar metacarpal artery; SPBR=superficial palmar branch of radial artery.

Abbreviation

CPDA : common palmar digital artery,
 DMA : dorsal metacarpal artery,
 IRDDA : index radiodorsal digital artery,
 IRPDA : index radiopalmar digital artery,
 MPj : metacarpophalangeal joint,
 PDA : palmar digital artery,
 PMA : palmar metacarpal artery,
 RI : radialis indicis

SPBR : superficial palmar branch of radial artery
 TDDA : thumb dorsal digital artery
 TPDA : thumb palmar digital artery
 TRDDA : thumb radiodorsal digital artery
 TRPDA : thumb radiopalmar digital artery
 TUDDA : thumb ulnodorsal digital artery
 TUPDA : thumb ulnopalmar digital artery



Photo. 1. Stereoscopic arteriographs of right hand. Palmar view. All PDAs arise from radial artery.

digital artery 以下, CPDA と略す) が21.9%・78.1%・69.8%・80.2%, PMA が53.1%・10.4%・21.9%・16.7%, DMA が8.3%・1.0%・1.0%・0%であった (Fig. 2)。

3. 第1指間の固有掌側指動脈の本幹別頻度および相互関係

母指掌側指動脈 (thumb palmar digital artery 以下, TPDA と略す) 2本と示指橈側掌側指動脈 (index radiopalmar digital artery 以下, IRPDA と略す) について検討した。

1) 母指掌側指動脈 (TPDA) の本幹別頻度

橈側 TPDA (thumb radiopalmar digital artery 以下, TRPDA と略す) の本幹は, 第1 PMA が81手84.4%と浅掌枝 (SPBR または CPDA) が15手15.6% (SPBR; 9手9.4%) であった。尺側 TPDA (thumb ulnopalmar digital artery 以下, TUPDA と略す) の本幹は, 第1 PMA が73手76.0%・浅掌枝 (SPBR または CPDA) が13手13.5% (SPBR; 7手7.3%)・第1 DMA が10手10.4%であった。

第1 PMA は, 第1中手骨頸部で橈側および尺側終末枝を分枝する。尺側終末枝は2種類の走行経路を有し, 母指内転筋の掌側を走行する母指内転筋掌側型 (以下, 掌側型 Palmar type) と, 母指内転筋斜頭の停止部近位より背側にあらわれ母指内転筋の背側に沿って末梢に走行したのち, 母指内転筋横頭の停止部遠位

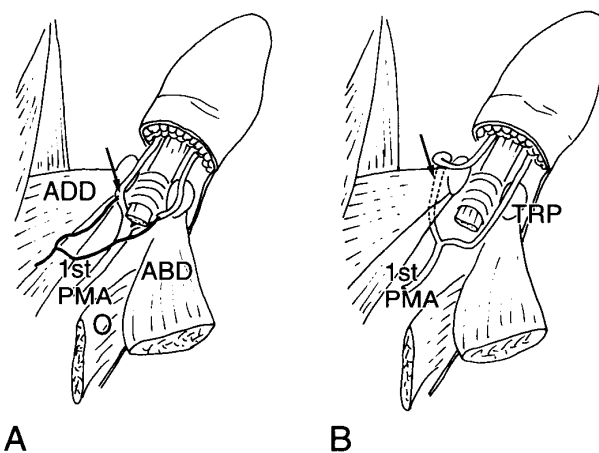


Fig. 3. Course of ulnar branch of first PMA of 73 hands. Palmar view of right hand. A: Palmar type. Ulnar branch of first PMA (arrow) running palmar to adductor pollicis muscle in 43 hands. B: Dorsal type. Ulnar branch of first PMA (arrow) running dorsal to adductor pollicis muscle in 30 hands. ABD=abductor pollicis brevis; ADD=adductor pollicis; O=opponens pollicis; PMA=palmar metacarpal artery; TRP=thumb radiopalmar digital artery.

より再び掌側に現れる母指内転筋背側型 (以下, 背側型 Dorsal type) を認めた (Fig. 3, Photo. 2)。掌側型は43手44.8%, 背側型は30手31.3%であった。

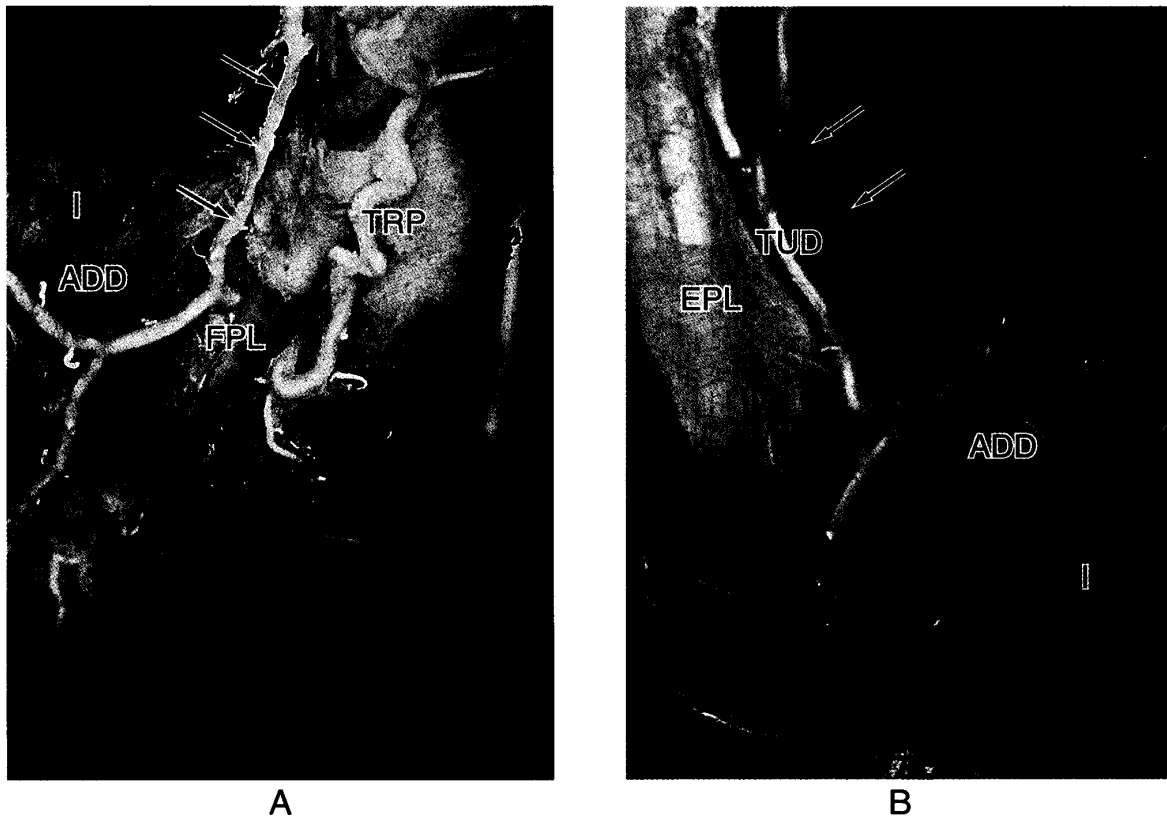


Photo. 2. A: Ulnar branch of first PMA (arrows) running palmar to adductor pollicis muscle. Palmar view of right hand. B: Ulnar branch of first PMA (arrows) running dorsal to adductor pollicis muscle. Dorsal view of right hand. ADD=adductor pollicis; EPL=extensor pollicis longus; FPL=flexor pollicis longus; I=interosseous dorsalis; TRP=thumb radiopalmar digital artery; TUD=thumb ulnodorsal digital artery.

2) 示指橈側掌側指動脈 (IRPDA) の本幹別頻度

IRPDA の本幹は深掌動脈弓由来が65手67.7%・浅掌枝が19手19.8%・DMA が12手12.5%であった。深掌動脈弓由来65手の内訳は, 第1 PMA 由来が38手39.6%・第2 PMA が16手16.7%およびいわゆる固有示指橈側動脈 (radialis indicis 以下, RI と略す) が11手11.5%であった。浅掌枝が本幹となる19手のうち SPBR が11手, CPDA が8手であった (Fig. 4)。

第1 PMA を本幹とする IRPDA の分岐部は, 中手動脈本幹が4手, 尺側終末枝が34手であった。

3) 示指橈側掌側指動脈と母指尺側指動脈の相互関係

共通の本幹を有する手は96手中59手61.5%であった。本幹は, 第1 PMA が38手・浅掌枝が11手・第1 DMA が10手であった。第1 PMA 由来38手中34手が母指尺側終末枝より分枝した。母指尺側終末枝は, 掌側型15手, 背側型19手であった。40手41.7%は母指橈側指動脈も含めた3固有指動脈の本幹が同じであった。

4) 橈側および尺側母指掌側指動脈 (TPDA) の相互関係

両側 TPDA が共通の本幹をもつA群と, 異なる本

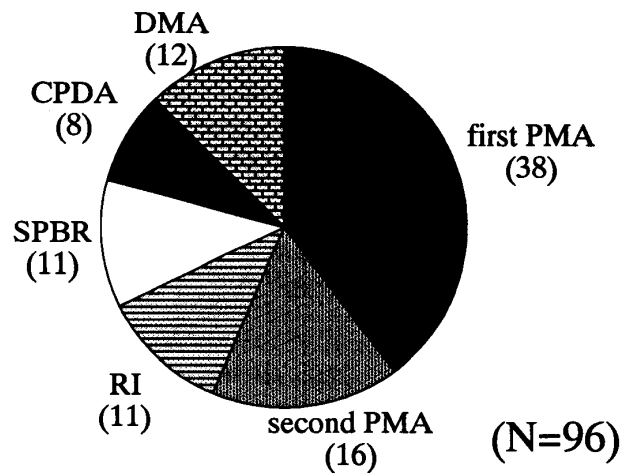


Fig. 4. Vessels forming index radiopalmar digital artery (IRPDA) of 96 hands.

幹をもつB群に分類した。A群は69手71.9%, B群は27手28.1%であった。

A群: TPDA の本幹が共通する手

共通する本幹により2群に分類可能であった

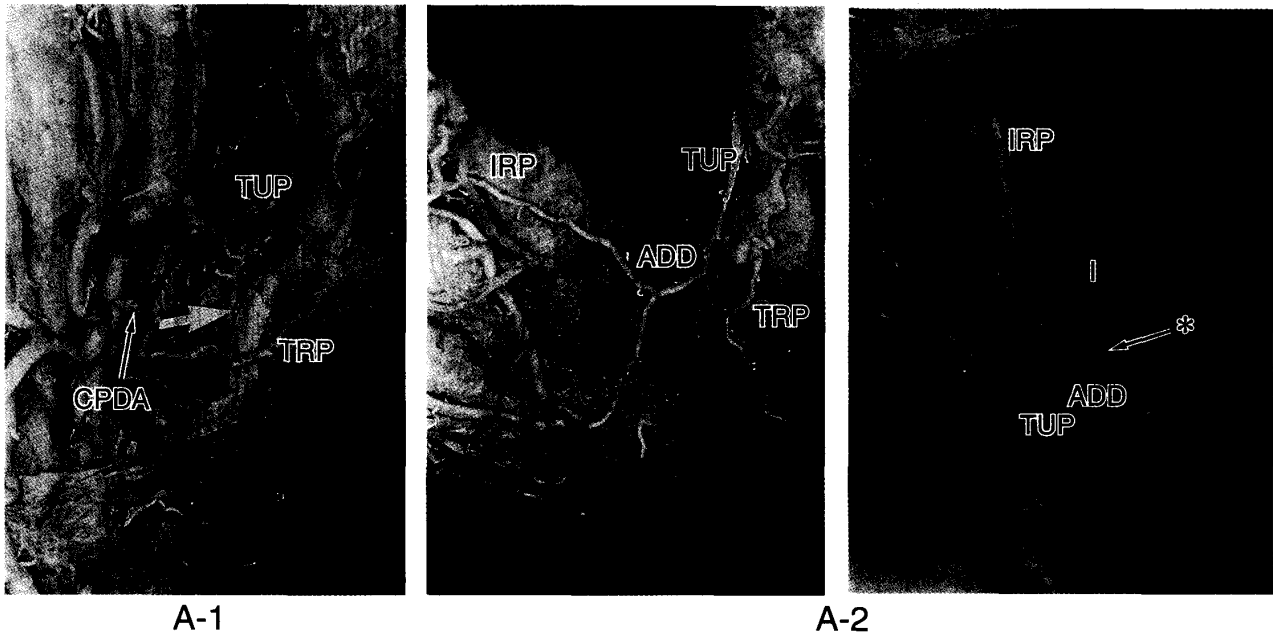


Photo. 3. Common vessels forming both TRPDA and TUPDA. Palmar view of right hand.

(left) Group A-1: CPDA or SPBR forming both TRPDA and TUPDA. White arrow shows flexor pollicis longus tendon. Group A-2: First PMA forming both TRPDA and TUPDA, palmar type (middle) and dorsal type (right). Right photograph shows first web space of right hand from distal aspect. Right is dorsal site. Left is palmar site. * = Ulnar branch of first PMA (Dorsal type); IRP=index radiopalmar digital artery; TUP=thumb ulnopalmar digital artery.

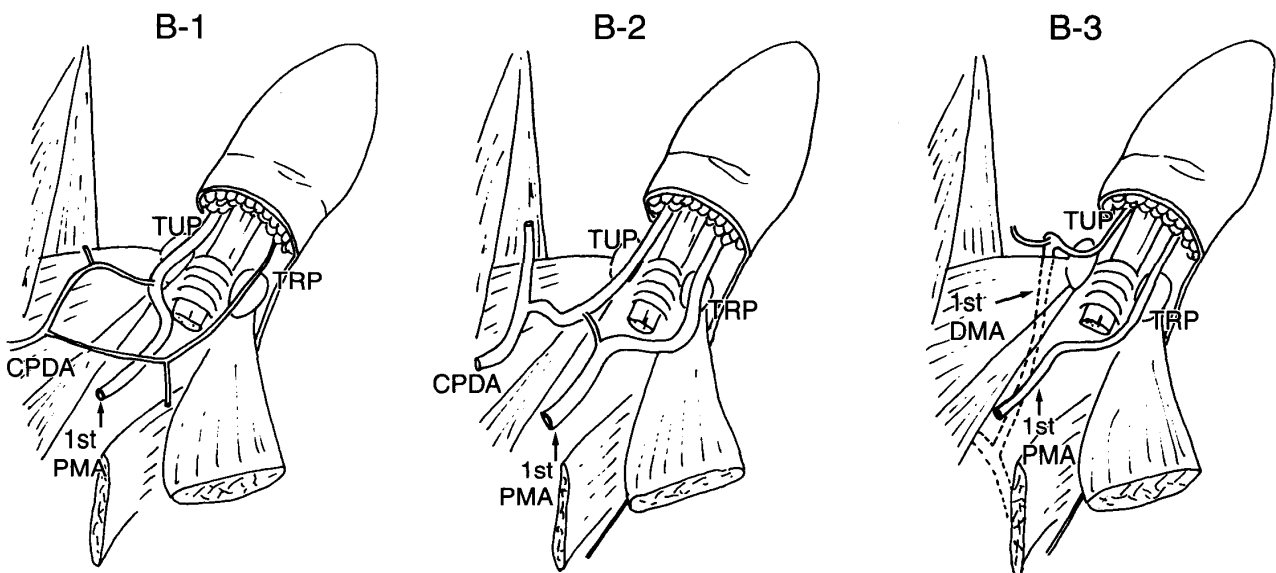


Fig. 5. TRPDA and TUPDA formed by different vessels in 27 hands.

(left) Group B-1: TUPDA formed by first PMA in 10 hands. TRPDA formed by CPDA in 2 hands, SPBR in 7 hands and branch of deep palmar arch in 1 hands. (middle) Group B-2: TUPDA formed by CPDA or SPBR in 7 hands. TRPDA formed by first PMA in 7 hands. (right) Group B-3: TUPDA formed by first DMA in 10 hands. TRPDA formed by first PMA in 10 hands. CPDA=common palmar digital artery; DMA=dorsal metacarpal artery; PMA=palmar metacarpal artery; TRP=thumb radiopalmar digital artery; TUP=thumb ulnopalmar digital artery.

(Photo. 3)。第1DMAが両側のTPDAの本幹となる手は認めなかった。

A-1: 浅掌枝が本幹となる手を, 6手6.3%に認めた。浅掌枝の内訳は尺骨動脈浅掌枝終末枝(第1CPDA)4手, SPBR2手であった。

A-2: 第1PMAが本幹となる手いわゆる母指主動脈を, 63手65.6%に認めた。第1PMAの尺側終末枝は掌側型が35手36.5%, 背側型が28手29.2%であった。

B群: TPDAの本幹が異なる手

TUPDAおよびTRPDAの本幹が異なる手で, TUPDAの本幹(第1PMA, 浅掌枝, 第1CPDA)により3群に分類した(Fig. 5)。

B-1: TUPDAの本幹が第1PMAの手で, 10手10.4%に認めた。TRPDAの本幹は浅掌枝9手(SPBR7手), 深掌動脈弓の分枝1手であった。

B-2: TUPDAの本幹が浅掌枝の手で7手7.3%に認めた。浅掌枝の内訳は, SPBR5手, 第1CPDA2手であった。TRPDAの本幹は, すべて第1PMAであった。

B-3: TUPDAの本幹がDMAの手で10手10.4%に認めた。TRPDAの本幹は, すべて第1PMAであった。

5) 両側母指掌側指動脈 (TPDA) および示指橈側掌側

指動脈 (IRPDA) の相互関係

両側TPDAおよびIRPDAの各固有指動脈の本幹の種類は, 尺側にいくほど変化に富んでいた(Fig. 6)。この3本の固有指動脈の相互関係を共通の本幹を有するか否かで, 3つに分類した。

① 3本の本幹が共通する手 (40手41.7%)

本幹は, SPBRが1手1.0%・第1CPDAが4手4.2%・第1PMAが35手36.5%であった(Photo. 4)。第1PMAが本幹となる35手のIRPDAの分岐部は, 第1PMAの本幹4手, 母指尺側終末枝31手であった。

② 3本の本幹が異なる手 (7手7.3%)

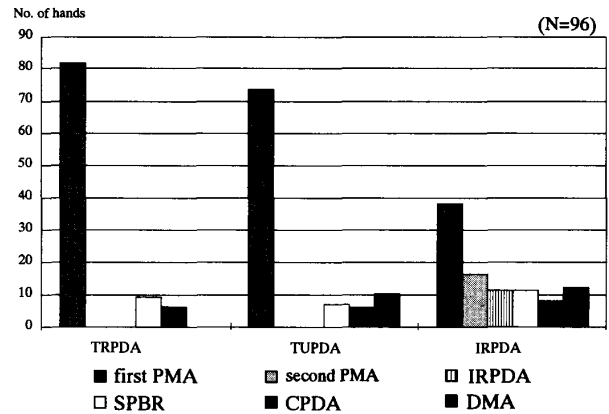


Fig. 6. Main vessels forming TRPDA, TUPDA and IRPDA, respectively, in 96 hands.

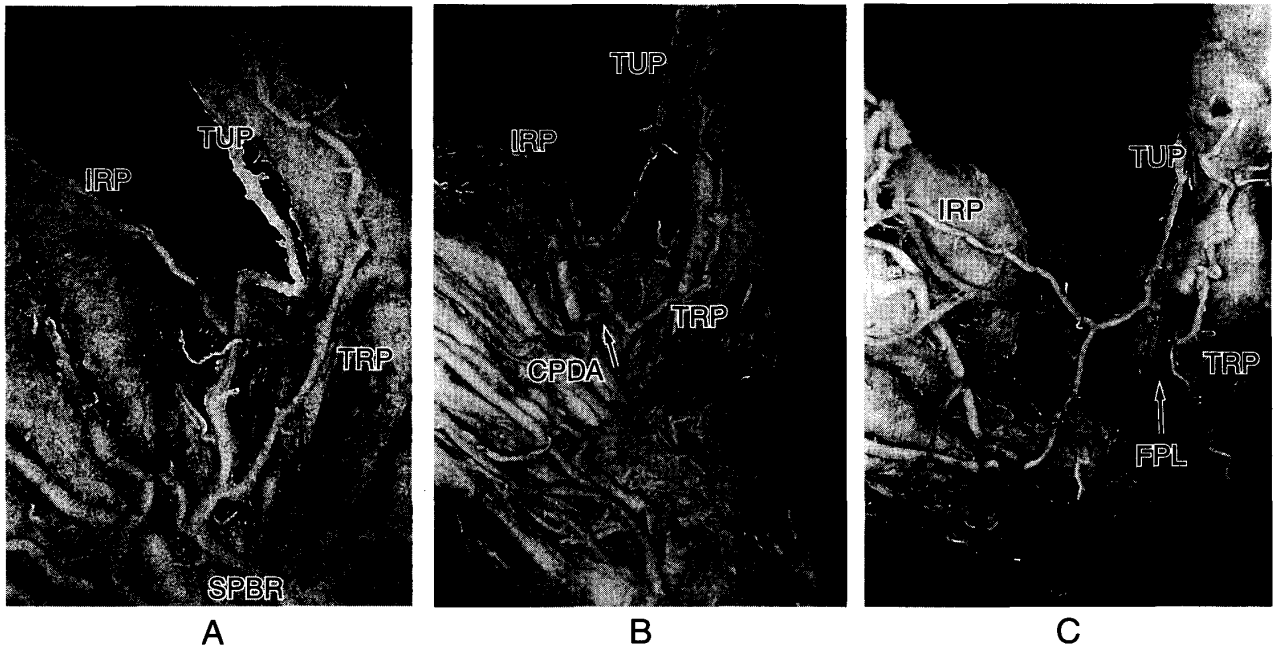


Photo. 4. Photographs of common vessels forming all three PDAs (TRPDA, TUPDA and IRPDA) in first web. Palmar view of right hand. A: SPBR forming all three PDAs. B: CPDA forming all three PDAs. C: First PMA forming all three PDAs. First PMA cannot be seen, as it underlies flexor pollicis longus tendon (FPL).

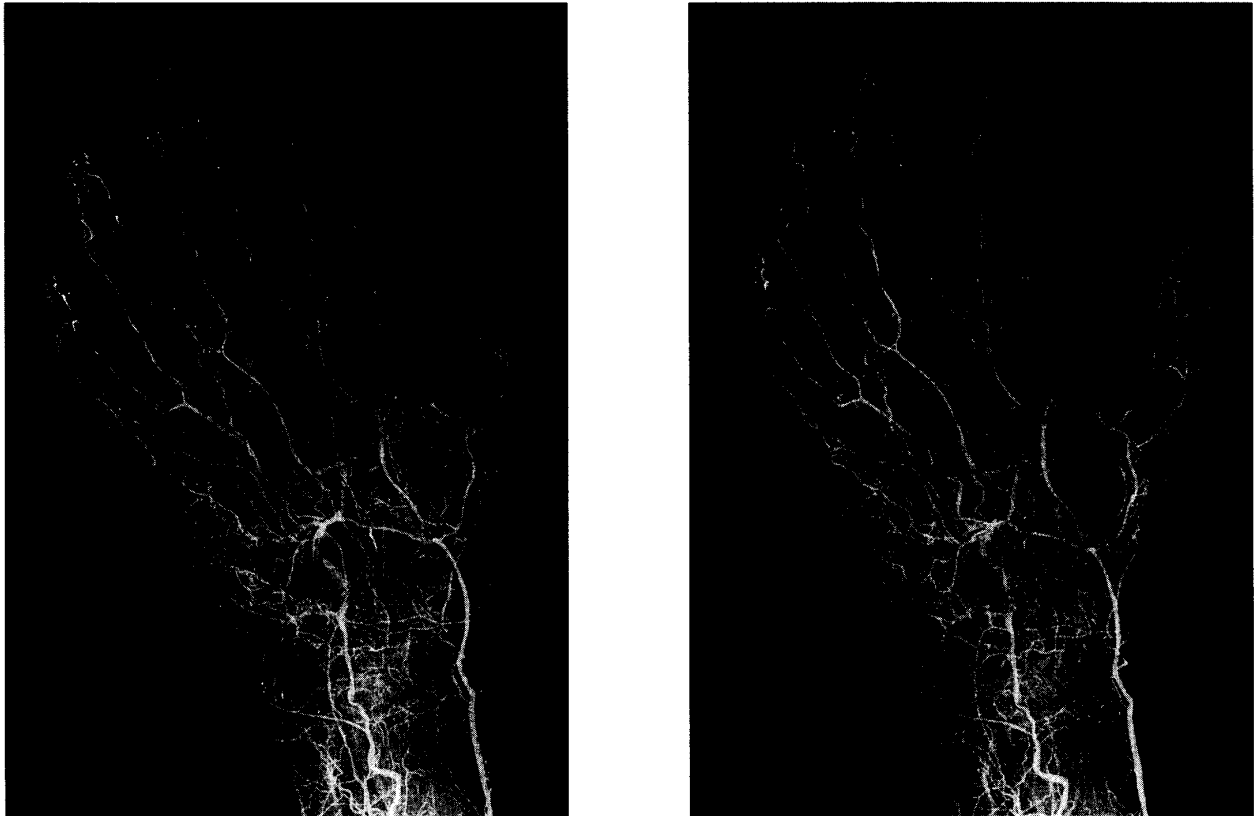


Photo. 5. Stereoscopic arteriographs of right hand (palmar side) in which different vessels form all three PDAs (TRPDA, TUPDA and IRPDA).

TRPDA arises from SPBR; TUPDA from first PMA; IRPDA from second PMA.

TRPDA は SPBR, TUPDA は第 1 PMA が本幹で, IRPDA は 7 手中 6 手が第 2 PMA あるいは RI が本幹であった (Photo. 5)。

③ 2 本の本幹が共通する手 (49 手 51.0%)

3 つの組み合わせで本幹が共通しており, それぞれ TRPDA と TUPDA が共通する例が 29 手 30.2%, TUPDA と IRPDA 共通例が 19 手 19.8%, TRPDA と IRPDA 共通例が 1 手 1.0% であった。

・ TRPDA と TUPDA 群:

共通の本幹は, SPBR が 1 手, 第 1 PMA が 28 手であった。IRPDA の本幹は, 第 2 PMA あるいは RI が 20 手・浅掌枝が 7 手・DMA が 2 手であった。

・ TUPDA と IRPDA 群:

共通の本幹は, 第 1 PMA 由来が 3 手・浅掌枝が 6 手・第 1 DMA が 10 手であった。浅掌枝 6 手のうち 5 手が SPBR 由来であった。

・ TRPDA と IRPDA 群:

共通の本幹は, SPBR であるものが 1 手であった。

II. 背側指動脈

母指背側指動脈 (thumb dorsal digital artery 以下, TDDA と略す) と示指橈側背側指動脈を検討した。

1. 母指橈側背側指動脈 (thumb radiodorsal digital artery 以下, TRDDA と略す)

第 1 中手骨橈側背側に橈骨動脈の分枝 2 本を認めた。

① 長および短母指伸筋腱の間で橈骨動脈から分枝する。短母指伸筋腱の橈側縁に沿って末梢に走行する。観察例 94 手中 75 手 79.8% がこのタイプであった。

② 長母指外転筋直下で橈骨動脈から分枝して掌側に向かい, 母指球筋に沿って末梢に走行する。94 手中 75 手 79.8% に認めた。

①② どちらかの血管が存在し, 中手骨頸部で第 1 PMA の橈側あるいは尺側回旋動脈と吻合し TRDDA を形成する (Photo. 6)。母指基節骨体部高位では, digitopalmar arch の背側枝と吻合する (95 手中 94 手 98.9%)。

2. 母指尺側背側指動脈 (thumb ulnodorsal digital artery 以下, TUDDA と略す)

TUDDA を, 96 手中 95 手 99.0% に認めた。3 つの本

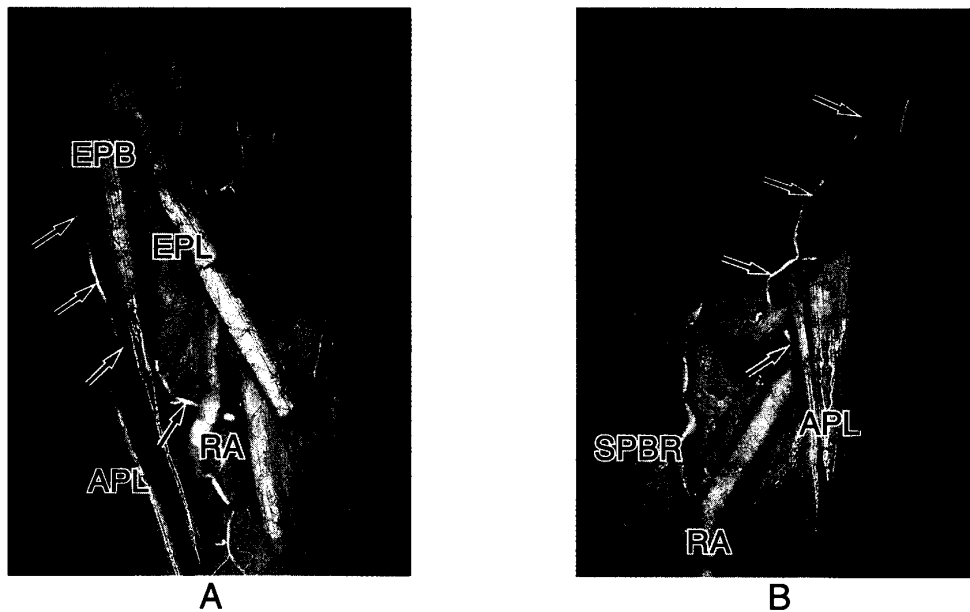


Photo. 6. Thumb radiodorsal digital artery (TRDDA) composed from two branches of radial artery.
 A: TRDDA (arrows) arising from radial artery in snuff box. Dorsal view of right hand. B: TRDDA (arrows) arising from radial artery just proximal to tendon of abductor pollicis longus. Lateral view of right hand from radial aspect. APL=abductor pollicis longus; EPB=extensor pollicis brevis; EPL=extensor pollicis longus; RA=radial artery; SPBR=superficial palmar branch of radial artery.

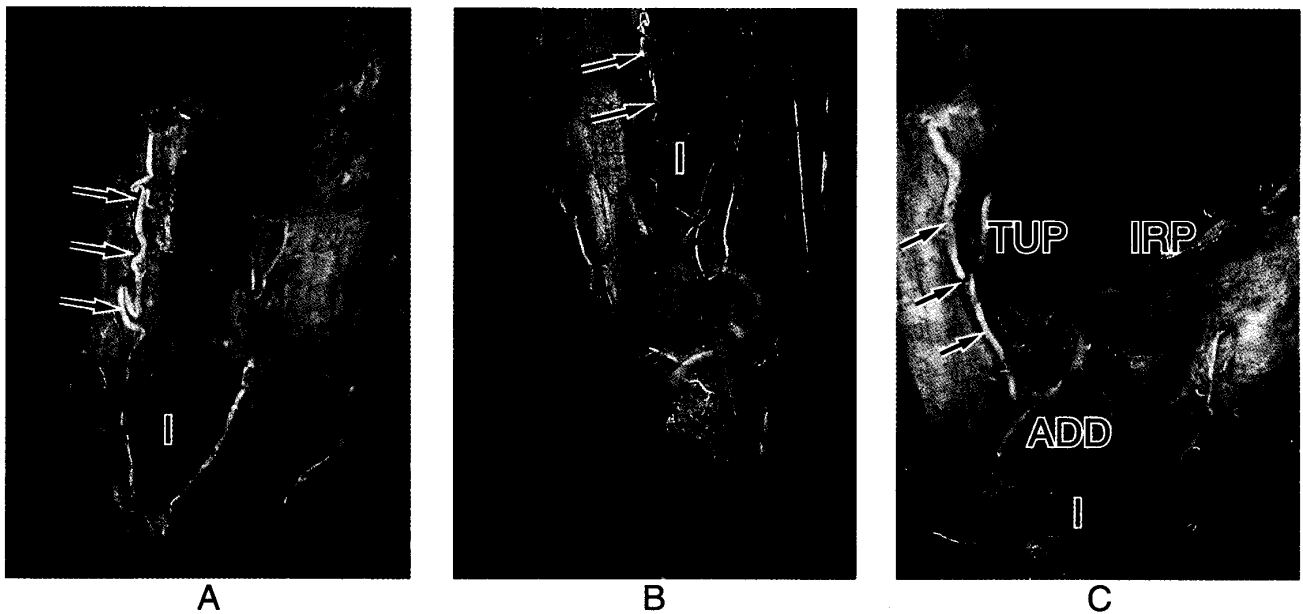


Photo. 7. Three main origins for thumb ulnodorsal digital artery (TUDDA). Dorsal view of right hand.
 A: TUDDA (arrows) arising from radial branch of first DMA. B: TUDDA (arrows) arising from first PMA (palmar type). C: TUDDA (arrows) arising from ulnar terminal branch of first PMA (dorsal type). ADD=adductor pollicis; I=interosseous dorsalis; IRP=index radiopalmar digital artery; TUP=thumb ulnopalmar digital artery.

幹を認めた (Photo. 7)。

①第1 DMA 橈側枝が中手指節間関節 (metacarpophalangeal joint 以下, MPj と略す) を越えて TUDDA

となる手を, 96手中12手12.5%に認めた。長母指伸筋腱尺側に沿って末梢に向かって走行する。なお, MPj を越えない手を含めると, 第1 DMA 橈側枝を

30手31.3%に認めた。

②第1 PMA の本幹から分岐する手を、49手51.0%に認めた。第1 PMA の本幹から分岐し、母指内転筋附着部中樞縁より背側に出て末梢に走行する。第1 PMA の尺側終末枝はいずれも掌側型である。

③第1 PMA 尺側終末枝背側型から分岐する手で、34手35.4%に認めた。尺側終末枝が母指内転筋背側部を走行するとき、母指尺側背側指動脈を分岐する。母指基節骨体部高位では、digitopalmar arch の背側枝(95手中50手52.6%)と吻合する。

3. 示指橈側背側指動脈 (index radiodorsal digital artery 以下, IRDDA と略す)

第2 中手骨橈側背側に沿って末梢に走行する第1 DMA 尺側枝に、第2 中手骨頸部で第2 PMA の背側枝が、基節骨基部で IRPDA の背側枝が吻合して IRDDA を構成する (Fig. 7)。それぞれ93手中91手97.8%・94手中83手88.3%・90手中88手97.8%に認めた。第1 DMA 尺側枝に代わる血管として、第1 PMA 尺側終末枝の分岐あるいは第1 DMA 橈側枝の分岐を94手中3手3.2%に認めた (Photo. 8)。

第1 DMA 尺側枝の到達高位を MPj を基準として解析した。MPj を越える手は91手中48手52.8%で、そのうち IRPDA 背側枝と吻合し近位指節間関節まで到達する手を91手中34手37.4%に認めた。到達高位が MPj 高位は91手中17手18.7%, MPj を越えない手は91手中26手28.6%であった。第1 DMA 尺側枝と第2 PMA 背

側枝の吻合のない手を92手中23手25.0%に認めた。

第1 DMA 尺側枝と第2 PMA 背側枝の血管径を比較すると第1 DMA 尺側枝の方が大きいか同等の大きさをもつ手が92手中62手67.4%であった。

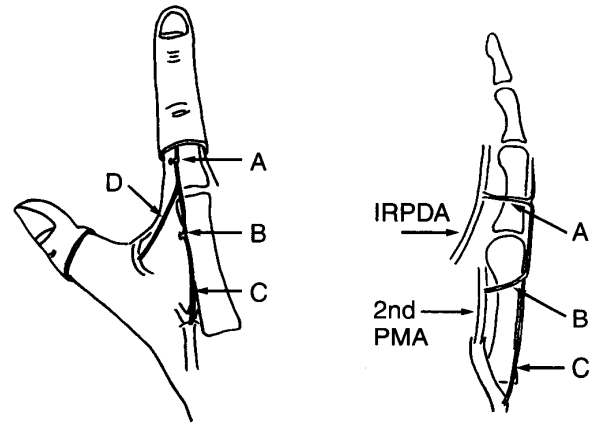
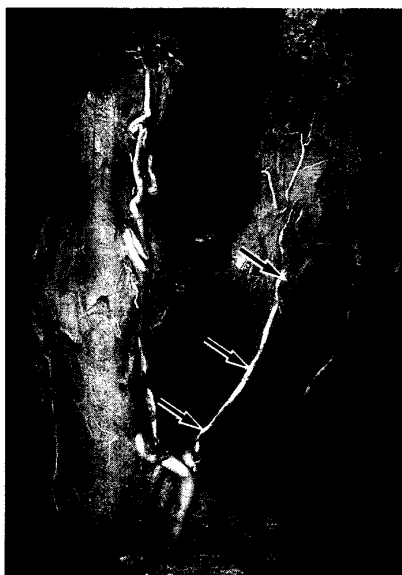


Fig. 7. IRDDA joined by branches of palmar and dorsal vessels.

(left) Dorsal view of index finger. (right) Lateral view of index finger from radial aspect. A=dorsal branch of IRPDA. B=dorsal branch of second PMA. C=ulnar branch of first DMA. D=branch of radial branch of first DMA or ulnar branch of first PMA.



A



B

Photo. 8. IRDDA arising from vessels other than ulnar branch of first dorsal metacarpal artery (DMA).

A: IRDDA (arrows) arising from ulnar branch of first DMA (usual pattern). B: IRDDA (arrows) arising from large radial branch of first DMA.

Ⅲ. 母指指動脈の血管径の比較

TRPDA および TUPDA の動脈径を比較すると、尺側の方が太い手を91手中9手9.9%, ほぼ同程度の手を91手中33手36.3%, 橈側の方が大きい手を91手中49手53.8%に認めた。

背側と掌側の母指尺側指動脈の動脈径を比較すると、TUDDA と TUPDA が同程度あるいは TUDDA の方が太い手を91手中33手36.3%に認めた。

考 察

手の血行は、多くの研究者の対象となってきた。Coleman と Anson (1961)³⁾は、650手の肉眼解剖を行い手の血行の変異を統計学的に論じた。手の血行を詳細に研究した Adachi (1928)¹⁾によると、第1指間部の3本の掌側指動脈の起始部には大きな変異があると述べている。第1指間部を中心とした解剖学的研究として Weathersby (1955)²²⁾, Murakami ら (1969)¹⁵⁾, Ebner と Hammer (1988)⁸⁾, Bianch と Leiro (1987)²⁾の報告があるが、Ebner と Hammer⁸⁾も述べているように第1指間部は変異に富む血行形態を呈する部位で系統的な解析の行いにくい部位である。近年になり、外科的治療の観点から手の血行の再検討が行われ、Parks ら (1978)¹⁶⁾, Earley (1986)⁵⁾が第1指間部に的を絞った研究を行っている。

一方、従来の肉眼解剖の研究から、microfil, latex あるいは methylene blue⁴⁾などを血管に注入したり、血管造影写真^{5,12)}を用いた報告など研究方法も変遷してきた。しかし、それぞれ長所欠点を有しており、欠点として肉眼解剖であると小径の血管の同定が困難で⁴⁾一度解剖してしまうと周囲の血管との相互関係が解らなくなり再現性に乏しいことや、注入する粒子によっては静脈まで注入され動脈と静脈の判別が困難になる⁴⁾ことがあげられる。また、血管造影写真では、小径の血管が造影されない¹³⁾, あるいは、二次元の観察であると各々の血管の立体関係がつかめないなどの問題点を有している。Ikeda ら (1988)¹⁰⁾は立体撮影を行った血管造影写真を用いた研究を報告し、小径の動脈まで観察が可能であると述べている。この方法を用いることにより、各々の血管を立体的に再現性のある情報として得ることが可能となった。

I. 解剖所見について

手の固有掌側指動脈の本幹となる動脈は、総掌側指動脈と橈骨動脈の分枝である掌側中手動脈・背側中手動脈・橈骨動脈浅掌枝であるが、いずれかの動脈が太ければ残りの動脈は細くなる負の相関を有する^{5,13)}。

例えば、第1 PMA が母指指動脈の本幹となる手においても、浅掌動脈弓と母指掌側指動脈の間には第1 CPDA の走行に沿って細い皮枝が存在し³⁾, 浅掌動脈弓および CPDA の血管形態あるいは吻合が残存している。このことは、浅掌動脈弓を96.4%の頻度で認めた、細動脈レベルまで観察した Ikeda ら¹⁰⁾の研究によって支持される。したがって、本研究では細い吻合枝を考慮せず、臨床的観点から指の血行に影響を及ぼす固有指動脈の本幹に的を絞って調査した。

1. 母指掌側指動脈 (TPDA) について

1) 母指橈側掌側指動脈 (TRPDA)

TRPDA の本幹は、Yamamoto²³⁾は、第1 PMA 87.0%・SPBR 10.0%・尺骨動脈浅掌枝3.0%, Ikeda ら¹⁰⁾は、第1 PMA 76.0%・第1 DMA 4.5%・浅掌動脈弓18.5%と報告した。本研究では、第1 PMA 84.4%・SPBR 9.4%・尺骨動脈浅掌枝6.2%であった。Yamamoto²³⁾とはほぼ同様な結果となったが、第1 DMA が認められず Ikeda ら¹⁰⁾の報告とは若干異なる結果となった。

2) 母指尺側掌側指動脈 (TUPDA)

Yamamoto²³⁾は、TUPDA の本幹は第1 PMA 76.0%・SPBR 9.5%・尺骨動脈浅掌枝6.5%・第1 DMA 7.5%, Ikeda ら¹⁰⁾は、第1 PMA 72.0%・浅掌動脈弓14.4%・第1 DMA 13.5%と報告した。本研究では、第1 PMA 76.0%・SPBR 7.3%・尺骨動脈浅掌枝6.2%・第1 DMA 10.4%であった。ほぼ類似の結果となった。

Earley⁵⁾は、第1 PMA 尺側終末枝が母指内転筋の掌側を走行する pre-adductor type と母指内転筋の背側を走行する post-adductor type を報告し、再接着や組織複合移植のとき血管を同定する際に注意が必要であると述べている。Bianch と Leiro²⁾, Deutel ら⁴⁾, Murakami ら¹⁵⁾も同様な走行について言及している。Adachi¹⁾はこのような走行を第1 DMA の変異と述べている。本研究では、掌側型 Palmar type が pre-adductor type, 背側型 Dorsal type が post-adductor type に相当し、それぞれ44.8%, 31.3%に認めた。

Parks ら¹⁶⁾は浅掌枝が母指の主要動脈になることはない¹⁶⁾と述べた。Earley⁵⁾は尺骨動脈浅掌枝が TRPDA と TUPDA の共通する本幹となることはないため、尺骨動脈を結紮しても母指の循環障害は起こらないと述べている。本研究では、浅掌枝が TRPDA と TUPDA が共通する本幹となる頻度は6.3%で、内訳は尺骨動脈浅掌枝4.2%, SPBR 2.1%であった。したがって、Earley⁵⁾が述べた結果と異なり、尺骨動脈の結紮は母指の循環に関して必ずしも安全ではなく、臨床面で留

意しなければならない。

2. 示指橈側掌側指動脈 (IRPDA) について

Weathersby²²⁾は256手を調査し、IRPDAの本幹は深掌動脈弓45%、浅掌動脈弓13%、浅深両動脈弓42%と報告した。Earley⁵⁾は20手を調査し、深掌動脈弓50%。浅掌動脈弓30%、浅深両動脈弓5%、背側中手動脈10%、欠損5%と報告している。本研究では、深掌動脈弓67.8%、浅掌動脈弓19.8%、背側中手動脈12.5%であった。

IRPDAが母指主動脈から分枝することは、Weathersby²²⁾、Parksら¹⁶⁾が、それぞれ12%、50%の頻度であると報告している。本研究では、IRPDAがTPDAと主要な吻合をもつ頻度は62.5%であった。特に、IRPDAとTUPDAの本幹が共通する手は59手61.5%と両者は密接な関係にあった。59手のうち38手が第1PMAで、分岐高位は第1PMA本幹が4手、尺側終末枝が34手で、いわゆる母指主動脈である第1PMA本幹からの分枝は少なかった。

第1PMA尺側終末枝の走行とIRPDAとの吻合の有無を調べると、母指内転筋背側型30手中19手63.3%、掌側型43手中15手34.9%と、背側型がIRPDAを分枝する頻度が高かった。Tonkinら²⁰⁾の報告した中手骨高位の切断で母指の血行が保たれるのは、このような吻合が存在するためと考える。

TUPDAが掌側型のとき、IRPDAは浅掌枝16.3%・深掌枝44.2%・母指尺側終末枝34.9%、以下同様で、背側型のとき浅掌枝3.3%・深掌枝33.3%・母指尺側終末枝63.3%、浅掌枝のとき浅掌枝84.6%、背側中手動脈のとき100%背側中手動脈であった。TUPDAの走行からIRPDAの本幹の予測がある程度可能と考える。

IRPDAの本幹が第2PMAあるいはRIとなるとき、TPDAと共通する本幹を有することはなかった。

3. 両側母指掌側指動脈 (TPDA) と示指橈側掌側指動脈 (IRPDA) との相互関係

両側TPDAとIRPDAの3掌側指動脈の相互関係について考察した文献は少ない。Yamamoto²³⁾は、第1PMAの40%が橈側3本の固有指動脈の本幹となると報告した。今回、3次元解析法を用いることにより、3本の固有指動脈の相互関係を解析することが可能であった。共通の本幹を有する頻度は41.7%で、内訳はSPBR 1.0%、第1CPDA 4.2%、第1PMA 36.5%であった。

4. 母指背側指動脈 (TDDA) について

1) 母指橈側背側指動脈 (TRDDA)

Earley⁵⁾は、snuff boxで橈骨動脈から分枝し短母指

伸筋腱と長母指外転筋腱に沿ってMPjに向かう動脈を認め、30%で欠損したと報告した。本研究では、snuff boxで橈骨動脈より分枝し母指橈側背側に向かつて走行する2本の動脈を認め、それぞれ79.8%に認めた。2本の動脈のうち、長および短母指伸筋腱の間で橈骨動脈より分枝し短母指伸筋腱の橈側縁に沿って走行する動脈が、Earley⁵⁾の認めた動脈に相当すると考える。2本の動脈は、中手骨頸部で第1PMAの橈側あるいは尺側回旋枝と吻合しMPjを越えて末梢に走行するが、血管径は細い。むしろ、pulp arcadesを構成する主血管となるのは、母指基節骨高位でdigitopalmar archから分枝する背側枝(95手中94手98.9%)である。

以上のことから臨床面では、第1中手骨橈側皮弁が作製できる可能性を有している。

2) 母指尺側背側指動脈 (TUDDA)

Earley⁵⁾は、TUDDAの本幹は第1DMA 30%・橈骨動脈30%・第1PMA 5%・発達した第1DMA 5%と報告し、First web flapの可能性を示唆した⁷⁾。Ikedaら¹⁰⁾は、TUDDAを80.5%に認め、princeps pollicis artery 54%、第1DMA 26.5%と報告している。本研究では、TUDDAは99.0%に存在し、3つの本幹を認めた。第1DMA橈側枝12.5%、第1PMAの本幹からの分枝51.0%、第1PMA尺側終末枝背側型からの分枝35.4%に認めた。これらの動脈は比較的太く安定した動脈であるため、母指基節骨高位でのdigitopalmar archからの背側枝は、橈側の背側枝と比較して細く52.6%と低頻度であった。

本研究の結果は、Strauch¹⁹⁾・Sandzen¹⁷⁾により報告された母指背側皮弁を理論的に裏付ける結果であった。

5. 示指橈側背側指動脈 (IRDDA)

VilainとDupuis(1973)²¹⁾は、手の小さな皮膚欠損に対して局所皮弁であるflag flapの有用性、安全性を報告したが、血行は真皮下の動脈網により供給されている。Lister(1981)¹⁴⁾は、局所皮弁の利点欠点を報告した中で、指動脈を含めるaxial flag flapを報告した。一方、FoucherとBraun(1979)⁹⁾は、第1DMAの分枝をinternal dorsal artery of the thumbとexternal dorsal artery of the index fingerと命名し、後者を、観察した30手すべてに認めて背側島状皮弁であるkite flapの臨床応用を報告した。SmallとBrennen(1988)¹⁸⁾は、このkite flapは近位指節間関節まで皮弁を伸ばすことが可能であると述べているが、その安全性については言及していない。EarleyとMilner(1987)⁶⁾は、第1DMAの分枝を利用した背側島状皮弁について基

礎的研究を行い、近位指節間関節を越える皮弁の限界を報告した。本研究では、第1 DMA 尺側枝が、MPj を越えない手を28.6%、MPj の近位で第2 PMA 背側枝と吻合しない頻度を25.0%、第2 PMA 背側枝の血管径よりも細い手を32.6%に認めた。第1 DMA 尺側枝に代わり IRDDA の本幹となる動脈として、第1 PMA 尺側終末枝の分枝あるいは第1 DMA 橈側枝の分枝を3.2%に認めた。

本研究の第1 DMA 尺側枝の到達範囲や血管径の大きさが、臨床結果と必ずしも相関するとは限らないが、第2 PMA 背側枝と吻合しない手や第1 DMA 尺側枝の発達の悪い手の存在も含めて、皮弁を作成する際の留意点と考える。

Dautel ら⁴⁾は第2 中手骨橈側背側を走行する第1 DMA の分枝として第1 背側骨間筋筋膜の浅層および深層を走行する2種類の動脈を報告しているが、今回の研究では、2種類の動脈を立体写真の解析で同定することはできなかった。

II. 臨床応用

1. 手の動脈を結紮したときに循環障害の発生する危険性

前腕皮弁の有用性は多くの論文で述べられているが、皮弁採取部の障害も問題となっている。橈骨動脈の分枝が10本すべての PDA の本幹となる橈骨動脈優位な手を4手4.1%に認め、このような橈骨動脈を結紮すれば手の循環障害が発生する危険性があり注意が必要である。

症例呈示：49歳 女性 左手関節部背側皮膚欠損

お灸による熱傷により皮膚壊死から皮膚欠損となり、伸筋腱は欠損し橈骨および尺骨遠位端が露出した。病巣搔爬ののち両側の長掌筋腱を総指伸筋と長母指伸筋腱に移植再建を行ったのち、前腕中枢より橈骨動脈を栄養血管とする橈側前腕皮弁を挙上し逆行性島状皮弁として皮膚欠損部に移植した。手の循環障害の合併もなく、皮弁は完全に生着した (Photo. 9)。

尺骨動脈終末枝である第1 CPDA は Tandler's artery と呼ばれているが、両側 TPDA の本幹となる頻度は少ないため、尺骨動脈を結紮しても母指の循環障害は起こらないといわれている。しかし、両側の TPDA の本幹が第1 CPDA である手を4手に認め、さらに10本すべての PDA の本幹が CPDA の手を2手に認め、尺骨動脈の結紮も必ずしも安全ではない。

両側 TPDA の本幹となる SPBR は2手2.1%で、SPBR を用いた皮弁を作製することにより母指の循環障害の発生が危惧される。

第1 PMA を結紮することにより母指の循環障害は63手65.6%に危惧されるが、IRPDA と共通の本幹をもつ手を40手41.7%に認めており、いわゆる母指主動脈(第1 PMA) が切断されても IRPDA からの血行により母指の重篤な血行障害は免れるかもしれない。

2. 母指再接着について

1) 血管径について

固有指動脈の高位での再接着では、太い方の血管を確実に吻合することが重要である。Earley⁵⁾は母指掌側の血管径を比較し、90%の頻度で尺側の動脈径が太く吻合の第一選択と述べている。しかし、本研究では、53.8%に TRPDA の動脈径が太く、Earley⁵⁾の観

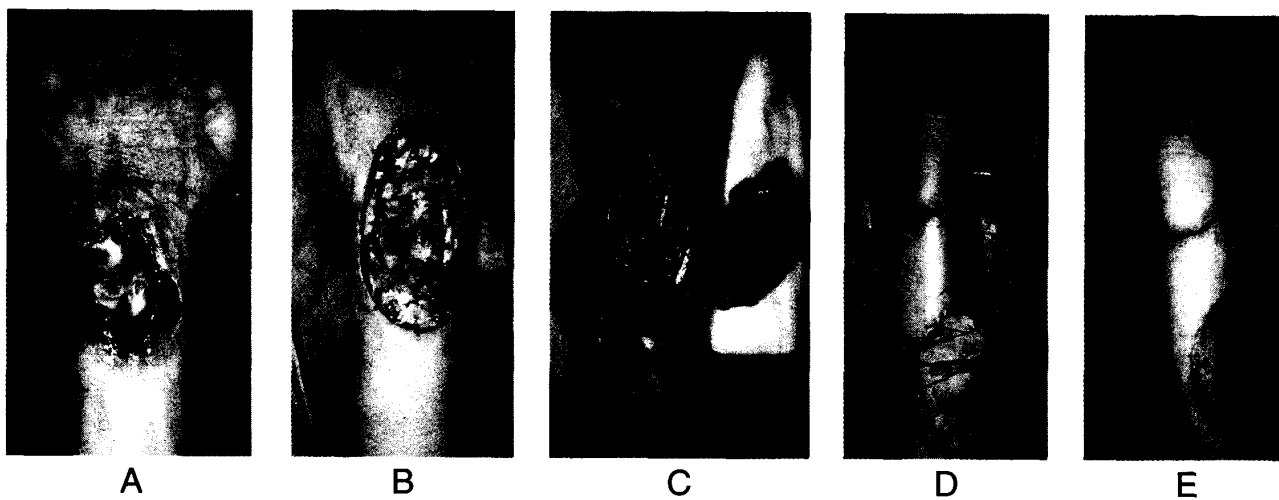


Photo. 9. Radial artery ligation at the proximal site with forearm flap in a 49-year-old female.

A: Pre-operative view. B: Defect following debridement. C: After tendon graft. D: Flap transferred to skin defect. E: At 6 post-operative weeks.

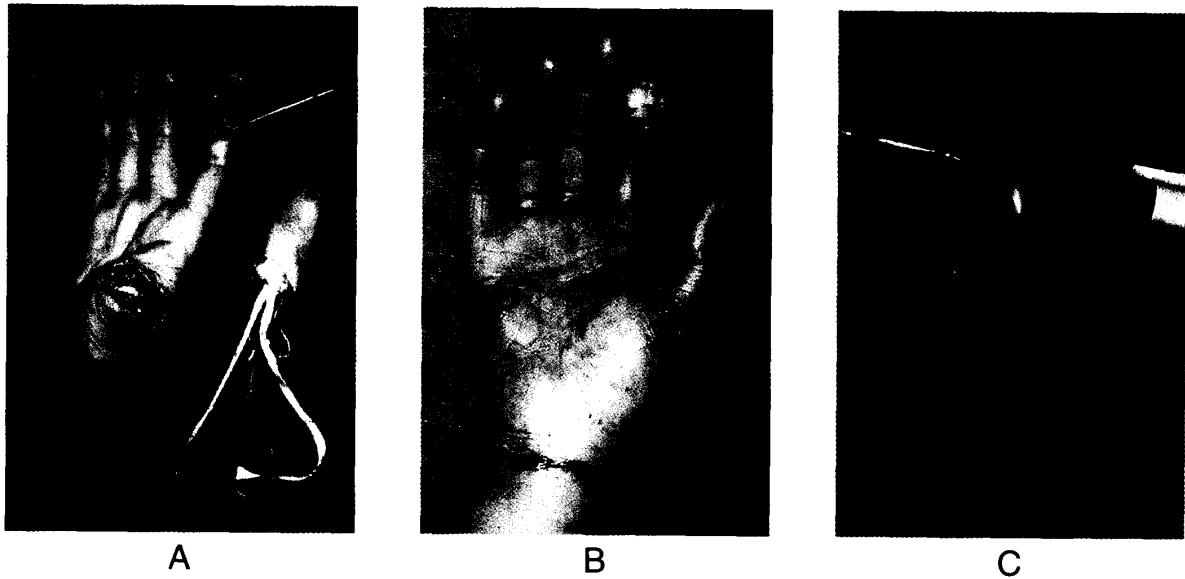


Photo. 10. 50-year-old female who suffered amputation of thumb and index finger.

A: Pre-operative view. B: After reattachment of thumb and skin graft of index finger. C: Post-operative view.

察と異なる結果となった。この頻度の違いは、人種差あるいは年齢構成の差が関与しているのかもしれないが、原因は不明である。TUDDA が TUPDA より 36.3% に太いか同等の太さであったことも、TRPDA の血管径の太くなった一因かもしれない。

吻合枝の選択に際して、固有掌側指動脈のみならず尺側の背側指動脈も選択肢のひとつとして考慮に入れる必要がある。

症例呈示：50歳 女性 右母指・示指切断

機械に巻き込まれ、右母指および示指を切断した。右母指に対して、骨接合、腱縫合ののち橈側掌側指動脈と静脈を縫合し再接着術を行った。切断母指は完全に生着した。示指に対しては遊離皮膚移植術を行った (Photo. 10)。

2) 切断高位別にみた血管の分布および走行

TUPDA の本幹のうち第 1 DMA および第 1 PMA 尺側終末枝の背側型は、母指内転筋背側を遠位に向けて走行し母指内転筋末梢自由縁を乗り越えて掌側に出たのち、母指尺側に向かって大きく弯曲する。両者を併せて 41.7% に認めた。この動脈が母指内転筋付着部高位で切断された場合、弯曲の頂点を残して、内転筋の背側と掌側の 2 カ所で動脈が切断される可能性がある。縫合法としていくつかの方法が理論的に考えられる。すなわち、① IRPDA との吻合があれば掌側の断端と吻合、② IRPDA との吻合がなければ、掌側および背側 2 カ所の切断部を吻合するか、③ 背側の中枢断端を内転筋の近位側自由縁をくぐらせて掌側に移動して末梢断端と吻合する 3 つの方法が考えられる。

母指内転筋付着部より中枢で切断された場合、TRPDA および TUPDA の本幹が共通する 69 手 71.9% は本幹 1 本の動脈吻合で十分である。

第 1 PMA 尺側枝から分岐した直後の IRPDA が切断された場合、この中枢断端を TUPDA の末梢断端と誤認し中枢に吻合枝断端を求めてはならない。

3) 母指の血管が見つからない場合に他の動脈は使えないか

IRPDA のうち 61.5% は TUPDA と共通する本幹を有しており、第 1 PMA 本幹が挫滅している場合に逆行性ではあるが吻合血管として使用可能である。

結 語

1. 解剖用保存遺体 96 手を対象として、動脈造影後に立体 X 線撮影を行い、得られた X 線写真を立体鏡を用いて三次元的に解析し、手の橈側部を中心とした血行を解剖学的に検討した。
2. 母指掌側指動脈と示指橈側掌側指動脈の関係を体系化することにより、複雑な第 1 指間部の手の血行の理解を容易にすることができた。
3. 橈骨動脈・橈骨動脈浅掌枝・尺骨動脈を血管柄として利用する皮弁を作製することにより、手の循環障害をおこす危険性のある手が存在した。
4. 母指再接着術で血管吻合を行う際、掌側の固有指動脈以外に吻合血管として選択可能な太さの尺側背側指動脈が存在した。
5. 母指橈側および母指尺側背側指動脈を利用した皮弁の可能性を認めた。

6. 第1背側中手動脈尺側枝を利用した背側島状皮弁について, 解剖学的に必ずしも安全でない手が存在した。

謝 辞

稿を終えるにあたり, 御指導, 御校閲を賜りました広島大学医学部整形外科学講座生田義和教授に深甚なる感謝の意を表します。また, 貴重な標本を提供していただき, 御指導いただきました川崎医科大学解剖学講座の池田章教授に深謝いたします。

参 考 文 献

1. **Adachi, B.** 1928. Das Arterien system der Japaner. Band I, p. 385-405. Maruzen Co., Kyoto.
2. **Bianch, H. F. and Leiro, R.** 1987. The arterial trunk of the thumb-index digital collaterals. *Surg. Radiol. Anat.* 9 : 63-67.
3. **Coleman, S. S. and Anson, B. J.** 1961. Arterial patterns in the hand based upon a study of 650 specimens. *Surg. Gynecol. Obstet.* 113 : 409-424.
4. **Dautel, G., Borrelly, J., Merle, M. and Michon, J.** 1989. Dorsal vascular network of the first web space. *Surg. Radiol. Anat.* 11 : 109-113.
5. **Earley, M. J.** 1986. The arterial supply of the thumb, first web and index finger and its surgical application. *J. Hand Surg. [Br.]* 11 : 163-174.
6. **Earley, M. J. and Milner, R. H.** 1987. Dorsal metacarpal flaps. *Br. J. Plast. Surg.* 40 : 333-341.
7. **Earley, M. J.** 1989. The first web hand flap. *J. Hand Surg. [Br.]* 14 : 65-69.
8. **Ebner, I. and Hammer, H.** 1988. Aspekte der arteriellen Gefäßbeziehungen im Hohlhandbereich. *Acta Anat. (Basel)* 131 : 297-304.
9. **Foucher, G. and Braun, J. B.** 1979. A new island flap transfer from the dorsum of the index to the thumb. *Plast. Reconstr. Surg.* 63 : 344-348.
10. **Ikeda, A., Ugawa, A., Kajihara, Y. and Hamada, N.** 1988. Arterial patterns in the hand based on a three-dimensional analysis of 220 cadaver hands. *J. Hand Surg. [Am.]* 13 : 501-509.
11. **池田 章, 藤本勝邦, 吉井 致, 松本 真, 西谷耕二, 池田一夫** 1993. 全身の灌流固定法による解剖体の防腐保存法とその応用. *解剖学雑誌* 68 : 401-421.
12. **Jelicic, N., Gajisin, S. and Zbrodowski, A.** 1988. *Arucus palmalis superficialis.* *Acta Anat. (Basel)* 132 : 187-190.
13. **Karlsson, S. and Niechajev, I. A.** 1982. Arterial anatomy of the upper extremity. *Acta Radiol. Diagn.* 23 : 115-121.
14. **Lister, G.** 1981. The theory of the transposition flap and its practical application in the hand. *Clin. Plast. Surg.* 8 : 115-127.
15. **Murakami, T., Takaya, K. and Outi, H.** 1969. The origin, course and distribution of arteries to the thumb, with special reference to the so-called A. princeps pollicis. *Okajimas Folia Anat Jpn.* 46 : 123-137.
16. **Parks, B. J., Arbelaez, J. and Horner, R. L.** 1978. Medical and surgical importance of the arterial blood supply of the thumb. *J. Hand Surg. [Am.]* 3 : 383-385.
17. **Sandzen, S. C., Jr.** 1982. Dorsal pedicle flap for resurfacing a moderate thumb-index web contracture release. *J. Hand Surg. [Br.]* 7 : 21-24.
18. **Small, J. O. and Brennen, M. D.** 1988. The first dorsal metacarpal artery neurovascular island flap. *J. Hand Surg. [Br.]* 13 : 136-145.
19. **Strauch, B.** 1975. Dorsal thumb flap for release of adduction contracture of the first web space. *Bull. Hosp. Jt. Dis. Orthop. Inst.* 36 : 34-39.
20. **Tonkin, M. A., Ames, E. L., Wolff, T. W. and Larsen, R. D.** 1988. Transmetacarpal amputation and replantation. *J. Hand Surg. [Br.]* 13 : 204-209.
21. **Vilain, R. and Dupuis, J. F.** 1973. Use of the flag flap for coverage of a small area on a finger or the palm. *Plast. Reconstr. Surg.* 51 : 397-401.
22. **Weathersby, H. T.** 1955. The artery of the index finger. *Anat. Rec.* 122 : 57-64.
23. **山本秀雄** 1939. 日本人手掌指動脈の立体レ線学的解剖学的研究. *解剖学雑誌* 14 : 837-985.

Three-Dimensional Analysis of the Arterial Supply in the First Web Region of the Human Hand

Masanobu SASAKI

Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University School of Medicine, Hiroshima, Japan
(Director: Prof. Yoshikazu IKUTA)

The arterial supply of the human hand in the first web region is particularly complex. However, few anatomical reports have systematically classified the arterial supply in this region. Such knowledge is expected to aid advancements in microsurgery of the hand. We attempted here to classify the arterial supply of the human hand using three-dimensional angiographic analysis of 96 cadaveric hands.

The radial or ulnar artery was found to be the main supply for all proper palmar digital arteries in 6.3% of the 96 hands studied. Necrosis of the fingers is a potential risk in hands with this type of arterial supply if the radial or ulnar artery is ligatured to create a vascularized skin flap.

The anatomical correlation of the radial and ulnar palmar digital arteries of the thumb and the radiopalmar digital artery of the index finger, constituting the three palmar digital arteries in the first web space was determined systematically.

The ulnodorsal digital artery of the thumb was found to have three different origins. The ulnar branch of the first dorsal metacarpal artery did not contribute to the formation of the index radiodorsal digital artery in 3.2% of the 96 hands studied.

The present findings provide microsurgeons with new anatomical information of the arterial supply of the human hand that is useful for the surgical management of injuries to the hand.