

# 霊長類の足の動脈系の研究

—特異な走行を示すロリス科四肢の動脈系の立体解析—

川崎医科大学 解剖学教室  
(指導: 池田 章教授)

三宅 信一郎

(昭和61年10月28日受付)

## A Study on Arterial System of the Lower Limb —Three Dimensional Analysis of the Peculiar Arterial Patterns of Limbs in Lorisiformes—

Shinichiro Miyake

Department of Anatomy, Kawasaki Medical School

(Accepted on October 28, 1986)

原猿類ロリス科 (*Prosimii, Lorisidae*) 四肢にみられる特異な動脈形態を示す動脈管束 **arterial bundle** (血管網, または怪網 **rete mirabile**) を動脈造影写真により立体的解析し系統発生学的観点より検討し, ヒトを含めた霊長類の四肢の動脈系の形態についての新しい系統発生学的知見が得られた。

原猿類において前腕では尺骨動脈, 下腿では伏在動脈が主幹動脈である。上肢では上腕動脈管束の大部分が橈骨動脈管束となり筋枝を出しながら末梢へ続くがその終枝は正中動脈で尺骨動脈と浅掌動脈弓を形成する。下肢では伏在動脈の存在により膝窩動脈由来の前脛骨動脈, 後脛骨動脈, 腓骨動脈の発達は悪い。

ヒトの上肢において最も多くの浅上腕動脈の存在に関する破格の報告の大部分が前腕および手の橈側に認められ, その領域が原猿類の動脈管束に由来する部位に相当する。真猿類においても浅上腕動脈の消失, 橈骨動脈の平行的に発達する相互関係より考え, 原猿類にみられる **rete mirabile** がヒトの上肢の破格と系統発生学的に密接な関係があるものと思われた。

ヒトの下肢にみられる破格の報告のうち下腿および足における破格の例が比較的多い。これら破格は霊長類でみられる伏在動脈と膝窩動脈由来の動脈の発達の相互関係に起因するものと思われ, その発達の推移の過程は著者の先の報告によっても明らかである。

The peculiar arterial bundles (**rete mirabile**) found in the limbs of prosimians of the suborder *Prosimii*, family *Lorisidae* were analyzed three dimensionally by arteriography. The findings gave new phylogenetic insights into the morphology of the arterial system of the limbs of primates, including man.

In prosimians, the main artery of the forearm is the ulnar artery, and the main artery of the leg is the saphenous artery. Most of the brachial rete in the upper limb becomes the radial rete and continues toward the periphery while

sending out rami musculares. The final branch comes at the median artery where the radial artery forms the superficial palmar arch with the ulnar artery. In the lower limb, the development of the anterior tibial artery, posterior tibial artery and peroneal artery, which all stem from the popliteal artery, is poor because of the presence of the saphenous artery.

Most of the reports of the abnormal presence of a superficial brachial artery in man place it on the radial side of the forearm and hand, an area that, in prosimians, derives its vasculature from the arterial bundle. Considering the absence of the superficial brachial artery and the development of the radial artery in simians, it seems possible that abnormal vasculature of the arm in man has an intimate phylogenetic relationship to the rete mirabile observed in prosimians. Among vascular abnormalities of the human lower limb, those of the leg and foot are reported most frequently. These abnormalities are thought to originate from the development in primates of the saphenous artery and arteries derived from the popliteal artery. The process of the development of these arteries was disclosed in a previous report by the author.

Key Words ① Angiography ② Rete mirabile ③ Limbs

## 緒 言

霊長類における四肢の動脈系の解析は古くから多くの研究者に注目され、研究の結果が報告されているが、肉眼剖出によるため動脈系の立体的血管構築の詳細は不明瞭な点が多く残されている。<sup>1)~9)</sup>我々は動脈造影法により立体的解析を行い、先に霊長類6科12属の下肢の動脈系を解析し、伏在動脈の走行について系統発生の観点より比較検討した。<sup>10)</sup>特に原猿類ロリス科 (Prosimii, Lorisidae) にみられる特異な動脈形態を示す動脈管束 arterial bundle (血管網または怪網 rete mirabile) を動脈造影写真により観察し系統発生の観点より興味を持ち検討を進めている。

四肢にみられる rete mirabile は原猿類と系統発生的に近縁の食虫目において前世紀の初めにすでに報告があり、<sup>11), 12)</sup>その後特異な構造の機能的解析と系統発生的考察が試みられてきた。<sup>13), 14)</sup>なかでも、霊長類の四肢の動脈系を比較解剖学的に研究した Manners-Smith はその特異な走行がヒトの上・下肢にみられる多くの破格の起因を解く手掛りとなる可能性を指摘した。

著者は本研究においてロリス科の四肢の詳細な動脈造影写真を立体的に動脈構築像を解析し、加えて、rete mirabile の存在に疑問の余地があったガラゴ科<sup>14)</sup>の動脈造影写真像を作製できたので、両者を比較解剖学的に考察した。

先に発表した他の真猿類に観察結果も比較参照して、先人の解決できなかったヒトを含めた霊長類の四肢の動脈系の形態についての新しい系統発生的知見が得られたので報告する。

## 材 料

今回の解析には日本モンキーセンター、京都大学霊長類研究所の協力により原猿類を使用した。使用したサルはすべて死亡したものを病理解剖後冷凍保存していたものを解凍後血管内を洗浄固定した。

原 猿 類 (Prosimii)

ロリス下目 (Lorisiformes)

ロリス科 (Lorisidae)

スローロリス *Nycticebus coucang*

(slow loris) . . . 1

ホソロリス	<i>Loris targligradus</i>	
	(slender loris) . . .	3
ポト	<i>Porodicticus potto</i>	
	(potto) . . .	1
ガラゴ科 ( <i>Galagidae</i> )		
オオガラゴ	<i>Galago crassicaucatus</i>	
	(grand galago) . . .	2
ショウガラゴ	<i>Galago Senegalensis</i>	
	(lesser galago) . . .	3

## 方 法

### (1) 血管内洗浄および固定法<sup>15)</sup>

解凍したサルの鎖骨下動脈と総腸骨動脈にカットダウンチューブを挿入し、血管内洗浄のために固定前液を注入し、血液を排出した。固定前液(血管内洗浄液)は、水 1 L に対して、pH-A solution 20 ml, Cell conditioner 80 ml, heparin 10,000 IU の組成のものを使用した。pH-A solution, Cell conditioner (Campion社製: U. S. A.) には血管内凝結溶解, 組織潤軟化, 毛細血管拡張作用等を有している。

血管内洗浄後, 固定液(水 1 L に対して, 95% ethylalcohol 0.95 L, diethylen glycol 0.34 L, phenol 0.16 L, 35% formalin 0.16 L) を, 20-50 ml/kg 相当を約 1 週間かけて注入し, 十分な固定を行った。

### (2) 動脈造影法<sup>15)</sup>

鎖骨下動脈と総腸骨動脈より注射筒を用い手圧にて造影剤を注入した。造影剤として, 消化管造影用バリウム(商品名: バリトゲンゾル) 100-130% のものを使用した。

立体撮影法は, X線装置から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。撮影には東芝 TR-80 X線装置を使用し, フィルムは材料の大きさに応じてコダック X-Omat TL フィルム, 富士ソフテックスフィルム FG を使用した。撮影した動脈造影写真は立体鏡(日本光学社製実体鏡 II)を用いて観察解析した。

動脈造影写真の観察後材料の肉眼解剖を行った。このことは動脈造影写真と肉眼解剖の観察

結果と比較考察するのに非常に有意義であった。

## 観 察 結 果

### (1) 上 肢

ロリス科 (*Lorisidae*): (**Figs. 1, 2**)

腋窩動脈, 腋窩動脈管束, 上腕動脈管束 (axillary artery, axillary rete and brachial rete):

腋窩動脈は大胸筋下縁の腋窩部でやや偏平な動脈管束となり, 静脈管束とともに共通の結合組織性の鞘に入った rete mirabile を形成する。この腋窩動脈管束に続く上腕動脈管束は上腕の中部において 2 つの終枝(上腕動脈, 橈骨動脈管束)となる。

上腕動脈管束は正中神経の浅部で上腕の神経血管部 (neurovascular compartment) に位置し, 上腕を比較的まっすぐに走る。

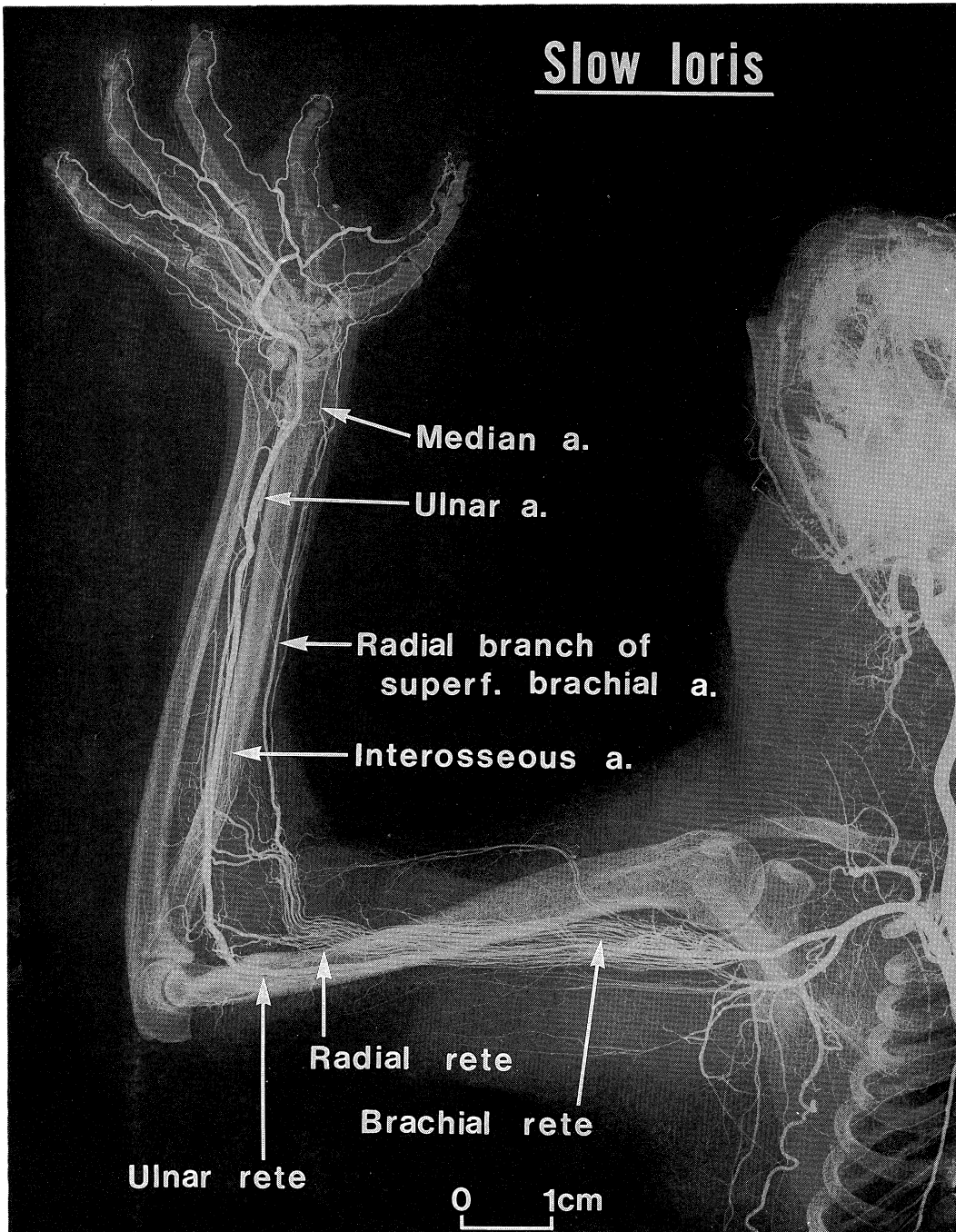
上腕のほぼ中央部において, rete mirabile は約 50 の小動脈と約 40 の小静脈に加え, ヒトの上腕動脈に相当する 1 本の太い動脈で構成されている。

肩甲下動脈は腋窩動脈の rete mirabile を分枝しない部分の最も大きな枝で, 肩甲回旋動脈, 胸肩峰動脈, 上腕回旋動脈(前, 後)と深上腕動脈管束を分枝する。深上腕動脈管束(3ないし 4 の小動脈)は上腕の中 1/3 の高さで上腕窩の後部を横切り, 後上腕動脈回旋動脈の枝と吻合するこの位置で橈骨神経と併走している。

上腕, 尺骨動脈 (brachial and ulnar arteries):

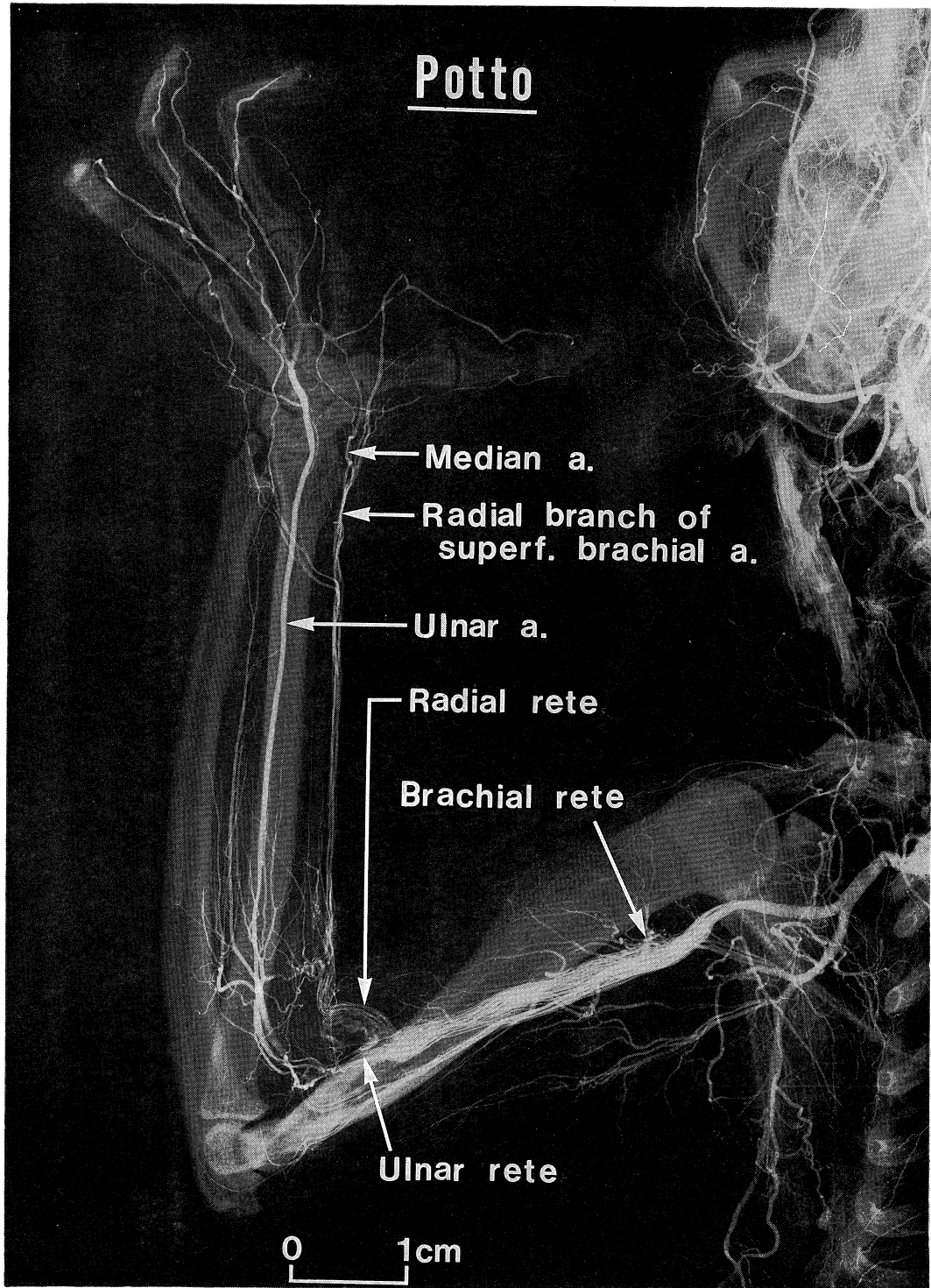
上腕動脈は上腕の動脈管束で前述のごとく大血管として存在し, 上腕の下 1/3 の高さで上腕動脈管束より分かれ, 正中神経の浅部を走り, 上腕骨の上顆孔 (epicondyle foramen) を通って肘窩の中部にいたり, 次いで尺骨動脈となる。尺骨動脈に続いている尺側々副動脈が上腕動脈から出て上腕動脈管束とともに走っている。

上腕動脈と併走してきた正中神経は尺骨動脈の基部で分かれ, 橈骨動脈管束に由来する正中動脈と合し, 外側へ走る。尺骨動脈は円回筋の起始部の深層を走り, 尺骨とこれに接する骨間膜



**Fig. 1.** Slow loris: (upper extremity)

The axillary artery divides at about the level of the tendon of the Pectoralis minor muscle into several branches. The chief branches of the brachial rete are brachial (ulnar) artery and radial rete.



**Fig. 2.** Potto: (upper extremity)  
Arterial pattern is same as Slow loris.

から起こる深指屈筋の起始の間を走っている。前腕の下半部において尺骨動脈は尺骨神経の橈側を走り、この部は尺骨手根屈筋によりおおわれている。

ついで、掌側手根靭帯の上を通り手の掌側に至り、浅掌動脈弓を形成する。前腕における尺骨動脈の主な枝は総骨間動脈と橈骨動脈管束との吻合枝である。

総骨間動脈は尺骨動脈の橈側から起こり、長母指屈筋と深指屈筋の間を走り、骨間膜の上縁にいたる。ここで前骨間動脈を分枝し、次いで方形回内筋の近位縁まで達し、骨間膜の前縁に至る。この動脈は正中神経も骨幹枝とともに走っている。

#### 橈骨動脈管束 (radial rete):

動脈管束は上腕動脈管束の終枝として残り、各々約 20 の小動脈と小静脈からなっている。上腕筋により 2 つの部位に分けられる。ひとつは橈骨動脈として前腕に至るもの、ひとつは内部の筋枝 (I) (medial muscular division I) である。筋枝は肘窩のなかばに至り、前腕の屈筋群にいたる多く放射状の枝として分枝している。

#### 正中動脈とその動脈管束 (median artery and its rete):

これは橈骨動脈管束の最大の枝である。肘窩で動脈管束から分かれ、腕橈骨筋の内側縁を走る。この動脈は前腕の中部にいたり、正中神経とともに走り、手根部において屈筋支帯の上を走り、橈側手根屈筋と長掌筋の腱の間に位置する。ついで手掌に至り、正中神経の掌側皮神経とともに走り、尺骨動脈と吻合して浅掌動脈弓を構成する (右手において、正中動脈は総骨間動脈とのあいだに大きな吻合枝が認められた)。

外側前腕皮神経 (筋皮神経の副枝に相当する) に併走する細枝が動脈管束から分かれ、この動脈は母指球の付近までの前の橈側前部に分布している。

#### 内側の筋枝 (II) (medial muscular division II):

非常に多くの枝からでき、特に内側においては短橈側手根伸筋と回外筋に多くの枝を出す。

そのうち 1 枝は腕橈骨筋におおわれ橈骨神経の浅枝と併走し、この枝は真猿類の transeverse cubital artery に相当し、ヒトの橈骨動脈の起源に相当すると思われる。しかしながら、前腕の下部または手根部までにしか至らない、筋枝の一部は尺骨動脈と吻合する。

#### 手 部 (hand):

浅掌動脈弓は尺骨動脈の遠位部により構成され、正中動脈の浅掌枝により完成されている。浅掌動脈弓は第 1 から第 4 までの中手骨の位置からでる 4 本の総掌側指動脈の源となり、第 1 総掌側指動脈はヒトの母指主動脈に相当すると思われる。深掌動脈弓は不完全である。

#### ガラゴ科 galagidae: (Fig. 3)

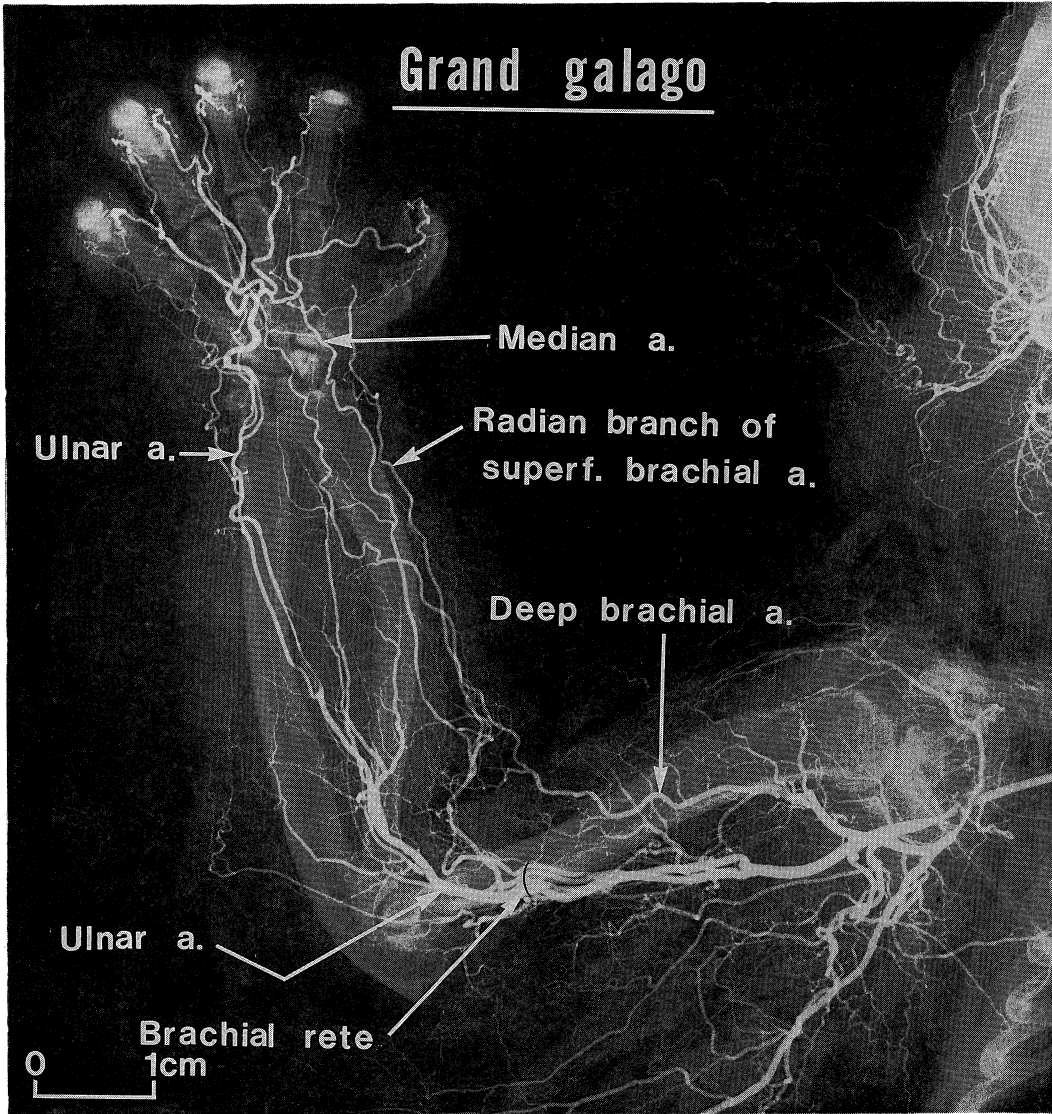
ガラゴ科の上肢の動脈系の血管構築は基本的にロリス科のそれと同じ形式である。しかし、rete mirabile の血管の分枝の位置、数、大きさが異なっている。

大胸筋下縁で腋窩動脈は上腕動脈となり、すぐに 2 分して上腕動脈と、それとほぼ同じ大きさの橈骨動脈となる動脈幹に分かれる。上腕動脈は橈骨動脈管束と正中神経に接して上腕の神経血管部に含まれ、上腕を比較的まっすぐに下がる。肘の高さで上腕動脈は上腕の上顆孔 (epicondylar foramen) を通り正中神経とともに肘窩に至り尺骨動脈に連なる。尺骨動脈は上腕の前の尺骨側の深部を下りながら上腕の下部において表層に移行し、尺骨神経の橈骨側に位置するに至る。次いで手根の豆状骨の外側を浅く走り、手部に入る。尺骨動脈は浅掌動脈弓を形成する。尺骨動脈は起始部に近いところで総骨間動脈を分枝し、これはただちに分かれ、前と後の骨間動脈となる。

橈骨動脈管束は 2 回等分裂し、4 本の上腕動脈となる (branch I-IV)

branch I: これはロリス科の尺側側副動脈に相当し、上腕の内側上顆の前部に枝を出す。しかしながら、反回枝との吻合の観察は困難であった。

branch II: これはロリス科の内側筋枝 (I) に相当し、肘窩に至る。前腕の主に屈筋群に多くの放射状の枝を出す。



**Fig. 3.** Gland galago: (upper extremity)

Arterial pattern is much the same as other Lorisidae. But, the number of arteries become fewer and diameter of vessels become increase.

branch III: これはロリス科の正中動脈とそれに併走する動脈管束に相当する。この動脈は上腕二頭筋の上を外側に走り、前腕に下部においてこの動脈は正中神経とともに走り、次いで腕橈骨筋の下部を筋膜に沿って走る。筋皮神経(外側前腕皮神経の終枝)に沿って走る動脈は、ロリス科と同じ正中動脈の起始部付近からおこる。

branch IV: これはロリスの内側筋枝(II)に相当する。この動脈は上腕二頭筋の内側で正中動脈(branch III)の下を交差して走る。この動脈が肘窩に入った後、前腕の主に伸筋群に分布する多くの筋枝に分かれる。とくに総橈側手根伸筋と回外筋にとくに多くの枝を出す。本資料において確定的な橈骨動脈を観察することは困難であった。

## 下 肢

## (II) ロリス科(Lorisidae): (Figs. 4, 5)

外腸骨動脈, 外腸骨動脈管束 (external iliac artery and rete):

外腸骨動脈は分枝後 1~1.5 cm 走り, この間下腹壁動脈を分枝する. 次いで外腸骨動脈は細かく分枝して, 筆状をした外腸骨動脈管束に移行する.

下肢の rete mirabile の血管は密集した血管束で, 腸骨窩から膝までの間にわたって存在している. 血管網を構成する血管の状態は上肢と下肢では変化は認められない.

外腸骨動脈管束から大腿動脈管束にかけて管束の中を 1本の太い動脈が走り, この動脈は大腿中部において 2分して伏在動脈を分枝し, 次いで膝窩動脈となる. 伏在動脈は大腿部動脈管束から分かれた数本の小動脈と併走する.

## 大腿動脈管束 (femoral rete):

大腿動脈管は僅かに内側に走り, 次いで外側に傾斜しながら走り, 膝窩に至る. その走行の最初の部分は縫工筋と薄筋の間の深筋膜の下に接して走り, 次いで, 縫工筋の深部を走り内転筋群の上を大腿の遠位部に向かって走る. ここで半膜様筋の前を通り, 大内転筋を貫くことはなく膝窩部に達する.

大腿動脈管束の小動脈から外側大腿回旋動脈, 下膝蓋動脈, 伏在動脈と併走する小動脈が分岐する.

## 伏在動脈 (saphenous artery):

大腿動脈管束から分かれ僅かに走り, 膝窩に入る. 次いで半膜様筋, 半腱様筋, 薄筋の腱の上を通り, 下腿の上 1/3 の部分は縫工筋とその筋膜におおわれて走り, 伏在動脈はそれらの下を通り, 下腿上部の内側に現れる. 伏在動脈は表層に現れる前に前・後枝に分かれる.

前 枝: 伏在動脈の前枝は後枝に比して細い. 下腿の内側を下腿上 2/3 では後脛骨筋の筋腹の上を下行し, それ以下では脛骨の前内側の皮下組織の中を走る. 次いで, 下腿前面の皮下を下行し, 足関節上部において, 膝窩動脈由来

の発達の悪い前脛骨動脈と吻合し, 足背動脈となり, これより細い中足動脈を出す.

後 枝: 伏在動脈の後枝は長趾屈筋の後縁に沿って足首に向かって垂直に走り, 内側顆の後で発達の悪い後脛骨動脈と吻合し, 足底腱膜の深部を足底神経とともに走る. そして, 個々の総足底動脈となる. よく発達した母趾の外側指動脈は母趾と, 第二趾の間の趾間に太い枝を出している. 足底における動脈弓はよく発達していない. 腓腹筋の内側頭と交差する静脈とともに走り, 半膜様筋の腱の上をへて, 膝蓋靭帯の付近まで達する. 膝蓋下動脈は大腿動脈管束の終枝として存在する.

## 膝窩動脈管束 (popliteal rete):

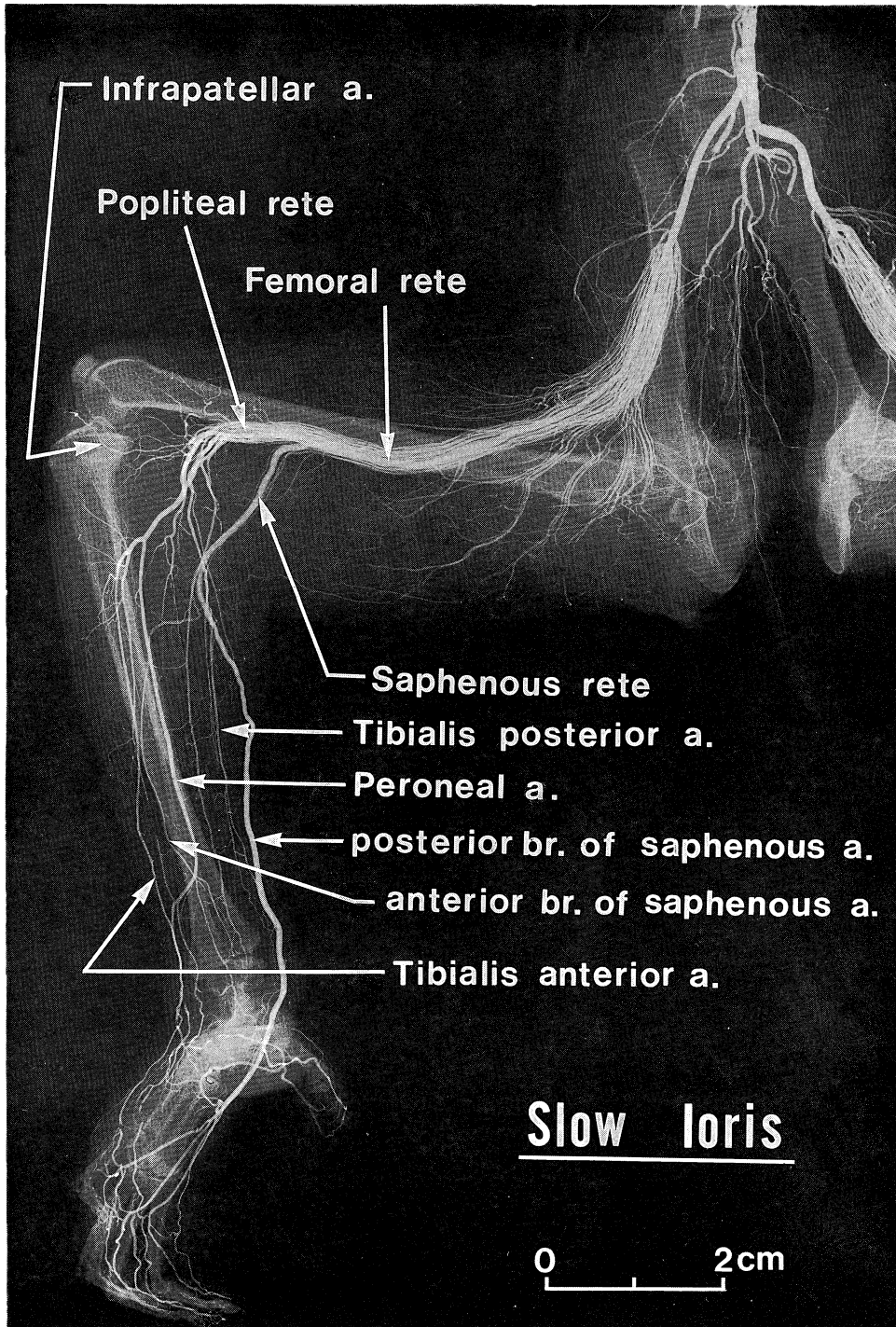
膝窩動脈管束は大腿動脈管束に連なり, 膝窩において急激に構成する動脈の数が減少する一方, 吻合して太くなり, 最終的に腓骨動脈, 前脛骨動脈, 後脛骨動脈となる. 走行の途中膝関節およびその周囲の筋に 5ないし 6の枝を出し, そのひとつの小さい枝は外側膝蓋神経を伴う.

腓骨動脈 (peroneal artery) は単一の血管で静脈を伴う. 膝窩動脈管束に由来する前脛骨動脈と共通の比較的太い動脈 (ヒトの膝窩動脈に相当する) として膝窩を走り, 前脛骨動脈を分枝後, 腓骨動脈として大きな長趾屈筋と小さい後脛骨筋の深部を走り, 下腿のほぼ中央で骨間膜に達する. そして, 長趾屈筋の内側を貫き伸筋部に達する. そして, 短母趾伸筋と短趾伸筋の表面を深く走り, 足首の前に至る. この部はこれら伸筋に至る神経を伴っている. 短母趾伸筋および短趾伸筋に至る神経は深腓骨神経に由来する. 最初長母趾伸筋の内側表面をさらに遠位に走り, 次いでこれらの筋と前脛骨筋の間を走り, 後者に枝を出す. 下腿の下部において, 外側に走り, このとき長母趾伸筋の深部を走り, 腓骨動脈の終枝となる.

後脛骨動脈 (posterior tibial artery) は膝窩動脈管束に由来する直接の枝で小さく同名の神経を伴って走る. 足首よりも先の走行の観察は困難であった.

前脛骨動脈 (anterior tibial artery) は膝窩で放射状を呈し, 腓骨動脈よりも小さく, 腓骨





**Fig. 4.** Slow loris: (lower extremity)

The external iliac artery has a course of just over 1 cm before dividing in a brushlike manner into the arteries of the external iliac rete. Saphenous artery (rete) leaves the femoral rete and its entry into the popliteal fossa and supplies mainly the plantar side of the foot.

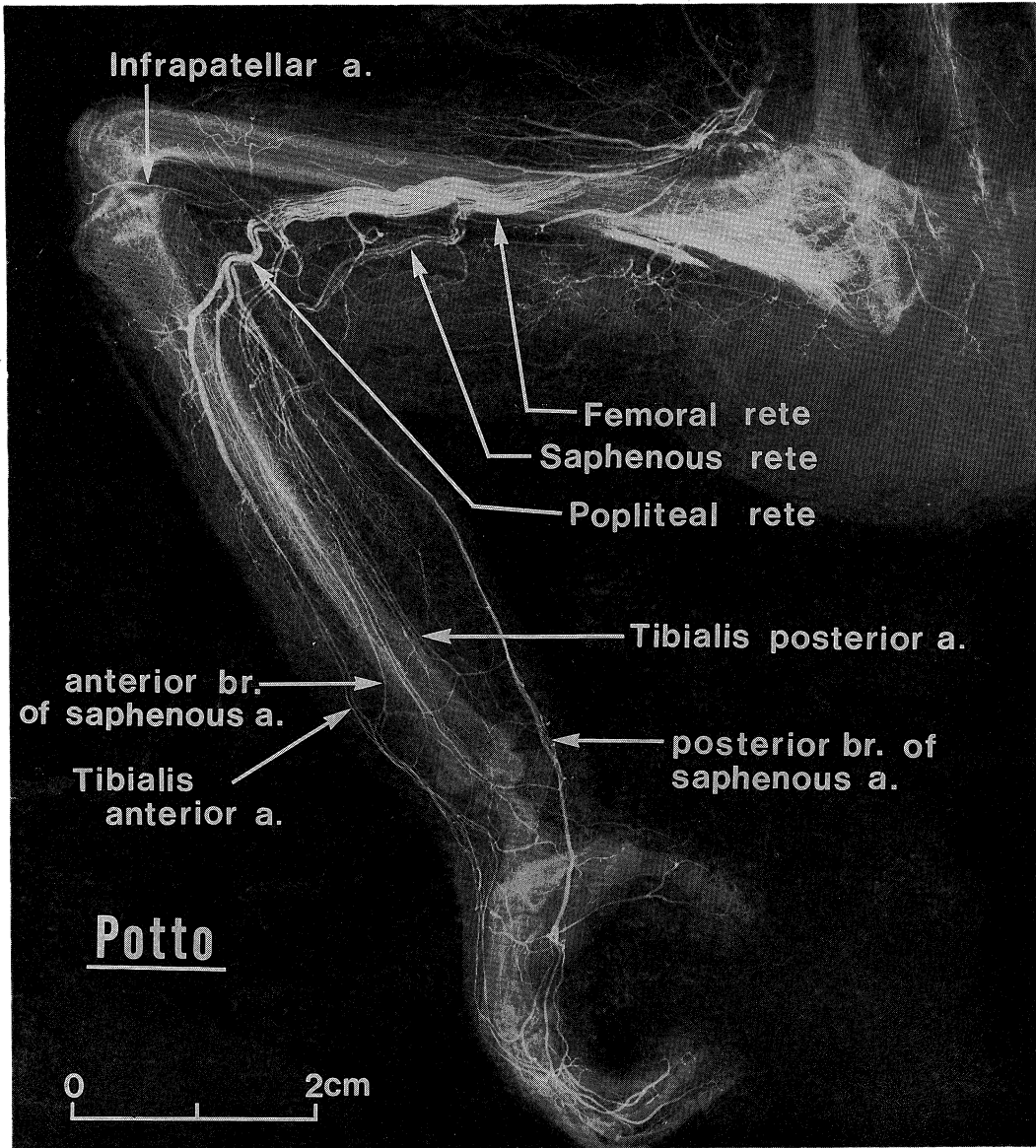


Fig. 5. Potto: (lower extremity)

The rete mirabile separates at the beginning of the femoral artery. Arterial pattern is same as *Slow loris*.

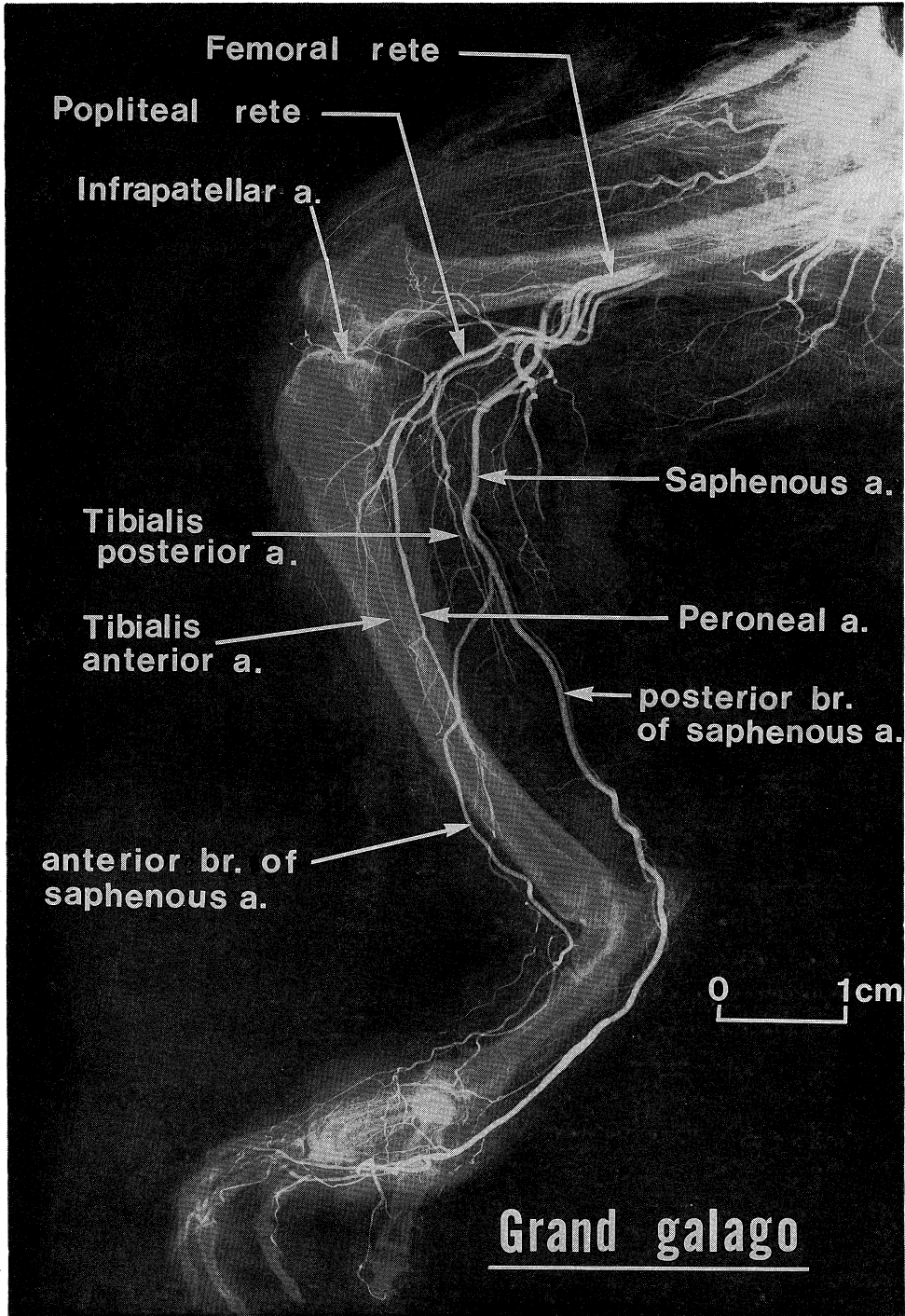
動脈から分枝後、膝窩筋の下、外側縁で骨間膜の上を前方に走り、次いで、浅腓骨神経を伴い伸筋群に至る細枝を出す。

下腿の下部において前脛骨動脈は深腓骨神経を伴って長母趾伸筋の外側を走り、足首に至り、伏在動脈の前枝と吻合する。足部において短母趾伸筋の浅層でこの総指動脈に分かれる。

浅腓骨神経に伴う動脈は下腿の上部において、長腓骨筋と重なってみられる。

ガラゴ科 galagidae: (Fig. 6)

ガラゴ科の下肢の動脈系の血管構築は基本的にロリス科のそれと同じ形式である。しかし、rete mirabileの血管の分枝の位置、数、太さ



**Fig. 6.** Gland galago: (lower extremity)

Arterial pattern is much the same as other Lorisidae. But, the number of arteries become fewer and diameter of vessels become increase.

が異なっている。

外腸骨動脈が大腿動脈に移行するとまもなく等分に分枝し、ひとつは下行して下膝蓋動脈となり他の1枝はさらに続いて等分に分枝し、ひとつは前脛骨動脈、腓骨動脈となる共通幹となり他の1枝はさらに分枝し、後脛骨動脈となる枝とよく発達して伏在動脈となる枝に分かれる。これら分枝はひとつの動脈管束として最初は大腿の内側に走り、次いで外側に傾斜しながら走り、膝窩に至っている。その走行はロリス科とはほぼ一致し縫工筋の上を走り、内転筋群の上を走り、ここで半膜様筋の前を通って大内転筋を貫かず膝窩部に達する。伏在動脈は大腿動脈管束から分かれ僅かに走り、膝窩に至り、下腿の上部約1/3の内側で縫工筋の下を通り表層に現れる。なお、伏在動脈は表層に現れる前に前後枝に分かれる。ロリス科に比較し、ガラゴ科の前枝は発達がよく、下腿の前面にでて後脛骨動脈の筋腹の上を下行する。前枝は脛骨の前背側に至り、下行し、足関節上部で発達の悪い前脛骨動脈を吻合し、足背動脈となる。ガラゴ科の伏在動脈前枝は先に霊長類の伏在動脈に関する比較解剖学的分類のうち type II に属し、ロリス科の前枝が発達が悪く後枝がよく発達した型 (type I) であるのにガラゴ科は後脛骨動脈は分枝後急激に細くなり、同名の神経を伴って走り足首に至る。マーモセット、ゲルディモンキー、ドグエラヒヒ、バーバーリーエイプなど真猿類に近い発達の傾向が認められた。

後枝は長趾屈筋の後縁に沿って走り、良く発達し、発達の悪い後脛骨動脈と吻合して足底にいたり、足底動脈となる。

膝窩に至った動脈管束のうち、膝蓋下動脈は膝蓋骨の周囲に分布する。前脛骨動脈と腓骨の共通幹は比較的太い動脈として前脛骨動脈を分枝したのち、腓骨動脈として長趾屈筋の深部を走り、次いで伸筋部に至り、短母趾伸筋と短指伸筋の表層を走って足首の前部に至る。前脛骨動脈は腓骨動脈よりもやや小さく、膝窩筋の下、外側縁で骨間膜の前方を走り、次いで長母趾伸筋の外側を走って足首に至る。

## 考 察

rete mirabile はその特異な構造のためその機能との関係が、多くの研究者の興味をそそり、研究が行われてきた。rete mirabile は動脈や静脈の多くの小動脈に分枝し、その後再び1本にまとまるようにできている血管網系につけられた名称でヒトでは腎内の糸球体に行く動脈のみ存在するが、ヒト以外の他の霊長類ではいくつかの部位に存在することが報告されている。原猿類では本研究の対象となった四肢の rete mirabile 以外に内頸動脈に存在することが知られ、その形態および機能が研究されている。

本研究は原猿類四肢にみられる rete mirabile の特異な構造を詳細な動脈造影写真で立体的に解析し、動脈構築像を系統発生的観点に立って比較解剖学的にその機能の検討を試みた。

四肢にみられる rete mirabile の報告は原猿類のロリス科と系統発生的に近縁の食虫目において前世紀の初めに既に報告され<sup>11), 12)</sup> その後に特異な構造の機能的な解析によりその動物の緩慢な動作と関係があることが示唆されているが、いまだ直接的な証明はなされていない。形態的な観察は Manners-Smith<sup>5)</sup>, Davis<sup>13)</sup> らによって報告されている。

### (I) 上 肢:

上肢について Manners-Smith は rete mirabile がヒトに観察される頻度の高い破格でみられる浅上腕動脈に相当し、その終枝は正中神経と併走する動脈となり、浅掌動脈弓の形成に関与することを観察した。一方上腕で浅上腕動脈に相当する rete を分枝した rete mirabile の一部は上腕深動脈と併走する少数の rete 血管と上顎孔を通して前腕に至り尺骨動脈となり、手に分布することを報告している。Davis は上肢の rete mirabile の動脈系を腋窩動脈管束、上腕動脈管束、橈骨動脈管束等に分け、腋窩・上腕動脈管束は一本の太い動脈と50~40の小動脈と40~20の小静脈よりなり、

上腕動脈管束は上腕の下1/3の高さで橈骨動脈管束と尺骨動脈に分かれて、橈骨動脈管束は浅上腕動脈に相当すると報告している。しかし、前腕部の特に橈側の走行について不明の点が残されている。手の浅掌動脈弓は上腕で分枝した比較的太い尺骨動脈に由来し、深掌動脈弓の形成は不完全であることを報告している。<sup>13)</sup>

本研究はロリス科とガラゴ科の上肢の動脈、特に動脈管束の走行を動脈造影写真で観察して詳細に動脈構築像を解析し、次いで手術顕微鏡下で肉眼解剖を行い動脈の走行と筋、神経等の関係を観察することができた。加えて現在研究を進めている多くの真猿類の所見を比較解剖学的に考察し、加えてヒトの個体発生学的結果と原猿類の動脈系の発生学的考察とヒトの上肢血管系の破格の成因の考察を試みる事ができた。

スローロリスの上肢動脈系は観察の項で記載したごとく腋窩動脈は大胸筋で rete mirabile を形成し、上腕動脈管束となり上腕の神経血管部を通り、約40の小動脈に加え、ヒトの上腕動脈に相当する1本の太い動脈で構成されている。上腕動脈は上腕の下1/3の高さで上腕動脈管束より分かれ上顆孔を通過して肘窩に達し、尺骨動脈となる。手に至った尺骨動脈は浅掌動脈弓を形成する。一方上腕動脈の大部分は橈骨動脈管束となり、前腕の屈筋群および伸筋群に分布する筋枝を出す、その終枝は正中神経とともに走る正中動脈で、橈骨動脈管束の終枝のうち最大の枝で手根部において屈筋支帯の上を走って、正中神経の掌側の皮神経とともに走り、浅掌動脈弓と尺骨動脈と吻合して構成することを報告した。橈骨動脈管束の終枝の一つは細く外側前腕皮神経と併走するのが観察されるが橈骨動脈の存在を観察することはできなかった。

ガラゴ科では rete mirabile の存在が疑問視されてきた。しかし、ロリスのそれと同じ形式で動脈管束を構成することが明らかになった。動脈の数の減少と残った動脈の大きさの急激な増加が認められた。しかし、血管の走行と分枝の形式は基本的には全く同じで、動脈管束

の終枝が正中神経と併走し、尺骨動脈と浅掌動脈弓を形成している。

著者の観察によると、その発達は真猿類のマーモセットで観察され、transversers cubital artery から起始するのが認められた。ロリス科目には橈骨動脈は存在せず、先人の報告した橈骨動脈は終枝のひとつであり、筋皮神経の外側腕皮神経と併走し、進化の過程で消失する血管系を観察したものと思われる。

Senior<sup>16)~18)</sup> はヒトの上腕動脈、上肢の動脈の発生過程を観察し、それを5つの段階に分けた。最初に骨間動脈に相当するものが発生し、次いで、これより正中動脈が発達する。18 mm 胎児に至ると、尺骨動脈が上腕動脈から発生し、正中動脈と吻合して、浅掌動脈弓を形成する。次いで、21 mm の胎児に浅上腕動脈が発生し、前腕の橈側を下り、手根の背側に分布するに至る。23 mm 胎児では正中動脈は縮小する一方、肘窩において上腕動脈と浅上腕動脈の吻合が発達して、本来の橈骨動脈が形成される過程を報告した。ロリス科目の上肢の動脈系をヒトの発生学的観察と比較すると、21 mm 胎児の発生段階に相当し、真猿類が23 mm 以降のヒトの胎児の発生段階に相当する。

ヒトの上肢において最も多くの浅上腕動脈の存在に関する破格の報告の大部分が前腕および手の橈側に認められ、<sup>19)~23)</sup> その領域が原猿類の動脈管束に由来する部位に相当する。かつガラゴにおいて動脈系の血管構築は基本的にロリス科と変わらないが、構成する血管の数、太さが急激に変わり真猿類においても浅上腕動脈の消失、橈骨動脈の平行的に発達する相互関係より考え、原猿類にみられる rete mirabile がヒトの上肢の破格と系統発生学的に密接な関係があるものと思われる。

## (II) 下 肢:

下肢の動脈系の立体的構築は Manners-Smith, Davis の観察とほぼ一致した。ロリス科の rete mirabile は分枝後、1~1.5 cm の位置から始まり大腿動脈管束に連なる。この動脈管束は管束の中を1本の太い動脈(大腿動脈)

と 50 前後の小動脈とほぼ同数の小静脈とともに共通の結合組織性の鞘に入った血管網を形成している。

大腿動脈は大腿中部において 2 分して伏在動脈を分枝し、次いで半膜様筋の前を通り、大腿内転筋を貫くことなく膝窩部に達し、膝窩動脈となる。大腿動脈管束を構成する細動脈からは外側大腿回旋動脈、下膝蓋動脈、伏在動脈と併走する小動脈が分枝する。

伏在動脈は下腿の上 1/3 の部位で皮下に現れ、前および後枝となり、ほとんど枝を出さず足部に至る。前枝は発達の悪い前脛骨動脈と吻合して足背動脈となり、後枝は足底に至り、発達の悪い後脛骨動脈と吻合して総足底動脈となる。

膝窩動脈は大腿動脈に連なり、膝窩において急激に、構成する動脈の数が減少する一方、吻合して太くなり膝関節およびその周囲の筋に枝を出し、最終的に腓骨動脈、前脛骨動脈、後脛骨動脈となる。これら動脈は発達が悪く足首よりも先の走行の観察が困難であった。

ガラゴ科の下肢の動脈の血管構築は基本的にロリス科のそれと同じであるが、血管の分枝の位置、数、太さが著しく異なっている。

先に著者は霊長類の伏在動脈の形態と膝蓋動脈の発達の間に関連関係を認め、伏在動脈の形態を 5 つの type に分類した。ロリス科の伏在動脈の形態は type I 型に属し、主に足底部に分布する。ガラゴ科も同じく type I に属するが、前枝の発達がやや進み、前枝が更に 2 枝に分かれ、大部分の真猿類に近い形を示した。

伏在動脈は霊長類の下肢の動脈系で変化に最も富む血管でヒトでは発生するが多くの場合途中で退化し、非常に小さい。しかし、破格例として、成人において足首まで走る伏在動脈の存在が報告されている。<sup>19), 24), 25)</sup> 伏在動脈はヒト以外の動物ではよく発達し、足の足背と足底の伸びる枝（前枝と後枝）の発達の状態により前脛骨動脈、後脛骨動脈発達状態の差異に加えて腓骨動脈に変化が認められる。すなわち、伏在動脈後枝が発達したものでは後脛骨動脈の発達

が悪く、反対に未発達のものでは後脛骨動脈が発達している。このことは伏在動脈前枝と前脛骨動脈との間にも認められる。<sup>5), 6), 10)</sup>

ロリス科の伏在動脈は後枝がよく発達し、前枝は発達の過程にあり、そのため膝窩動脈に由来する前・後脛骨動脈および腓骨動脈は足部特に足底部に分布せず、霊長類の最も原始的な形を保持している。

ヒトの下肢にみられる破格の報告のうち下腿および足における破格の例が比較的多い。下腿において腓骨動脈の発育状態が良く、下腿の下部で消失するような弱い前脛骨動脈の代わりとして貫通枝を経て足背動脈となったり (71%)、また下腿の下部で消失するような発育の悪い後脛骨動脈の代わりをして、交通枝を経て内側および外側足底動脈になったりする例 (case 5%) が極端なものとして報告されている。これら破格は霊長類でみられる伏在動脈と膝窩動脈由来の動脈の発達の相互関係に起因するものと思われ、その発達の推移の過程は著者の先の報告によっても明らかである。

### (Ⅲ) 上肢動脈系、下肢動脈系の比較:

上肢動脈系と下肢動脈系の系統発生学的な比較考察は古くから興味をもたれ、上肢で見られる浅上腕動脈に由来する橈骨動脈と伏在動脈がその特異な走行から相関関係があると考えられている。<sup>5)</sup> しかし、本研究により、原猿類の橈骨動脈に相当すると考えられてきた動脈はヒトの橈骨動脈と直接関係がなく、原猿類では橈骨動脈管束の終枝のひとつである筋皮神経由来の外側前腕皮神経に併走する小枝かまたは、橈骨において掌側で尺骨動脈と吻合し、浅掌動脈弓を形成するのは、橈骨動脈管束由来の正中神経と併走する正中動脈であることが明らかとなった。

ヒトの橈骨動脈に相当するものは真猿類マーマセット科に認められる transvers cubital artery に由来することから考えて伏在動脈との相関関係をそう定義するには根拠が弱いと思われ、更に比較解剖では霊長類の検索が必要と思われる。

## (IV) rete mirabile の意義:

上・下肢ともロリス科の rete mirabile を構成する動脈系は1本の太くて機能的に分化した動脈系と細かく分枝した多数の小動脈からできた動脈管束よりなっている。太い動脈系は上肢で上腕動脈、尺骨動脈、手の浅掌動脈弓が一連の動脈系として存在し、下肢では外腸骨動脈、大腿動脈、伏在動脈、足底の動脈系が観察され、細かく分枝した小動脈の多くの筋枝、関節枝と未分化の前腕と下腿の血管系に認められる。ガラゴ科ではそれら小動脈の間に著しい数の減少、小動脈の吻合、太さの増加が認められる。真猿類においてこの現象は更に顕著となり、動脈管束を構成する小動脈系の整備が進み、高等な霊長類、そしてヒトの筋枝および関節に分布する血管系が形成されるものと思われる。rete mirabile が霊長類では運動のゆったりとした原猿類のロリス科に限って観察され、運動の敏速なガラゴ科は真猿類に近く変化した rete が観察されることは先人の報告<sup>13), 14)</sup>のごとく動物の緩慢な運動 (slow movement) と

何らかの関係があるものと考えられる。

ロリス、ガラゴ科に認められる筋枝の変化は近年 rete mirabile の機能解析のため行われ、酵素組織化学的研究によりロリス科の四肢の筋は slow movement の筋線維が多く、一方ガラゴ科では fast movement の筋線維が増加する報告<sup>26)</sup> と何か関連性が考えられる。将来さらに研究対象を広げ、ヒトを含む霊長類の上、下肢の動脈系の血管構築の比較解剖学的研究を進めたい。

本論文の要旨は昭和60年8月 XII International Anatomical Congress (London, England) において発表した。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を頂いた川崎医科大学解剖学教授 池田章先生に謝意を表するとともに、本研究に御協力頂いた同大学整形外科教授 渡辺良先生、放射線科助教授 梶原康正先生、解剖学教室 吉井致先生、池田一夫技術員に感謝致します。また、材料の提供に関して御協力頂いた関西医科大学解剖学助教授 葉山杉夫先生、日本モンキーセンター栗栖研究所所員各位に深謝致します。

## 文 献

- 1) Bang, F. B.: Observations on limb arteries of the woolly monkey. *Anat. Rec.* 66: 387—397, 1936
- 2) Beattie, J.: The anatomy of the common marmoset. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 593—717, 1927
- 3) Harada, T.: Arteries of the leg of *Macacus irus*. *Acta Med. Univ. Kagoshima* 7: 199—211, 1965
- 4) Koch, K.: Das Verhalten der Arterienbogen in der Vola manus und Planta pedis bei Affen. *A. Anat. Entwgesch.* 110: 81—97, 1939
- 5) Manners-Smith, T.: The limb arteries of primates. *J. Anat. Physiol.* 45: 23—64, 1911, 46: 95—172, 1912
- 6) 内藤順平: 下腿動脈系の比較解剖学的研究. *解剖誌* 48: 103—117, 1973
- 7) Nishi, S.: Über die Arterien der Affenhand. Ein Beitrag zur vergleichenden Angiologie. *Jpn. J. med. Sci. Part 1, Anat.* 7: 81—97, 1939
- 8) Sonntag, C. F.: The morphology and evolution of the apes and man. London, Bale. 1924
- 9) Ugawa, A. and Ikeda, A.: Study of arterial patterns of the hand in primates; deep palmar arterial arches and their correlating arteries in *Macaca fuscata*. *Acta Anat.* 123: 82—89, 1985
- 10) 三宅信一郎: 霊長類の足の動脈系の研究—霊長類下肢における動脈造影写真の立体的解析: 伏在動脈. *川崎医学会誌* 11: 1—9, 1985
- 11) Carlisle, A.: An account of a peculiarity in the distribution of the arteries sent to the limbs of slow moving animals. *Philos. Trans.* 601, 1800

- 12) Carlisle, A.: Continuation of an account of a peculiar arrangement in the arteries distributed on the muscles of slow moving animals. *Philos. Trans.* 17, 1804
- 13) Davis, D. V.: The cardiovascular system of Slow loris (*Nycticebus lardigradus malaimnus*). *Proc. Zool. Soc. Lond.* 117: 377—412, 1947
- 14) Wislocki, G. B. and Straus, W. L.: On the blood vascular bundles in the limbs of certain edentates and lemurs. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harv.* 74: 1—15, 1932
- 15) 池田 章, 梶原康正: 血管造影写真の立体的解析. 遺体と生体. 臨床と解剖セミナー 41. 医のあゆみ 123: 529—541, 1982
- 16) Senior, H. D.: The development of the arteries of the human lower extremity. *Am. J. Anat.* 25: 55, 1919
- 17) Senior, H. D.: The development of the arteries of the human femoral artery, a correction. *Anat. Rec.* 17: 271, 1920
- 18) Senior, H. D.: A note on the development of the radial artery. *Anat. Rec.* 32: 220, 1926
- 19) Adachi, B.: *Arteriensystem der Japaner*. voll Kyoto, Maruzen. 1928
- 20) Coleman, S. S. and Anson, G. J.: Arterial patterns in the hand based upon a study of 650 specimens. *Surg. Gynecol. Obstet.* 113: 409—424, 1961
- 21) Hollinshead, W. H.: *Anatomy for surgeons*. New York, Harper and Row. 1969
- 22) Janezski, B. J.: *Angiography of the upper extremity*. (Nijhoff, The Hague 1982)
- 23) McCormack, L. J., Cauldwell, E. W. and Anson, B. J.: Brachial and antebrachial arterial patterns: A study of 750 extremities. *Surg. Gynecol. Obstet.* 96: 43, 1953
- 24) Aasar, Y. H.: The saphenous artery. *J. Anat.* 73: 194, 1938
- 25) Popowsky, J.: Ueberleibsel der arteria saphena beim Menschen. *Anat. Anz.* 8: 580, 1983
- 26) Jouffroy, K. F.: personal letter