

サル毛様網膜動脈による視神経乳頭表層の分節状血流支配について

杉山 和久, 本部 千博, Sabbir Reza Haque, 富田 剛司, 北澤 克明

岐阜大学医学部眼科学教室

要 約

毛様網膜動脈をもつサル眼を走査型レーザー検眼鏡によるビデオ蛍光眼底造影および血管鋳型標本により観察した。フルオレセイン注入後、5.7秒で **choroidal flush** が出現し、5.9秒で乳頭耳側から黄斑部に向かう2本の毛様網膜動脈が造影され、6.4秒後に毛様網膜動脈領域が毛細血管相となり、6.9秒で網膜中心動脈が造影された。毛様網膜動脈の支配は、視神経乳頭表層の血管系の耳側1/4象限および乳頭黄斑部の網膜血管であった。血

管鋳型標本で毛様網膜動脈を観察したところ、後毛様動脈の分枝2本が球後の視神経耳側縁に沿って進入し、放射状乳頭周囲毛細血管網の直下を黄斑部に向かって走行していた。(日眼会誌 98:340-343, 1994)

キーワード：毛様網膜動脈, 視神経乳頭, 走査型レーザー検眼鏡, 血管鋳型標本

Sectorial Blood Supply of the Monkey Optic Disc Surface from the Cilioretinal Artery

Kazuhiisa Sugiyama, Kazuhiro Hombe, Sabbir Reza Haque, Goji Tomita and Yoshiaki Kitazawa

Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine

Abstract

The cilioretinal artery in a monkey eye was observed by scanning laser ophthalmoscope video-angiography and evaluated by microvascular corrosion casting. After an intravenous injection of fluorescent dye, we observed a choroidal flush at 5.7 seconds, appearance of the dye in two cilioretinal arteries from the edge of the temporal optic disc at 5.9 seconds, and the capillary phase of cilioretinal arteries at 6.4 seconds. The dye was first observed in the central retinal artery at 6.9 seconds. The cilioretinal arteries directly supplied the microcirculation of the temporal disc in a sector-shaped pattern and the retinal vasculature in the disc-macular area.

The vascular casting showed the total course of the cilioretinal arteries from the posterior ciliary arteries to the retina. The cilioretinal arteries entered the temporal edge of the retrobulbar optic nerve head, gave off some branches at the prelaminar portion, and appeared at the temporal edge of the optic disc. (J Jpn Ophthalmol Soc 98:340-343, 1994)

Key words: Cilioretinal artery, Optic nerve head, Scanning laser ophthalmoscope, Microvascular corrosion casting

I 緒 言

脈絡膜循環系に起因し、網膜面上に分布する網膜血管系として毛様網膜動脈がある。検眼鏡所見により、視神経乳頭外縁から表れ、鍵状に屈曲し、網膜面上に出て黄斑部に向かう動脈とされている。その出現頻度は7～49.5%と報告があり^{1)～5)}、網膜中心動脈閉塞症の際に、毛

様網膜動脈により中心視力が保たれることがあることが知られている⁶⁾。また、組織学的検索および蛍光眼底造影による所見から、毛様網膜動脈が視神経乳頭への血液供給に関与していることが示唆されている^{7)～10)}。さらに、最近の臨床研究では、原発開放隅角緑内障および低眼圧緑内障における毛様網膜動脈の存在意義が論じられている^{11)～14)}。

別刷請求先：500 岐阜県岐阜市司町40 岐阜大学医学部眼科学教室 杉山 和久

(平成5年9月24日受付, 平成5年11月12日改訂受理)

Reprint requests to: Kazuhisa Sugiyama, M.D. Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine, 40 Tsukasa-machi, Gifu-shi, Gifu-ken 500, Japan

(Received September 24, 1993 and accepted in revised form November 12, 1993)

走査型レーザー検眼鏡は、蛍光眼底造影よりもはるかに優れた画質で、毛細血管レベルの血管を容易に観察することができる。しかも、30分の1秒という短い間隔で血管の循環動態をより詳細に検討することが可能である。また、血管鋳型標本は、三次元的血管構築の中で毛様網膜動脈の全走行過程や、視神経乳頭への分枝などを観察することができる。今回我々は、毛様網膜動脈が如何に視神経乳頭微小循環に関与するかを明らかにする目的で、毛様網膜動脈をもつサル眼視神経乳頭を走査型レーザー検眼鏡による蛍光眼底造影および、その血管鋳型標本を走査型電子顕微鏡で観察したところ、興味ある

知見を得たので報告する。

II 実験方法

正常な日本サルで毛様網膜動脈をもつ1匹1眼(左眼)を対象とした。

走査型レーザー検眼鏡(Rodenstock社製、米国)を用いたフルオレセイン蛍光眼底造影を行い、記録されたビデオテープ(S-VHS, ソニー)をもとに毛様網膜動脈の循環動態を詳細に観察した。

次に、できる限り生理的に近い状態で血管鋳型の作製を以下の手順で行った¹⁵⁾。塩酸ケタミン(ケタラル®、

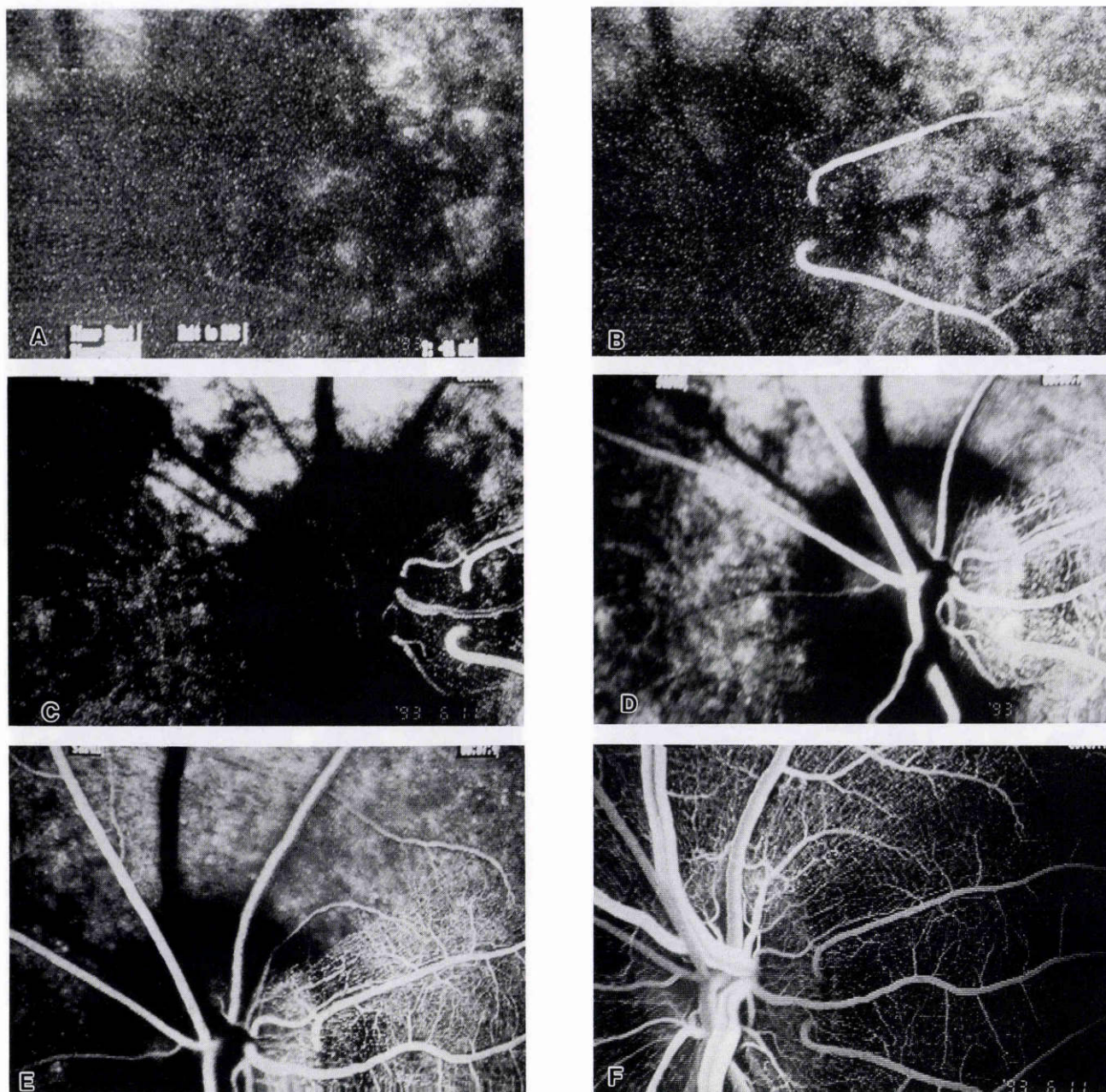


図1 走査型レーザー検眼鏡による蛍光眼底造影写真。

A: 5.7秒, choroidal flush出現。B: 5.9秒, 乳頭耳側から黄斑部に向かう2本の毛様網膜動脈の造影。C: 6.4秒, 毛様網膜動脈領域の毛細血管相。D: 6.9秒, 網膜中心動脈の造影。E: 毛様網膜動脈の血流支配領域を示す。F: 網膜中心動脈の血流支配領域を示す。

40 mg/kg) およびキシラジン塩酸塩 (セラクタール®, 2.5 mg/kg) の筋注による全身麻酔の後, 気管内挿管 (小児用気管内チューブ) を行い, 小動物用人工呼吸器 (UGO BASILW 社製, 伊国) による呼吸管理を行った. 開腹後, 腹部大動脈を露出して, カテーテル (脳血管撮影用, Becton Dickinson 社製, 米国) を挿入し, 血液とはほぼ同じ粘稠度 (11 cPs) に調整したメチルメタクリレート (Batson's No. 17, Polysciences 社製, 米国) を 37°C の温度で, 100~120 mmHg の圧力で注入した. 樹脂注入 2 時間後に眼球摘出を行い, 固定液 (5% ホルマリン + 2.5% グルタルアルデヒドの緩衝液) に 24 時間保存後, 6 M の水酸化カリウムで約 2 週間の組織消化を行った.

得られた眼球全体の血管鋳型を水洗, 空気乾燥後, 赤道部で切半し, 金蒸着後に後眼部を走査型電子顕微鏡 (JSE-T 300, 日本電子) で観察した. また, 視神経内で

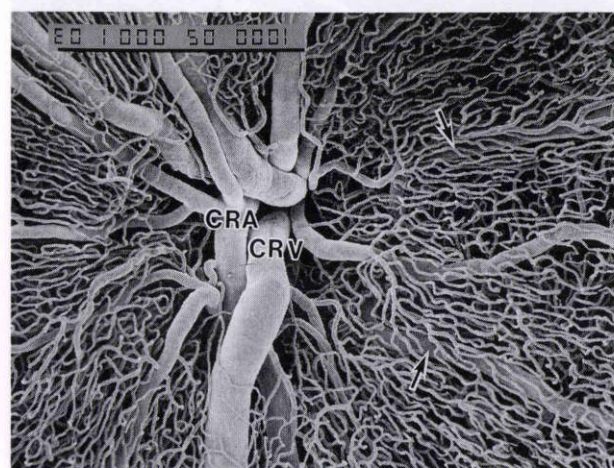
の毛様網膜動脈の観察のため, 視神経乳頭内の毛様血管網を一部除去した.

III 結 果

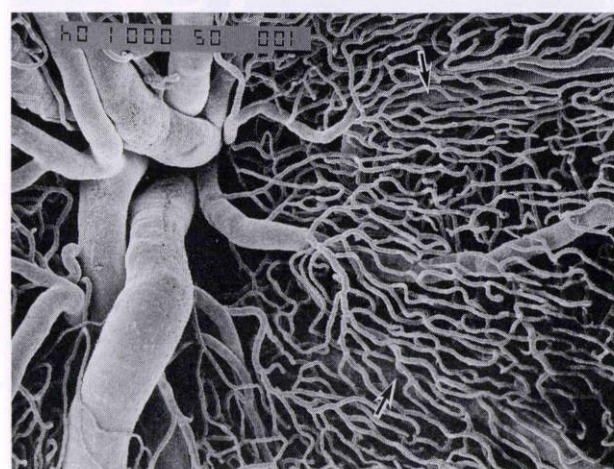
1. 走査型レーザー検眼鏡による観察

フルオレセイン注入後 5.7 秒で背景蛍光が出現し (図 1 A), 5.9 秒で視神経乳頭耳側から黄斑部に向かう 2 本の毛様網膜動脈が造影された (図 1 B). さらに, フルオレセイン注入 6.4 秒後に毛様網膜動脈は動静脈相となり (図 1 C), 6.9 秒で網膜中心動脈が造影された (図 1 D). このように, 毛様網膜動脈の出現と網膜中心動脈の出現との間には, 約 1 秒間の時間差があった.

図 1 E に示す如く, 毛様網膜動脈は視神経乳頭表層の血管系の耳側 1/4 象限および乳頭黄斑部の網膜血管を分節状に栄養していた. 図 1 F に網膜中心動脈の動静脈相



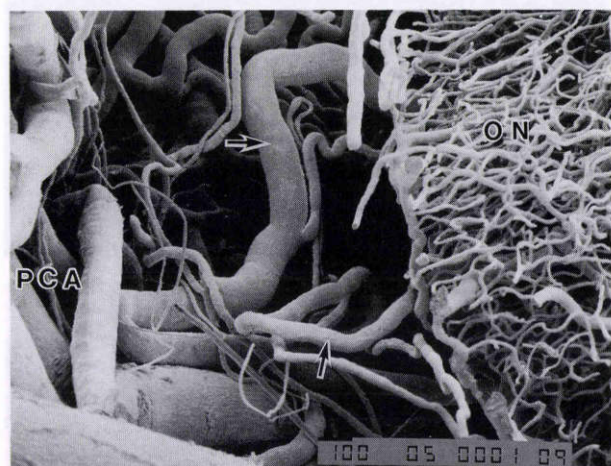
A



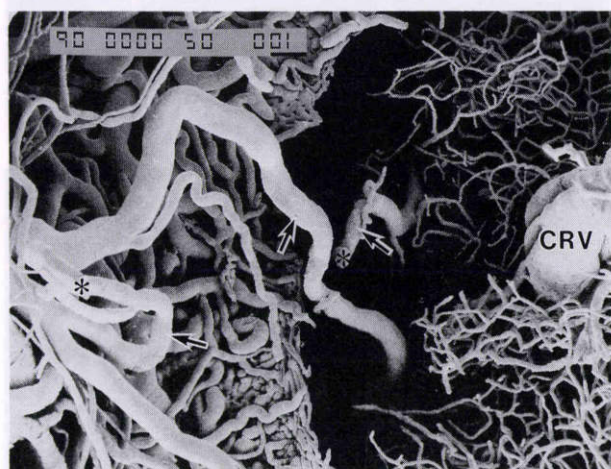
B

図 2 視神経乳頭の血管鋳型標本 (硝子体側から観察).

矢印は毛様網膜動脈を示す. A: 弱拡大, バーは 1.0 mm, CRA: 網膜中心動脈, CRV: 網膜中心静脈, B: 強拡大, バーは 0.10 mm



A



B

図 3 視神経乳頭の血管鋳型標本 (球後から観察).

A: 矢印は毛様網膜動脈を示す. バーは 0.10 mm. ON: 視神経, PCA: 後毛様動脈, B: 篩状板後部の毛細血管網を一部除去した. 矢印は毛様網膜動脈を示す. バーは 0.10 mm, CRV: 網膜中心静脈
注意: *印同志はつながっていた.

を示す。網膜中心動脈は、視神経乳頭表層血管系の残り3/4象限を血流支配していた。

2. 血管鋳型標本による観察

硝子体側から見た血管鋳型標本の走査型電子顕微鏡写真を示す(図2A, B)。毛様網膜動脈2本が視神経乳頭耳側辺縁の深部から出現した後、放射状乳頭周囲毛細血管網の直下を黄斑部に向かって走行していた。

次に、眼球後方から見た走査型電子顕微鏡写真を示す(図3A, B)。図3Bは篩状板後部の毛細血管網を一部除去してある。毛様網膜動脈は、後毛様動脈から分枝した後、球後の視神経耳側縁に沿って視神経乳頭内に進入し、篩状板前部に分枝を出しながら、U字型に屈曲して180度方向を変えて網膜動脈となっていた。

IV 考 按

現在のところ、毛様網膜動脈の報告は検眼鏡的、組織学的検索および、蛍光眼底造影によるものが大部分である^{1)~5)7)~10)}。我々の知り得る限りでは、毛様網膜動脈の循環動態を走査型レーザー検眼鏡で詳細に検討した報告や、毛様網膜動脈を血管鋳型標本で三次元的に観察した報告は未だない。今回我々は、血管鋳型標本と走査型レーザー検眼鏡を用いることにより、サル毛様網膜動脈の三次元的な走行過程や、高画質のモニター上で循環動態をより詳細に観察することができた。今回の結果から、毛様網膜動脈は視神経乳頭表層の血管系の耳側1/4象限を分節状に栄養するとともに、乳頭黄斑部領域も帯状に灌流していることが観察された。このことは、毛様網膜動脈が視神経乳頭表層および網膜の血管系において、網膜中心動脈の支配領域と明瞭な境界線をもつ分節状の支配領域を有していることを意味しており、Hayrehら⁸⁾のサルの後毛様動脈結紮実験や毛様網膜動脈閉塞症の臨床報告¹⁶⁾と一致している。毛様網膜動脈はいわゆる終動脈(terminal artery)であり、一見連続的に見える視神経乳頭表層や網膜血管系において、網膜中心動脈との間に側副血行路(バイパス)を有していないことが、毛細血管レベルの観察で明らかとなった。また、血管鋳型標本の観察から、毛様網膜動脈は視神経の内部には進入することなく、視神経乳頭の辺縁部をU字型に屈曲して走行していることが初めて明らかとなった。しかも、毛様網膜動脈は視神経乳頭の篩状板前部には分枝を出すものの、篩状板や篩状板後部には分枝を出しておらず、網膜中心動脈と同様¹⁷⁾、視神経乳頭表層と網膜を主に栄養していることが示唆された。

毛様網膜動脈の視神経乳頭微小循環に対する関与は、表在性神経線維層と篩状板前部の耳側1/4象限というごく限局された部位の血管供給を担当するにすぎず、その主な役割は網膜(乳頭黄斑部)を栄養することである。

文 献

- 1) Lorentzen SE: Incidence of cilioretinal arteries. *Acta Ophthalmol* 48: 518—524, 1970.
- 2) Justice J Jr, Lehmann RP: Cilioretinal arteries. A study based on review of stereo fundus photographs and fluorescein angiographic findings. *Arch Ophthalmol* 94: 1355—1358, 1976.
- 3) Collier MM: Frequence des vaisseaux cilio-retiniens leur rapport avec les ametropies leur association avec d'autres anomalies du fond de l'oeil. *Bull Soc Ophthalmol Fr* 9: 598—601, 1957.
- 4) Pincus MH: Occlusion of cilioretinal vessels: Case report. *Ann Ophthalmol* 7: 249—252, 1975.
- 5) Salzmänn M: Authorized translation Brown EVL. *The Anatomy and Histology of the Human Eyeball in the Normal State: Its Development and Senescence*. Chicago. University of Chicago Press: 183—184, 1912.
- 6) Brown GC, Shields JA: Cilioretinal arteries and retinal arterial occlusion. *Arch Ophthalmol* 97: 84—92, 1979.
- 7) Hayreh SS: The cilio-retinal arteries. *Br J Ophthalmol* 47: 71—89, 1963.
- 8) Hayreh SS, Baines JAB: Occlusion of the posterior ciliary artery I. Effects on choroidal circulation. *Br J Ophthalmol* 56: 719—735, 1972.
- 9) 袖野吉高: 毛様網膜動脈と視神経乳頭の微小循環. *日眼会誌* 78: 561—575, 1974.
- 10) Lieberman MF, Maumenee AE, Green WR: Histologic studies of the vasculature of the anterior optic nerve. *Am J Ophthalmol* 82: 405—423, 1976.
- 11) Shihab ZM, Beebe WE, Wentlandt T: Possible significance of cilioretinal arteries in open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 92: 880—883, 1985.
- 12) Lindenmuth KA, Skuta GL, Musch DC, Bueche M: Significance of cilioretinal arteries in primary open angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 106: 1691—1693, 1988.
- 13) Mikelberg FS, Drance SM, Schulzer M, Wijsman K: Possible significance of cilioretinal arteries in low-tension glaucoma. *Can J Ophthalmol* 25: 298—300, 1990.
- 14) Lee SS, Schwartz B: Role of the temporal cilioretinal artery in retaining central visual field in open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 99: 696—699, 1992.
- 15) Fahrenbach WH, Bacon DR, Morrison JC, Van Buskirk EM: Controlled vascular corrosion casting of the rabbit eye. *J Electron Microscop Tech* 10: 15—26, 1988.
- 16) Brown GC, Moffat K, Cruess A, Magargal LE, Goldberg RE: Cilioretinal artery obstruction. *Retina* 3: 182—187, 1983.
- 17) Sugiyama K, Bacon DR, Fahrenbach WH, DeSantis L, McLaughlin MA, Van Buskirk EM: Optic nerve head microvasculature of normal and glaucomatous monkey. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 33(Suppl): 1077, 1992.