

# 霊長類の眼動脈の研究・I

—ヒト眼動脈の動脈造影写真による立体的解析—

川崎医科大学 第二解剖学教室

(指導：池田 章教授)

吉 井 致

(昭和60年7月27日受付)

## Study of the Ophthalmic Artery of Primates · I

—Three Dimensional Analysis of Arteriographs  
of the Ophthalmic Artery of Man—

Itaru Yoshii

Department of Anatomy, Kawasaki Medical School

(Accepted on July 27, 1985)

ヒト解剖体の眼動脈の選択的動脈造影を行い、立体的解析により眼球後間隙での網膜中心動脈・後毛様体動脈の特異な走行を認め、不明な点の多い外眼筋枝と眼動脈各分枝の分岐について詳細に観察した。

1) 眼動脈は眼窩内を走行中、視神経を下外方より横断する部位(第2部)を中心に3部に分けられる。

2) 網膜中心動脈は視神経に侵入直前で、強いS字状の蛇行と回転を伴う複雑な走行を呈してその走行をほぼ直角方向に変え、視神経内に侵入する。

3) 後毛様体動脈は眼球後縁直前で大きい回転を伴う屈曲と蛇行を呈して走り眼球後縁に達し、次いでその方向を約60~90°に変え上行し、眼球の下方より数条に分枝しながら眼球に分布する。

4) 観察した18例中1例に眼球の上方より分枝しながら眼球に分布する型を認めた。本型はニホンザルの後毛様体動脈に多く認められた。

5) 後毛様体動脈は、その分岐部位と走行・分枝および眼球への侵入部位に特徴が認められ、外側・内側・副一後毛様体動脈の3動脈に区別される。

6) 網膜中心動脈は約61%で眼動脈主幹より分岐するが、残り約39%は後毛様体動脈との共同幹として分岐しその大半は内側一後毛様体動脈との共同幹であった。

7) 第3部より太い筋枝(眼筋動脈I:内側直筋,下直筋,下斜筋への筋枝を分枝する)を分枝する型(約83%)と、分枝しない型(約17%)の2型が観察された。後者では、前者の太い筋枝に代わるものとして、第1部と第2部の移行部および第2部の前半より涙腺動脈等と共に共同幹で分枝する筋枝(眼筋動脈II:下直筋,下斜筋への筋枝を分枝する)が認められた。

A detailed study of the radiological anatomy of the ophthalmic artery and the peculiar course of the posterior ciliary and the central retinal arteries and other branches in the retroocular space was carried out using selective ophthalmic stereoarteriographs.

1) In the orbit, the ophthalmic artery crosses over the optic nerve from the infero-lateral to the supero-medial side. For convenience in analysis of arteriographs and for description, it is subdivided into three parts, the first part lying proximal to the optic nerve, the second crossing over the nerve, and the third lying distal to the second part.

2) The central retinal artery was found to take a peculiar course, first making a right-angled turn, then following a complicated meandering S-shaped course, and revolving just before it pierced the optic nerve.

3) The posterior ciliary artery, located about 5 to 7 mm behind the eyeball, takes a characteristic course, winding largely and meandering with rotation. Then it shifts upward at a 60~90° angle and reaches the eyeball, where it divides into several branches.

4) Another type of posterior ciliary artery, distributing to the eyeball from above with several dividing branches, which may be seen in the Japanese monkey (*Macaca fuscata fuscata*), was observed in one of eighteen cases.

5) There are three posterior ciliary arteries: the lateral-posterior ciliary artery, the medial-posterior ciliary artery and the accessory-posterior ciliary artery with courses and branches to the eyeball.

6) The central retinal artery arose directly from the stem in about 61% of the cases, and in the common trunk with the posterior ciliary artery in about 39%. In almost all of the latter cases, it originated in the common trunk with the medial posterior ciliary artery.

7) Two types of ophthalmic artery were noted. One, in about 83% of the cases, had a large muscular branch (muscular artery I) arising from the third part. The other in about 17%, had a muscular branch (muscular artery II) arising in a common trunk with the lacrimal artery and other branches from the transitional part between the first and second parts or from the proximal half of the second part.

Key Words ① Arteriograph ② Central retinal artery ③ Posterior ciliary artery

## 緒 言

ヒトの眼動脈に関する研究は、足立、<sup>1)</sup> 黒沢、<sup>2)</sup> 西、<sup>3)~5)</sup> Whitnall、<sup>6)</sup> Wolff、<sup>7)</sup> Hayreh<sup>8)~10)</sup>により肉眼解剖、鋳型作製による解析結果が報告され、眼動脈の起始、走行、各分枝、中硬膜動脈との吻合について眼窩内の血管構築の形態

的研究が試みられた。しかし、その多くは肉眼解剖によるため、剖出困難な眼球後間隙での各分枝の走行の解析や全体像の把握は困難であり、観察結果において各動脈の立体的走行について多くの不明な点が残されている。

ヒトの眼動脈に関する生体での研究は、Schurr、<sup>11)</sup> Dichiro、<sup>12), 13)</sup> Raad、<sup>14)</sup> Wheeler、<sup>15)</sup>

松島<sup>16)</sup>により動脈造影法による機能的解析が試みられた。眼動脈とその枝は頸動脈造影にさいし二次的に造影されるが各動脈のおかれた生理的状态により血流量が異なり、生体での動脈造影法による研究では眼動脈の主幹は造影されるが各分枝は造影状態が異なるため各分枝一本一本の同定は困難であり、眼球後間隙での分枝とその走行については不明な点が多い。近年、造影剤の進歩とともに連続撮影・拡大撮影・立体撮影・立体拡大撮影および subtraction 法の応用により眼動脈の読影が可能になってきた。しかし、その基礎となる眼動脈のX線解剖についての立体的研究が不十分なためいわゆる ocular group の動脈群(網膜中心動脈・後毛様体動脈など)の走行及び筋枝については不明な点が多い。

筆者は肉眼解剖による形態的研究と生体での機能的X線解剖の不明な点を明らかにするため解剖体において選択的に眼動脈造影を行い、生体では困難な詳細な立体写真を作製し、そのX線立体写真による解析と肉眼解剖所見を比較解析し ocular group の動脈群のうち網膜中心動脈・後毛様体動脈の特異な走行と眼動脈の分枝について submacroscopic に詳細な観察をしたので、その解析結果を報告する。

### 材料と方法

川崎医科大学で1980年度解剖実習に使用した解剖体のうち13解剖体18側(左・右各9側)、年齢62~93歳の眼動脈をその分岐部より血管造影した。遺体の防腐処置は頸動脈経路法により大腿動脈より注入針を挿入し、血管内洗浄のため固定前液を注入用ポンプ(Conrac社製・PE-11型)で注入し、大腿静脈・上矢上静脈洞より血液を排出し、次いで固定液(水1ℓに対し95% ethylalcohol: 0.95ℓ, diethylene glycol: 0.34ℓ, phenol: 0.16ℓ, 35% formalin: 0.16ℓ)を注入した。固定前液は水1ℓに対し ph-A solution: 20 ml, Cell conditioner (Champion社製): 80 ml を含む液で血管内凝血溶解、組織潤軟化、毛細血管拡張作用等を有している。

### 動脈造影法

造影剤は消化器用X線造影剤バリトゲンゾルまたはバリトゲンデラックス100~130% W/V(伏見製薬 K.K.)を使用した。造影剤の注入は解剖実習期間中脳出し後、または頭部折半後に内頸動脈サイフォン部より眼動脈の分岐部に注射針(φ:1 mm)またはカットダウンチューブ(φ:1 mm)を挿入し注射筒を用い手圧注入した。X線撮影は東芝小型X線撮影装置TR-80を使用し焦点フィルム間距離80 cmとし、立体撮影は被写体の中央より左右に各3 cm 管球を平行移動して撮影し、側面、正面、上面の3方向より得たX線立体像を反射実体鏡(日本光学・II型)を使用し解析した。フィルムはデュポン・クロネックス-7、コダックX-Omat TLを使用した。本法は細動脈(直径約60~70μ)のレベルまでの立体的な観察が可能で造影後、肉眼剖検による観察を行いX線像との比較解析を行った。

### 観察結果

#### 1. 眼動脈の走行と3部位

眼動脈は通常、内頸動脈のサイフォン部の前内側壁(64.1%) (前壁中央の場合33.3%, 前外側壁の場合2.6%)より分岐し、視神経の下外側に沿って視神経管を通り眼窩に入る。眼動脈は視神経管内では直線的に走行する 경우가多く(67%, Fig. 1), 弱い屈曲を示す場合(33%, Fig. 2A)は初め下内方に向かい次いで弱い屈曲を呈して下外側へ向かう。眼窩内で眼動脈は視神経の外方から上方に回り、視神経と上直筋の間を内方へ横走して眼窩の内壁と上壁の境界に達し、ついで前方に折れ上斜筋の下を前進して内眼角の近くで互いに上方と下方に分かれゆく2本の終枝、滑車上動脈と鼻背動脈となる。眼窩部の眼動脈は視神経を下外方より横断する部位により3部にわけられる(Fig. 2C)。第1部はほぼ直線状の走行を呈し、第2部は第1部に対し斜め上方に走り、視神経の外側を下外方より上内方へ囲むループとして観察され、

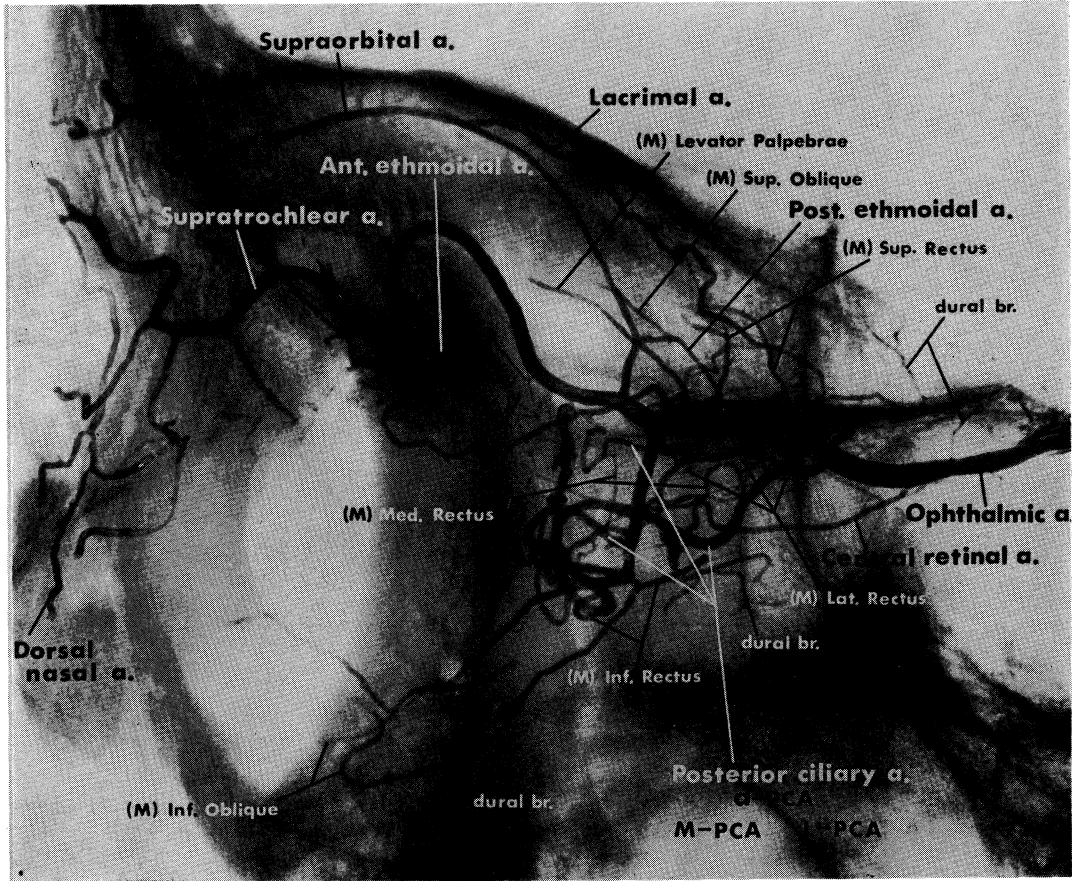


Fig. 1. Lateral arteriograph of the ophthalmic artery and branches.

その移行部 (angle) は側面像でゆるやかな彎曲 (105~145°, 平均約 113° の屈曲) を呈する場合 (67%) と 60~70° の鋭い屈曲を呈する場合 (33%) が認められた。第 3 部は視神経より離れ上斜筋と内側直筋の間を前走し、眼球後縁付近で上方へ大きく屈曲して終末枝 (滑車上動脈) となる。

2. 眼動脈各分枝

眼動脈の枝は ocular group と orbital group に大別できる (Table 1)。

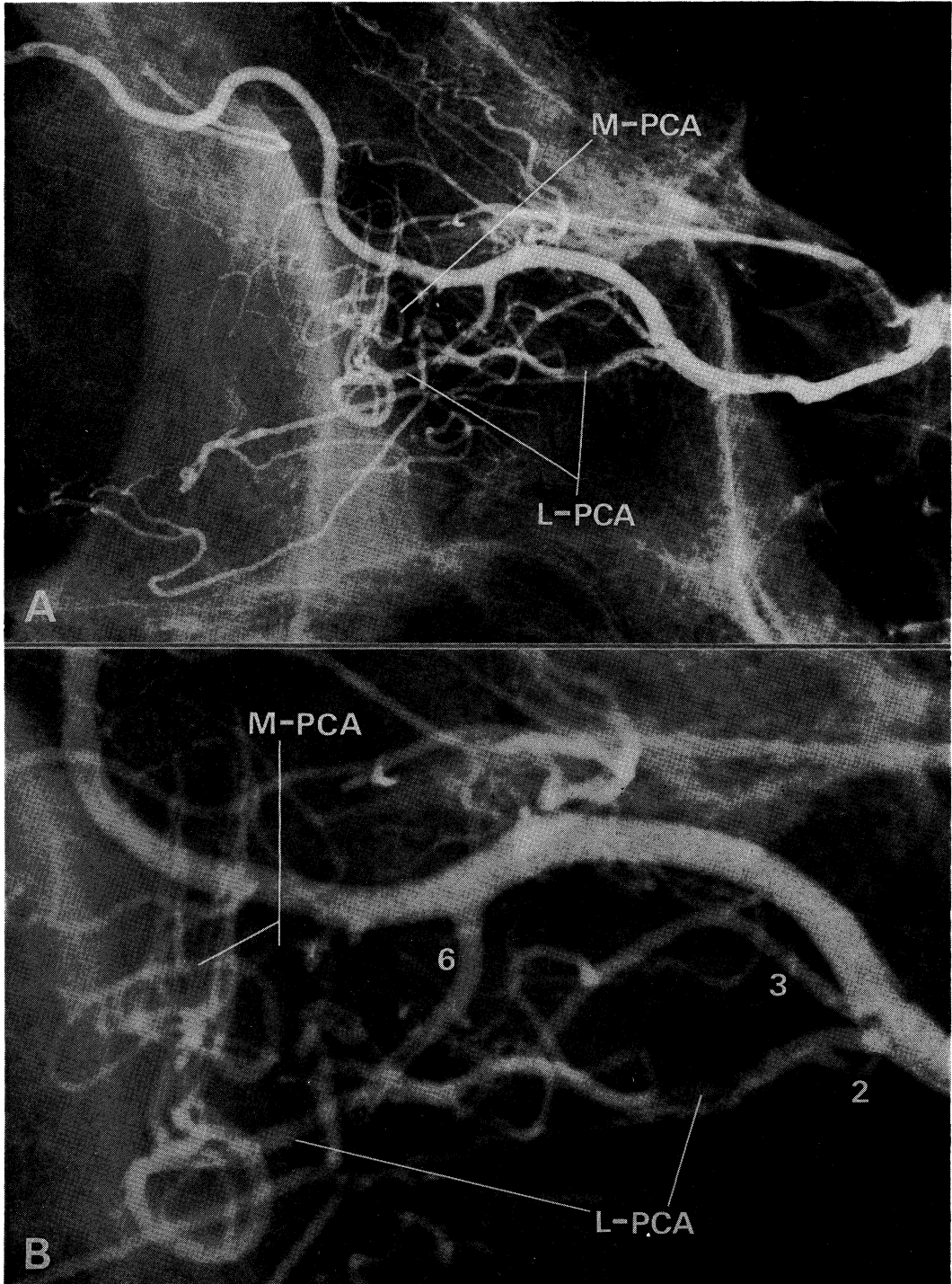
肉眼解剖のみならず X線解剖でも立体的把握の困難な眼球後間隙での各分枝, 特に ocular group の枝について詳細に報告し, ついで他の筋枝について述べる。

1) 網膜中心動脈 (Figs. 1, 2, 3, Table 2)  
網膜中心動脈はほぼ第 1 部の末端部より単独

Table 1. Branches of the ophthalmic artery

ocular group	orbital group
1. 網膜中心動脈	1. 涙腺動脈
2. 後毛様体動脈	2. 外眼筋枝
a) 外側-後毛様体動脈	a) 眼筋動脈 I (下筋肉枝)
長後毛様体動脈	(medial muscular artery)
短後毛様体動脈	b) 眼筋動脈 II
b) 内側-後毛様体動脈	(lateral muscular artery)
長後毛様体動脈	c) その他の筋枝
短後毛様体動脈	3. 後篩骨動脈
c) 副-後毛様体動脈	4. 眼窩上動脈
短後毛様体動脈	5. 前篩骨動脈
3. 前毛様体動脈	6. 滑車上動脈 (前頭動脈)
(筋枝から)	鼻背動脈

(約 61%) または 後毛様体動脈との共同幹 (約 39%) として分岐し (Fig. 3), 分岐後, 視神経



**Fig. 2.** A. Lateral view of the ophthalmic artery. B. The close-up of central retinal and posterior ciliary arteries. C. Schematic drawing of A showing the course of central retinal and posterior ciliary arteries. Arrows: supraorbital wall, solid lines: imaginable cone of muscles, I: first part, II: second part, III: third part.

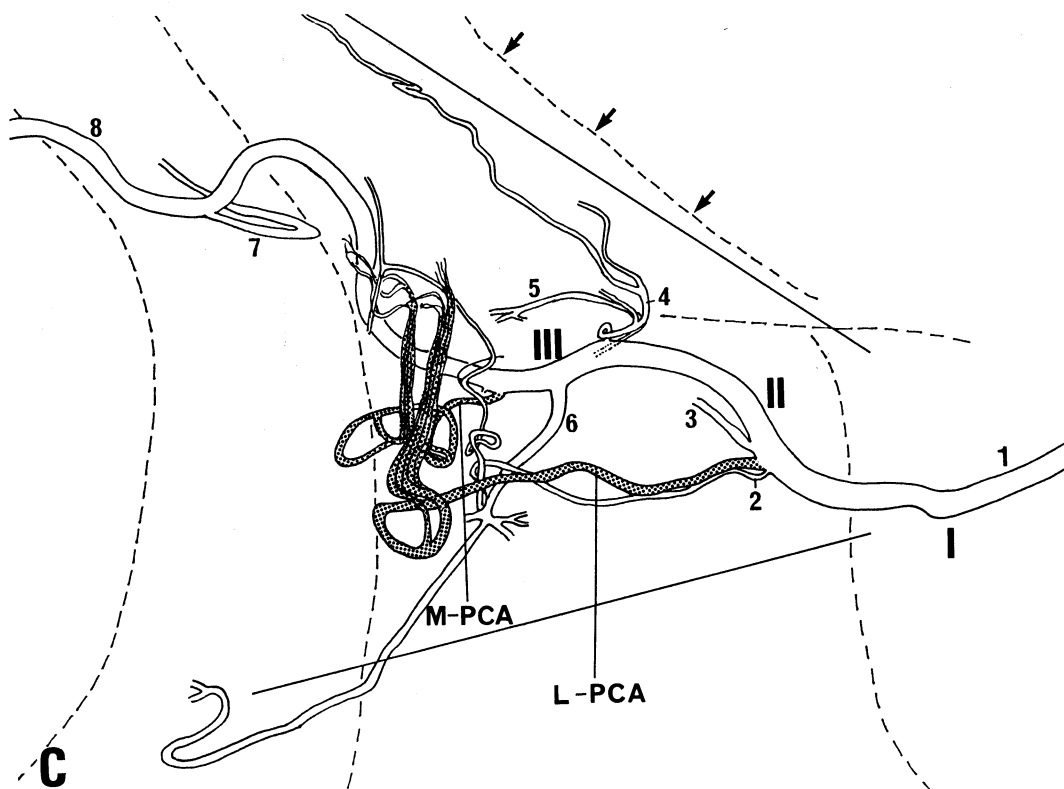


Fig. 2.

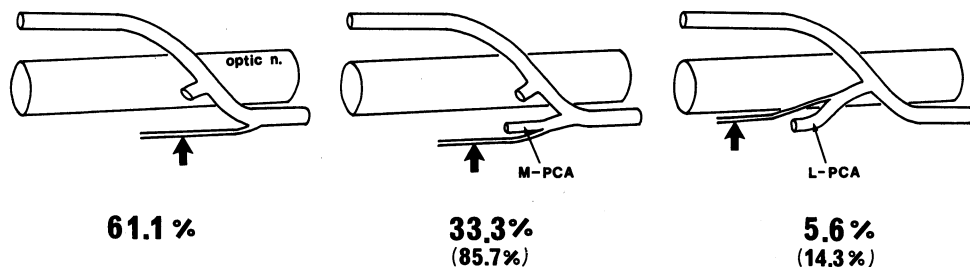


Fig. 3. Variations in origin of the central retinal artery (arrows).

の下方をゆるやかに蛇行して眼球後縁の約6~12 mm 手前で視神経内に侵入する (Figs. 1, 2). 後毛様体動脈との共同幹のうち85.7%は内側一後毛様体動脈との共同幹で、残り14.3%は外側一後毛様体動脈との共同幹として分岐していた (Fig. 3). 網膜中心動脈は視神経に侵入直前で強いS字状の蛇行と回転を伴う複雑な走行を呈してその走行をほぼ直角方向に変え (Figs. 1, 2) 視神経内に入り、その後は視神経

の走行に一致してほぼ直線的に眼球後極へ向かう。

2) 後毛様体動脈 (Figs. 1, 2, 4, Table 2)  
後毛様体動脈は2-3本観察され (2本:78%, 3本:22%), その分岐部位と走行・太さ・分枝及び眼球への侵入部位に特徴が認められ、外側・内側・副一後毛様体動脈の3動脈に区別される。

a) 外側一後毛様体動脈は眼動脈の第2部の近位2/3より単独 (83.2%) または他の分枝と

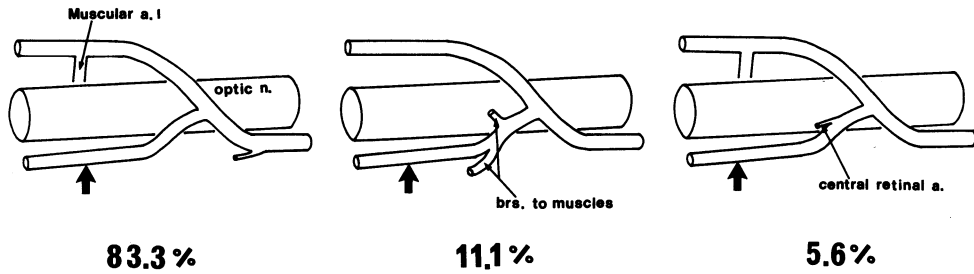


Fig. 4. Variations in origin of the lateral posterior ciliary artery (arrows).

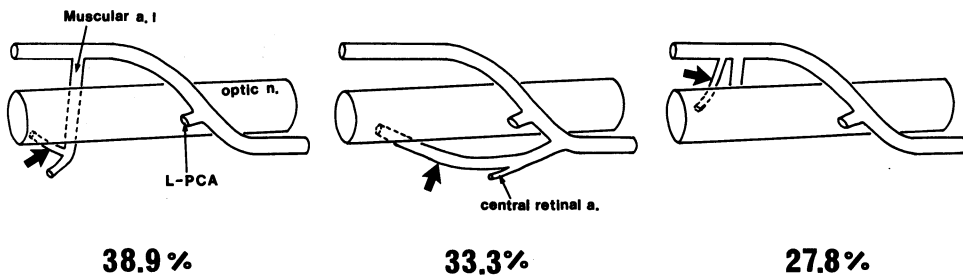


Fig. 5. Variations in origin of the medial posterior ciliary artery (arrows).

の共同幹 (16.8%) (網膜中心動脈との共同幹 : 5.6%, 眼筋動脈Ⅱとの共同幹 : 5.6%, 涙腺動脈との共同幹 : 5.6%) として分岐し (Fig. 4), 分岐後ゆるやかに蛇行して筋円錐内を漸次下行し下直筋の近くまで至り, 眼球後縁より手前約 5~7 mm で大きい回転を伴う屈曲と蛇行を呈して走り眼球後縁に達し, 次いでその方向を約 60~90° に変え上行し眼球の下方より数条に分岐しながら眼球後極の外側方に侵入する (Figs. 2B, 2C). 同動脈は筋枝を分岐しない。

b) 内側一後毛様体動脈は眼動脈の第1部および第2部への移行部より網膜中心動脈との共同幹として分岐する場合 (33.3%) と, 第3部の太い筋枝 (眼筋動脈Ⅰ) より (38.9%) および眼筋動脈Ⅰより遠位の主幹より (27.8%) 単独で分岐する場合が認められた (Figs. 5, 6). 同動脈は, 分岐後はほぼ外側一後毛様体動脈と同様の特異な走行をして眼球後極の内側方へ向かう。同動脈はほとんど筋枝を分岐しないが, 眼筋動脈Ⅰが存在しない場合は同動脈より内側直筋への筋枝が認められる。

外側一後毛様体動脈, 内側一後毛様体動脈は

X線造影写真立体像による観察で眼球後間隙では, 網膜中心動脈をはさみその外・内側に観察され, 眼球後縁では網膜層へ分布する網膜中心動脈の眼球内の各分枝をすぐ後より包むように脈絡層を走行する後毛様体動脈の各分枝が観察された。

c) 副一後毛様体動脈は後毛様体動脈が3本以上存在する場合 (22.2%) に眼動脈の第2部と第3部の眼筋動脈Ⅰの分岐部までの間に認められ, 単独 (75%) または眼筋動脈Ⅰの枝として (25%) 分岐する。分岐後はわずかに屈曲しながらほぼ直線的に走る場合が多く, 眼球への侵入部位は一定していない。

後毛様体動脈の内径は外側・内側・副一後毛様体動脈の順に狭く, 眼球後縁における分枝数はそれぞれ4-8, 3-5, 2-3本であった。分岐した外側・内側一後毛様体動脈の一部はそれぞれ1本の長後毛様体動脈となり, 視神経の外側・内側より眼球に侵入し, 残りの分枝は短後毛様体動脈として眼球に分布するのが摘出した眼球の軟X線立体像で観察された。18例中1例に外側・内側一後毛様体動脈が眼球後縁に近づ

くにしたが、い上方へ屈曲した後、下行しながら数条に分枝して眼球に分布するのを認めた。

3) 外眼筋枝(眼筋動脈I・眼筋動脈II・その他の筋枝)

眼動脈は第3部より太い筋枝(筋動脈I)を分枝する型(Figs. 1, 2)と、第1部の末梢および第2部の前半より筋枝(眼筋動脈II)を分枝する型(Fig. 6)の2型を認めた。

a) 眼筋動脈I (Figs. 1, 2)

眼筋動脈Iは眼動脈が視神経を内側に横断後、主幹に対しほぼ直角に下行しながら内側直筋・下直筋・下斜筋へ分布する。眼筋動脈Iは約83.3%の高率で観察され、本動脈より内側一後毛様体動脈が分枝する場合を47%で認めた。眼筋動脈IはX線写真正面像では眼動脈主幹と共に視神経を取り囲むループ形を呈す。

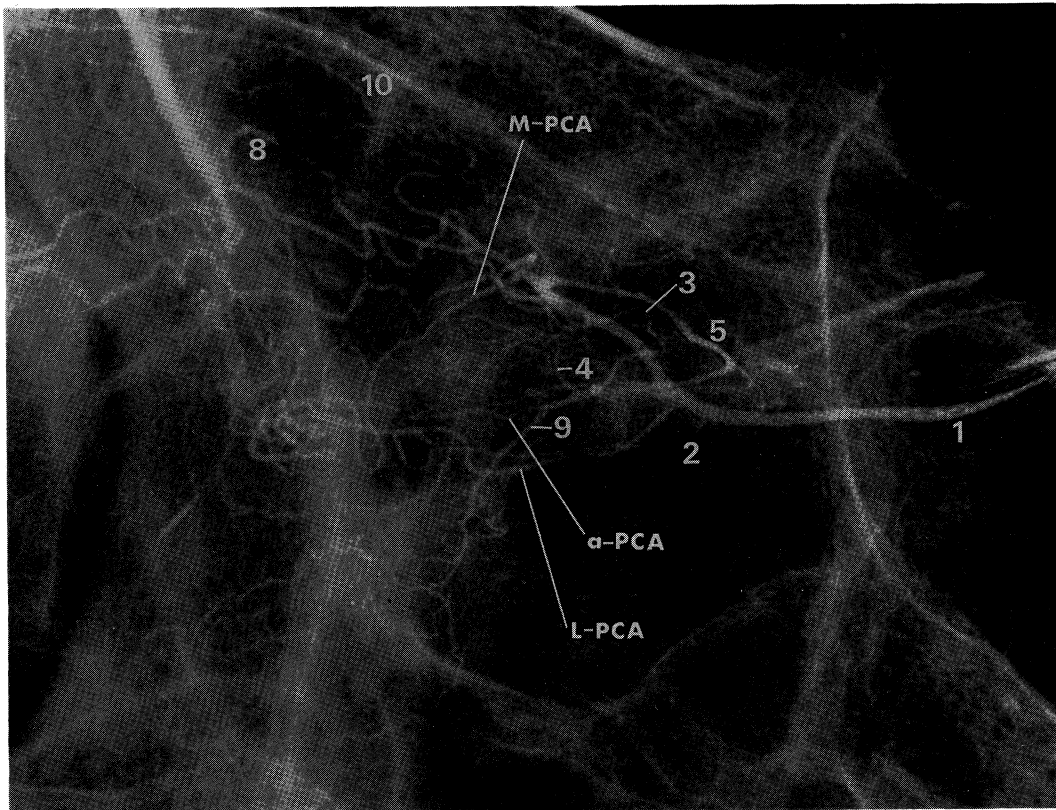


Fig. 6. Lateral arteriograph of the ophthalmic artery, which has a muscular artery II.

Abbreviation of Figures:

L-PCA: lateral posterior ciliary artery

M-PCA: medial posterior ciliary artery

a-PCA: accessory posterior ciliary artery

1: ophthalmic artery

2: central retinal artery

3: lacrimal artery (with muscular branch to lateral rectus muscle)

4: muscular branch to superior rectus and levator palpebrae superioris muscles

5: posterior ethmoidal artery

6: muscular artery I

7: anterior ethmoidal artery

8: supratrochlear artery

9: muscular artery II

10: supraorbital artery



## b) 眼筋動脈Ⅱ (Fig. 6)

眼筋動脈Ⅱ (16.7%) は、眼筋動脈Ⅰが存在しない場合に眼動脈の第2部前半に認められ、外側一後毛様体動脈、涙腺動脈、上直筋、上眼瞼挙筋、外側直筋への筋枝とともに共同幹として分岐する。本動脈は、おもに下直筋・下斜筋へ分布するが内側直筋・外側直筋へも分岐する。

## c) その他の筋枝 (Figs. 1, 2, 6)

上直筋、上眼瞼挙筋へ分布する筋枝は細く第2部から第3部の眼動脈主幹の上面より数本分枝し眼窩上壁に沿うように走行する (Fig. 2)。内側直筋へは眼筋動脈Ⅰおよび眼動脈第3部から2-3本の細い筋枝が分布する。外側直筋へ分布する筋枝は主に涙腺動脈よりかなり太い筋枝として分枝し、その分岐部はX線側面像では眼動脈主幹と重なる場合が多い。

## 4) 前毛様体動脈 (Figs. 1, 2)

前毛様体動脈は上直筋・外側直筋・内側直筋・下直筋への筋枝より分岐するが、18例中1例で眼球を摘出し軟X線撮影を行い同動脈が大虹彩動脈輪を形成するのを観察した。

## 5) 涙腺動脈 (Fig. 1)

涙腺動脈は眼動脈の第2部の主に遠位2/3より単独 (83.2%) または他の分枝との共同幹 (16.8%) (外側一後毛様体動脈との共同幹: 5.6%, 眼筋動脈Ⅱとの共同幹: 11.2%) として分岐し外側直筋への太い筋枝を分岐した後、蛇行しながら前外方へ走向する。同動脈より分岐する髄膜枝も認められた。

## 6) 後篩骨動脈 (Fig. 1)

後篩骨動脈は眼動脈の第2部と第3部の移行部より第3部の眼筋動脈Ⅰ分岐部付近で単独 (83.3%) または眼窩上動脈との共同幹 (16.7%) として分岐し、内側へ向かう。同動脈は走行中、上斜筋、内側直筋への筋枝を分岐する。

## 7) 眼窩上動脈 (Fig. 1)

眼窩上動脈は存在する場合 (61.1%)、眼動脈の第3部より単独 (63.6%) または後篩骨動脈との共同幹 (36.4%) として分岐し、側面像では上眼瞼挙筋、上直筋への筋枝とともに眼窩上壁に沿って同動脈孔へ走向する。同動脈は眼

筋動脈Ⅰより末梢の第3部より分岐する場合は約72.7%であった。

## 8) 前篩骨動脈 (Fig. 1)

前篩骨動脈は88.9%で存在し、眼動脈主幹が第3部で眼筋動脈Ⅰを分岐後、眼球後縁で内側直筋の上縁を越え上方への大きな屈曲を呈した後、単独で分岐し分岐後、前内側へ向かう。

## 3. 眼動脈の各分枝の太さ

眼動脈の主な各分枝の太さは眼動脈主幹、眼筋動脈Ⅰ、外側一後毛様体動脈、内側一後毛様体動脈、涙腺動脈、眼窩上動脈、網膜中心動脈の順であった。眼動脈主幹の太さに対する後毛様体動脈の比率は、外側一後毛様体動脈: 約0.48, 内側一後毛様体動脈: 約0.33, 副一後毛様体動脈: 約0.18であった。

## 4. 眼動脈各分枝の起始 (Table 2, Figs. 3, 4, 5)

眼動脈主幹からの分枝のうち、眼筋動脈Ⅰ・Ⅱ以外の筋枝 (上眼瞼挙筋、上直筋などへの筋枝) および視神経管内での細い分枝 (髄膜枝) を除いた各分枝の起始は Table 1 に示すごとくである。

網膜中心動脈は第1枝としてすべて分岐するが、眼動脈主幹より単独で分岐する場合61.1%、内側一後毛様体動脈との共同幹の場合33.3%、外側一後毛様体動脈との共同幹の場合5.6%が認められた。

外側一後毛様体動脈は単独 (72%) および眼筋動脈Ⅱ (5.6%)・涙腺動脈との共同幹 (5.6%) の場合も含め第2枝 (83.4%) として分岐する場合は最も多い。その他、第1枝の場合11.2%、第3枝の場合5.6%を認めた。

内側一後毛様体動脈は網膜中心動脈との共同幹で第1枝 (33.3%) として分岐する場合は最も多い。その他、単独 (5.6%) および眼筋動脈Ⅰとの共同幹 (22.2%) も含め第4枝の場合27.8%、単独 (22.2%) および眼筋動脈Ⅰとの共同幹 (5.6%) も含め第5枝の場合27.8%、眼筋動脈Ⅰとの共同幹で第6枝の場合11.1%を認めた。眼動脈からの分枝は他の分枝との共同幹として分岐する場合は72.2%で単独で分岐す

Table 2. Origin and the order of origin of the branches of ophthalmic artery.

動脈名	枝番号	割合 (%)	起源	割合 (%)	動脈名	枝番号	割合 (%)	起源	割合 (%)
網膜中心動脈	第1枝	100	単独で第1枝	61.1	眼筋動脈II (16.7%で存在)	第2枝	66.7	外側一後毛様体動脈との共同幹として第2枝	33.3
			内側一後毛様体動脈との共同幹として第1枝	33.3				涙腺動脈との共同幹として第2枝	33.3
			外側一後毛様体動脈との共同幹として第1枝	5.6				涙腺動脈との共同幹として第3枝	33.3
外側一後毛様体動脈	第1枝	11.2	単独で第1枝	5.6	内側一後毛様体動脈	第1枝	33.3	網膜中心動脈との共同幹として第1枝	33.3
			網膜中心動脈との共同幹として第1枝	5.6				第4枝	27.8
	第2枝	83.2	単独で第2枝	72		眼筋動脈Iとの共同幹として第4枝	22.2		
			眼筋動脈IIとの共同幹として第2枝	5.6		第5枝	27.8	単独で第5枝	22.2
			涙腺動脈との共同幹として第2枝	5.6				眼筋動脈Iとの共同幹として第5枝	5.6
	第3枝	5.6	単独で第3枝	5.6		第6枝	11.1	眼筋動脈Iとの共同幹として第6枝	11.1
	涙腺動脈	第2枝	33.2	単独で第2枝		22	副一後毛様体動脈 (22.2%で存在)	第3枝	75
外側一後毛様体動脈との共同幹として第2枝				5.6	涙腺動脈との共同幹として第3枝	25			
眼筋動脈IIとの共同幹として第2枝				5.6	第4枝	25			
第3枝		61.2	単独で第3枝	55.6	眼窩上動脈 (61.1%で存在)	第4枝	27.3	単独で第4枝	9.1
			眼筋動脈IIとの共同幹として第3枝	5.6				後篩骨動脈との共同幹として第4枝	18.2
			第5枝	27.8				単独で第5枝	18.2
第4枝	5.6	単独で第4枝	5.6	第6枝		27.3	単独で第6枝	27.3	
後篩骨動脈	第3枝	22.2	単独で第3枝				22.2	第7枝	9
			第4枝	50		単独で第4枝	38.9		
	眼窩上動脈との共同幹として第4枝	11.1	第6枝	56.2	単独で第6枝	56.2			
第5枝	27.8	単独で第5枝	22.2	第7枝	18.8	単独で第7枝	18.8		
眼筋動脈I (83.3%で存在)	第3枝	6.7	単独で第3枝	6.7	第8枝	6.2	単独で第8枝	6.2	
			第4枝	46.7					単独で第4枝
	内側一後毛様体動脈との共同幹として第4枝	26.7	第5枝	33.3					単独で第5枝
	内側一後毛様体動脈との共同幹として第5枝	6.7							
	第6枝	13.3	内側一後毛様体動脈との共同幹として第6枝	13.3					

る場合は27.8%であった。

副一後毛様体動脈は存在する場合、第3枝(75%)または第4枝(25%)として分岐していた。

涙腺動脈は単独(55.6%)および眼筋動脈Ⅱとの共同幹(5.6%)の場合も含め第3枝(61.2%)として分岐する場合が最も多い。その他、第2枝の場合33.2%、第4枝の場合5.6%を認めた。

後篩骨動脈は単独(38.9%)および眼窩上動脈との共同幹(11.1%)の場合も含め第4枝(50%)として分岐する場合が最も多い。その他、第5枝の場合27.8%、第3枝の場合22.2%を認めた。

眼筋動脈Ⅰは存在する場合(83.3%)、単独(20%)および内側一後毛様体動脈との共同幹(26.7%)の場合も含め第4枝(46.7%)として分岐する場合が最も多い。その他、第5枝の場合33.3%、第6枝の場合13.3%、第3枝の場合6.7%を認めた。

眼筋動脈Ⅱは存在する場合(16.7%)、外側一後毛様体動脈または涙腺動脈との共同幹で第2枝(66.7%)として分岐する場合が最も多く、その他、第3枝として分岐する場合33.3%を認めた。

眼窩上動脈は存在する場合(61.1%)、単独(18.2%)および後篩骨動脈との共同幹(18.2%)の場合も含め第5枝(36.4%)として分岐する場合が最も多い。その他、第4枝の場合27.3%、第6枝の場合27.3%、第7枝の場合9%を認めた。

前篩骨動脈はすべて単独で分岐し、第6枝(56.2%)として分岐する場合が最も多く、その他、第5枝の場合18.8%、第7枝の場合18.8%、第8枝の場合6.2%を認めた。

滑車上動脈は鼻背動脈とともに眼動脈主幹の終末枝となり滑車上部に観察された。

## 考 察

眼動脈の肉眼解剖による研究は足立<sup>1)</sup>黒沢<sup>2)</sup>西<sup>3)~5)</sup>Whitnall<sup>6)</sup>Wolff<sup>7)</sup>Hayreh<sup>8)~10)</sup>らの眼動脈主幹および各分枝の起始・経過など

についての報告があり、特に Hayreh は latex 注入による実体顕微鏡下での肉眼剖検を行い眼動脈の詳細な報告をしている。しかし、いわゆる ocular group の枝の網膜中心動脈・後毛様体動脈の眼球後間隙での走行についてはいまだ不明な点が多く残されている。臨床的には眼動脈各分枝の完全な全体像の造影が難しく、読影の基礎となる眼動脈の X 線解剖に関する知見が不十分なため、頸動脈写による眼動脈造影写真は臨床的に不明な点が多く、その応用価値はまだ低い。筆者は解剖実習用遺体において選択的に眼動脈の詳細な全体像の立体的造影を行い、その X 線解剖的所見と肉眼剖検所見を立体的に比較解析し眼動脈(特にいわゆる ocular group の枝)の X 線解剖の詳細を submacroscopic なレベルで明らかにして網膜中心動脈と後毛様体動脈の特異な走行・各分枝の起始部を詳細に観察した。

眼動脈は通常、内頸動脈のサイフォン部より分岐し、さらに内頸動脈の前壁中央、前壁内側、前壁外側、後壁より分岐する型が知られている(黒沢)。黒沢<sup>2)</sup>は前壁内側より分岐する型が最も多く57.4%、前壁外側より分岐する型4.4%、前壁中央より分岐する型37.2%、後壁より分岐する型1%と報告している。Hayreh<sup>8)</sup>は前壁内側の型53.6%を報告している。筆者の観察では、前壁内側:64.1%、前壁中央:33.3%、前壁外側:2.6%とほぼ両者の報告と大差がなかった。眼動脈は variation として内頸動脈より分岐せず上眼窩裂を通過して中硬膜動脈より分岐する型が知られているが(足立<sup>1)</sup>Hayreh<sup>9)</sup>Hollinshead<sup>17)</sup>、筆者の観察(18例)では認めなかった。

### 眼動脈の3部位

眼窩内で眼動脈は第1・第2・第3部に分けて記載され(Singh and Dass<sup>18)</sup>)各分枝の起始がどの部位より分岐するか詳細な報告をしている(Hayreh)。筆者の動脈造影写真による立体的観察では画像解析のため眼動脈を3部に分けて解析する必要性を感じ、眼動脈が視神経を下外方より上内方へ横切る部位(第2部)を中心に3部に分けて解析した。眼動脈の第2部から第

3部への移行部 (bend) はX線側面像で見た場合と肉眼解剖で示す場合では多少の差が認められ、X線像では第2部がわずかに短くなる (X線立体像では変わらない)。眼窩内の眼動脈を3部に分けて観察することは肉眼解剖のみならずX線解剖でも各分枝の読影に際し有用である。筆者のX線側面像による観察では第1部から第2部への移行部 (angle) はゆるやかな彎曲 (約113°) を呈する場合と60~70°の鋭い屈曲を呈する場合の2型が観察され、前者の型を多く (約67%) 認めた。第2部から第3部への移行部は angle でゆるやかな彎曲を呈する型では同移行部でも同様のゆるやかな彎曲が認められ、angle で鋭い屈曲を呈する型では同移行部でも同様の鋭い屈曲が認められた。

#### 眼動脈の各分枝

網膜中心動脈・後毛様体動脈は分岐後、各々視神経に沿ってゆるやかに蛇行して走り、視神経および眼球に侵入直前で急に直角にその走行を変え回転を伴った複雑な屈曲・蛇行を呈し、特に外側・内側一後毛様体動脈はこの複雑な屈曲を呈した後、数本に分岐しながら下方より垂直に上行して眼球後極へ侵入する特異な走行が立体的に明らかにされた。かかる網膜中心動脈・後毛様体動脈の特異な屈曲については他に報告を見出し得ない。これは眼球の激しい回転運動に対し適した構造と推測されるが、加齢現象も否定できない。後毛様体動脈の屈曲については西<sup>3)</sup>の胎児における報告があり、筆者の観察結果と比較すると胎児の後毛様体動脈の走行中に呈する屈曲は非常に弱く、このような差異は網膜中心動脈の場合にも同様に観察された。ニホンザルの網膜中心動脈は分岐後、視神経の下面に沿って直線的に走行し視神経に侵入するまでにヒトで認められるような屈曲、蛇行を全く示さない。ニホンザルの後毛様体動脈は分岐後、視神経の上縁付近を走行しその走行中に呈する屈曲もヒトに比べ非常に弱く、眼球後極直前で小さく上方に屈曲するかほとんど直線的に走行する場合が多い。

#### 網膜中心動脈

網膜中心動脈はほとんどの場合第1枝として

単独に分岐し、ときに他の分枝との共同幹として分岐する場合は報告されている。網膜中心動脈と後毛様体動脈が共同幹をなす場合は、黒沢<sup>2)</sup>によると欧米人13~16%、日本人8.7~18%が報告されているが、西<sup>3)</sup>は63.3%、Hayreh<sup>10)</sup>は75%の高出現率を報告している。筆者の観察では共同幹の場合が約39%認められた。共同幹で分岐する場合、内側一後毛様体動脈との共同幹である場合が西<sup>3)</sup>: 約50%、Hayreh<sup>10)</sup>: 約73%、黒沢<sup>2)</sup>: (不明)と報告しているが、筆者の観察では約86%で残り約14%は外側一後毛様体動脈との共同幹であった。しかし、外側一後毛様体動脈・内側一後毛様体動脈の定義が諸家により異なり不明な点が多いため、諸家の結果との正確な比較は困難である。発生学的に Padget<sup>21)</sup>は胎生 Stage 6 (44日目、(Carnegie stage 20, embryo C.R. 20~24 mm) で形成される視神経を囲む arterial ring の退化が内側一後毛様体動脈 (common nasal ciliary artery) の腹側・背側のどちらで起こるかにより内側一後毛様体動脈が網膜中心動脈と共同幹として分岐するか、または眼動脈の第3部より単独または他の分枝との共同幹で分岐するかが決定されると説明している。これら発生学的知見は筆者の網膜中心動脈が後毛様体動脈と共同幹となる場合、外側一後毛様体動脈よりも内側一後毛様体動脈との場合が多かった結果と一致する。

#### 後毛様体動脈

眼動脈より1~5本の後毛様体動脈が分岐する。西、Hayrehによると2本の場合が最も多く約52%、ついで3本の場合約30%と報告している (Table 3)。筆者の観察では2本の場合

Table 3. Number of posterior ciliary artery (various authors).

数	西	Hayreh	吉井
1	20 %	4.5%	0 %
2	53.3%	50 %	78 %
3	26.7%	34.1%	22 %
4	0 %	9.1%	0 %
5	0 %	2.3%	0 %

約78%, 3本の場合約22%で両者に比べ2本の場合を高率で認めた。複数に存在する後毛様体動脈は眼球後極への侵入部位と視神経との位置関係により, 外側一後毛様体動脈, 内側一後毛様体動脈, 上一後毛様体動脈, additional lateral posterior ciliary artery, additional medial posterior ciliary artery のように諸家により種々命名され, 各名称はそれぞれ複数の後毛様体動脈をさす場合があり諸家の後毛様体動脈の起始・数などについての統計的処理結果の正確な比較考察は困難である。筆者は後毛様体動脈をX線立体像で観察した結果, 後毛様体動脈 (posterior ciliary trunk) として分岐し眼球後極で1本の長一後毛様体動脈と数本の短一後毛様体動脈を分岐する外側一後毛様体動脈・内側一後毛様体動脈と, 眼球後極では短一後毛様体動脈のみを分岐する副一後毛様体動脈の3動脈は区別した。副一後毛様体動脈は眼球への侵入部位は不定のものとし, 眼球後極で視神経の内・外側へ複数の後毛様体動脈が分布する場合もそれぞれを区別できるようにした。筆者の後毛様体動脈を3動脈に区別した観察では, 後毛様体動脈と網膜中心動脈との共同幹の関係・後毛様体動脈の分岐部位・走行などについての詳細を明らかにすることができた。

外側一後毛様体動脈は眼動脈と第2部の近位2/3から最大の枝として大部分(83.3%)は単独で分岐し, その眼球後縁直前での特異な走行のため同定が容易である。内側一後毛様体動脈は分岐後, 外側一後毛様体動脈と同様の特異な走行を呈する。内側一後毛様体動脈のうち眼動脈の第1部および第2部への移行部(angle)から分岐する同動脈はすべて網膜中心動脈との共同幹として分岐していた。

外側・内側一後毛様体動脈が共に眼球の上方より数本に分岐しながら分布するものを18例中1例に認めたが, このような走行はニホンザルの後毛様体動脈に多く見られる型である。網膜中心動脈と後毛様体動脈の特異な走行に関しては, 他の霊長類の眼動脈とも比較してその機能的意義を検討し, また眼科的病変に伴う眼動脈の変動についても合せて検索する必要がある。

#### 外眼筋枝

外眼筋への筋枝は西<sup>3)</sup>によると眼筋動脈・I眼筋動脈II, Hayreh<sup>10)</sup>によると medial muscular artery・lateral muscular artery, 志賀<sup>19)</sup>によると下筋肉枝を区別している。筆者の動脈造影写真による観察では眼筋動脈I (medial muscular artery・下筋肉枝)・眼筋動脈II (lateral muscular artery) の2本の特徴ある筋枝を認めた。眼筋動脈Iは眼動脈が視神経を内側に横断後, 主幹に対しほぼ直角に下行しながら内側直筋・下直筋・下斜筋へ分布する。眼筋動脈IIは, 眼筋動脈Iが存在しない場合に眼動脈の第2部前半に認められ, 外側一後毛様体動脈, 涙腺動脈, 上直筋, 上眼瞼挙筋, 外側直筋への筋枝とともに共同幹として分岐する。西, Hayrehによると眼筋動脈Iは, それぞれ83.3%, 98.3%で存在し, 眼筋動脈IIはそれぞれ23.4%, 17%で存在すると報告しており眼筋動脈Iと眼筋動脈IIが同時に認められる場合も報告している。筆者の観察では, 眼筋動脈Iが約83.3%, 眼筋動脈IIは約16.7%で認められ両者が同時に存在するものは観察されなかった。眼筋動脈Iは眼動脈の分枝のうち最も太く, その存在率も高く, 分岐部位・走行に特徴のある枝であるにもかかわらず, いままでその基礎となるX線解剖の全体像に関する知見が不十分であったため生体でのX線写真では同定が困難であった。外眼筋枝としては, 眼筋動脈I, 眼筋動脈II以外にも涙腺動脈から分岐し主に外側直筋に分布する枝, 眼動脈主幹より直接分岐するかまたは涙腺動脈から分岐する上眼瞼挙筋, 上直筋への枝, そのほか上斜筋, 内側直筋への細い枝を認める。

#### 眼動脈各分枝の起始

眼動脈の主な各分枝の分岐順序は Table 2 に示すごとく一定していないが, そのうち最も多い型は網膜中心動脈(+内側一後毛様体動脈), 外側一後毛様体動脈, 涙腺動脈, 後篩骨動脈, 眼筋動脈I(+内側一後毛様体動脈), 眼窩上動脈, 前篩骨動脈, 滑車動脈の順で, これは Hayreh<sup>10)</sup> の報告と同様の順であった。

今回検索した18例はすべて眼動脈主幹が視神

経上を外側下方より横断して内側へ走行する型であったが、視神経下面を横断する型の眼動脈についても検索が必要である。

眼動脈各分枝の造影頻度と各分枝の同定（生体との比較）

眼動脈は生体での頸動脈造影に際し二次的に造影されるが各分枝の完全な造影が難しく、読影の基礎となる眼動脈の X線解剖に関する知見が十分には整理されていないため頸動脈造影による眼動脈造影写真は臨床的に不明な点が多く、臨床での造影写真読影に際しとくに眼動脈に注目することは少なく、その診断的意義もまだ十分に明らかにされていない。

生体での頸動脈造影による眼動脈造影は DiChiro,<sup>12)</sup> Raad,<sup>14)</sup> 松島<sup>16)</sup> らによると造影頻度に差が認められるが、いずれの場合も各分枝がすべて造影されることはない。松島<sup>12)</sup> の場合、各分枝の造影頻度は眼動脈主幹：100%、ocular group の枝：約 73%、前頭動脈：約 71%、眼窩上動脈：約 45%、涙腺動脈：約 41%、前・後篩骨動脈：約 6.3%と報告し、さらに生体ではよく造影されるといえる ocular group の血管も写真上では 3～5本の細い枝を認めることはできるがその個々を何動脈と認識することはほとんどできないと記している。

本法では orbital group, ocular group の枝はすべてよく造影され、眼動脈各分枝の造影頻度は 100%であり、造影剤がよく注入されている部位では反射実体鏡により約 60 $\mu$  径の細動脈まで立体的観察が可能であった。側面、正面、上面の 3方からの立体的観察結果を比較す

ることで各分枝の同定は正確にできた。肉眼解剖による観察結果と造影写真の立体的観察結果を比較することで各分枝からの硬膜枝も識別できた。本法による眼動脈全体像の X線解剖の知見により生体での造影写真で眼動脈主幹、眼筋動脈 I、眼筋動脈 II、外側一後毛様体動脈、内側一後毛様体動脈、網膜中心動脈、choroidal crescent、前篩骨動脈の同定は容易となる。

生体の造影では網膜脈絡叢の動・静脈移行部毛細血管による弧状陰影（いわゆる choroidal crescent）がはっきりと造影されることがある（約 30～75%）。<sup>11)~13), 20)</sup> 筆者の解剖体の造影では造影剤が静脈相まで達しないため弧状陰影としては認められず、眼球後極より眼球に沿って放射状に走行する細い後毛様体動脈を観察した。

近年、眼窩内腫瘍の治療の進歩に伴い眼動脈造影の重要性が増しつつあり、診断学とくに X線診断学の分野においては立体撮影法による立体像から病気の診断、病変の広がり、さらに治療方針の決定などの非常に大切な問題の解決を試みようとしてされている。本法による解剖体の眼動脈研究は肉眼解剖による形態的研究だけでなく、臨床での機能的 X線解剖に必要な基礎資料の研究にも利用可能である。<sup>22)</sup>

稿を終えるにあたり、終始変わらぬ御指導・御校閲を頂いた川崎医科大学解剖学教授 池田 章 先生に心より厚くお礼を申し上げるとともに、御指導御鞭撻を頂いた同大学放射線医学教室 助教授 梶原康正 先生に感謝致し、本研究に御協力頂いた同大学解剖学教室 池田一夫 技術員に深謝致します。

## 文 献

- 1) Adachi, B.: Das Arteriensystem der Japaner. Bd. 1, 1927
- 2) 黒沢俊夫：日本人眼動脈の解剖学的研究。口腔解剖研究 11：153—170, 1959
- 3) 西 清文：眼窩内動脈とその分布に関する研究。第一編 眼窩内動脈の分枝とその吻合について。鹿大医誌 12：87—102, 1960
- 4) 西 清文：眼窩内動脈とその分布に関する研究。第二編 眼筋の動脈分布について。鹿大医誌 12：103—121, 1960
- 5) 西 清文：眼窩内動脈とその分布に関する研究。第三編 眼窩壁骨膜の動脈分布について。鹿大医誌 12：122—131, 1960
- 6) Whitnall, S. E.: The anatomy of the human orbit. 2nd ed. London, Oxford University Press.

- 1932, pp. 173—303
- 7) Wolff, E.: The anatomy of the eye and orbit. 4th ed. London, Lewis. 1954, pp. 79, 169, 228, 351, 370
  - 8) Hayreh, S. S. and Dass, R.: The ophthalmic artery. I. Origin and intra-cranial and intra-canalicular course. *Br. J. Ophthalmol.* 46 : 65—98, 1962
  - 9) Hayreh, S. S. and Dass, R.: The ophthalmic artery. II. Intra-orbital course. *Br. J. Ophthalmol.* 46 : 165—185, 1962
  - 10) Hayreh, S. S.: The ophthalmic artery. III. Branches. *Br. J. Ophthalmol.* 46 : 212—247, 1962
  - 11) Schurr, P. H.: Angiography of the normal ophthalmic artery and choroidal plexus of the eye. *Br. J. Ophthalmol.* 35 : 473—478, 1951
  - 12) DiChiro, G.: Ophthalmic arteriography. *Radiology* 77 : 948—957, 1961
  - 13) DiChiro, G.: Angiographic topography of the choroid. *Am. J. Ophthalmol.* 54 : 232—237, 1962
  - 14) Raad, D. R.: An angiographic study of the course of the ophthalmic artery in normal and pathological conditions. *Br. J. Radiol.* 37 : 826—832, 1964
  - 15) Wheeler, E. C. and Baker, H. L.: The ophthalmic complex in angiographic diagnosis. *Radiology* 83 : 26—35, 1964
  - 16) 松島敏子：眼動脈のX線解剖学的研究. *慈医誌* 85 : 691—705, 1970
  - 17) Hollinshead, W. H.: “Anatomy for Surgeons”, vol. 1. New York, Hoeber. 1954, p. 156
  - 18) Singh, S. and Dass, R.: The Central Artery of the Retina. I. Origin and Course. *Br. J. Ophthalmol.* 44 : 193, 1960a
  - 19) 志賀逸夫：眼科X線撮影と読影. *眼科 Mook* 3 : 228—243, 1978
  - 20) Krayenbuhl, H.: The value of orbital angiography for diagnosis of unilateral exophthalmos. *J. Neurosurg.* 19 : 289—301, 1962
  - 21) Padget, D. H.: The development of the cranial arteries in the human embryo. *Contr. Embryol. Carneg. Instn.* 212/32 : 205—261, 1948
  - 22) 池田 章, 梶原康正：臨床と解剖セミナー vol. 4. 血管造影写真の立体的解析—遺体と生体 (星野一正編). 医歯薬出版. 1982, pp. 101—113