174 - (1896)

脈なし病での脈絡毛細管板の循環動態(図10,表2)

田中 隆行・得居 賢二 (群馬大学医学部眼科学教室) 森 = 十介・逸見、知弘 (群馬大学医学部眼科学教室)

Hemodynamics in the Choriocapillaris in Pulseless Disease

Takayuki Tanaka, Kenji Tokui, Keisuke Mori

and Tomohiro Henmi

Department of Ophthalmology, Gunma University School of Medicine

要 約

脈なし病13例25眼を対象として,連続蛍光造影法により,脈絡毛細管板の循環動態の解析を行った.全例で 脈絡毛細管板への蛍光色素の流入遅延があり,うち9例18眼で,それぞれの小葉状造影に先行する点状蛍光を 確認した.循環遅延の著しい3例5眼では,立体画像解析装置でコンピューター処理を行うことにより,複雑 な脈絡毛細管板の循環動態を明瞭に表示した.この処理では,連続写真をXY軸方向に順次入力し,Z軸方向 には時間軸を入力して疑似立体とした.脈絡毛細管板の機能的な循環単位の大きさは,約1/4~1/3乳頭径で あった.点状蛍光の発現から,それぞれの小葉の造影終了までの時間を循環単位造影時間とすると,その時間 は網膜症の軽症例では2~3秒,重症例では、5~14秒であった.今回の脈なし病の脈絡膜所見は,正常眼を 高速度撮影して,スローモーション化したかのような所見であり,本症は貴重な clinical model と考えられた. (日眼 92:1896-1903, 1988)

キーワード:脈絡毛細管板,脈なし病,連続蛍光造影,小葉状造影,コンピューター解析

Abstract

We evaluated hemodynamics in the choriocapillaris in 25 eyes, 13 cases, affected by pulseless disease. When seen by rapid sequence fluorescein angiography, all 25 eyes showed filling delay of the dye bolus into the choriocapillaris. By a frame-to-fram analysis procedure, we could identify functional lobules during the initial dye-filling phase in 18 eyes. By subjecting the sequence angiograms to computer analysis, we could create a three-dimensional angiogram which showed the temporal course of dye filling into each lobule in 5 eyes. The diameter of the lobule was variable, ranging from about 1/4 to 1/3 disc diameter. It took 2 to 14 seconds from the initial appearance of dye bolus till the complete filling in a given lobule. We infer that the present finding is basically similar to what would occur in normal eyes, although on a much faster time scale. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 1896—1903, 1988)

Key words : Choriocapillaris, Pulseless disease, Fluorescein fundus angiography, Lobular pattern, Computer analysis

別刷請求先: 371 前橋市昭和町 3 - 39-15 群馬大学医学部眼科学教室 田中 隆行

(昭和63年8月4日受付,昭和63年8月15日受理)

Reprint requests to: Takayuki Tanaka, M.D. Dept. of Ophthalmol., Gunma Univ. School of Med. 3-39-15 Showa-machi, Maebashi 371, Japan

(Received August 4, 1988 and accepted August 15, 1988)

I 緒 言

脈なし病では、従来、網膜循環の障害が注目されて きたが1)~3),本症では,脈絡膜循環の遅延も併発してい る4). 脈絡膜循環のうちで, 脈絡毛細管板は, 解剖学的 には連続した一枚の面状の毛細血管であるという特徴 を持つ、脈絡毛細管板の研究は、伸展標本5)6)、蛍光浩 影7)、血管鋳型等の手法8)~13)により、循環機能的には、 それぞれの独立した小葉構造を示すことが明らかに なってきた.しかし、伸展標本や血管鋳型による検索 は、高倍率で微細な構造まで把握できるという長所が あるものの,その方法は血管の構造から血流状態を推 定する方法であるという短所がある。また従来の蛍光 造影法では, 複雑な脈絡毛細管板を解析するには解像 力が充分でなかったり,高速度連続撮影でないために、 脈絡毛細管板の循環動態を把握するためには、眼圧を 上げて,循環速度を遅くしなければならない等7).問題 点も多かった. 我々は, 脈なし病での脈絡膜循環の遅 延に注目し, 脈絡膜相から静脈相まで同一部位の連続 蛍光造影を行った.その結果,高解像力の連続写真を 得ることに成功し、さらに、これをコンピューター解 析することにより, 複雑な脈絡毛細管板の循環動態を 明瞭に表示することができたので報告する。

II 方法と対象

過去10年間に群大病院眼科外来および,深谷日赤病 院を受診した典型的な脈なし病のうちで,網膜症のあ る13例25眼を対象とした(表1).年齢は平均35歳,観 察期間は、最低1年から最長11年2ヵ月,平均4年1 カ月であった.蛍光造影法は、キャノン60Zを用いて正 肘静脈に5mlのフルオレセインナトリウムを注射後, 後極部を中心に、眼底の造影開始前から撮影を開始し、 脈絡膜相から静脈相に至るまで、36枚の連続撮影を 行った.撮影は、初期は秒1齣で行い、静脈相以降は 数秒に1齣とした.後極部撮影後はフィルムを交換し、 眼底の広い範囲の撮影を行って、これをつなぎ合せる ことにより、眼底全体の網膜症の検索を行った.得ら れた後極部のフィルムを四つ切りに拡大して、脈絡毛 細管板の循環動態を検索すると共に、コンピューター 解析装置により、疑似立体を構成した。

コンピューター解析には、ニコン社製コスモゾーン 98を用いた.この装置は、システム1とシステム2に 分かれ、システム1に入力した連続の平面図形を、シ ステム2で垂直座標軸を設定することにより、立体構 成ができるようになっている.システム2では、立体 図形の縮小拡大、回転、任意断面での切断、色分け、 重ね合せ等の三次元図形処理が可能で、三次元表示さ れた画面は、プリンターもしくはプロッターで、ハー ドコピーとして記録できるようになっている.

コンピューター解析の手順としては、まず、四つ切 り写真の脈絡毛細管板の特定部位に注目し、造影時間 の早い順から、システム1にデジタイザーによる入力 を行った。入力倍率としては、視神経乳頭の直径を1.5 mmとしてスケール入力した。平均8枚の連続写真を

	症例		性	年齢 (歳)	罹病歴 (年) -	病 期*		網膜中心動脈圧 (mmHg)	
						右	左	右	左
1.	SS	826972	女	23	4	3	4	55/31	34/ 0
2.	ΙS	810875	女	33	2	3	3	31/19	23/12
3.	$\mathbf{K}\mathbf{Y}$	833471	女	22	3	2	2	61/34	61/36
4.	HM	770203	女	14	3	2	2	45/20	46/25
5.	KT	771497	女	28	3	4	4	58/48	58/48
6.	$\mathbf{M}\mathbf{M}$	786015	女	24	6	2	2	41/15	40/20
7.	KT	831708	女	49	6	2	2	76/51	77/54
8.	SS	854427	女	57	7	2	2	77/53	82/53
9.	${ m MF}$	857638	女	48	11	2	2	79/32	72/22
10.	AM	856375	女	34	1	2	2	60/30	60/34
11.	ΝY	866293	女	53	13	2	2	39/ 0	37/0
12.	ΚT	846695	女	42	8	2	2	30/20	31/20
13.	HN	874225	女	27	1	2	2	52/35	53/36

表1 症例

*: 宇山の分類. 1: 血管拡張期 2: 毛細血管瘤期 3: 血管吻合期 4: 合併症期

176 - (1898)

入力後,システム2にデータを変換させた(データコ ンパート).システム2では,造影時間の一番早い図形 を垂直座標軸(Z軸)の0mmとし,刻み幅,0.05mm で造影時間順に入力して,疑似立体を構成した.なお 蛍光造影の連続写真は,秒1齣なので,この疑似立体 の刻み幅0.05mmは,1秒に相当する.

疑似立体の図形処理としては、まず拡大を行い,次 に立体図形の傾斜に応じて斜線を入れて、立体感をだ した.その後、X軸、Y軸、Z軸方向に回転させ、そ れぞれの方向から観察を行った.必要に応じて、短後 毛様動脈の図形は消去した.使用可能な8色のうち、 黄色、水色に着色した疑似立体をそのまま35ミリカ ラースライドで撮影した.

III 結 果

25眼すべてで, 脈絡膜循環は遅延し, 脈絡毛細管板 の小葉状造影が確認された(図1). うち9例18眼に小 葉状造影に先行する点状蛍光があった(図2). 循環遅 延の著しい3例5眼(症例1, 2, 11)で, 疑似立体 の構成が可能であり, 以下の知見が得られた(図3, 日眼会誌 92巻 11号

4).

1) 網目状の血管がまず造影される.これは短後毛様 動脈の分枝と考えられる.

2) 次いで,この網目状血管の一部が,強く点状に造 影される.

3) この点状蛍光は連続的に拡大し、小葉状になる.

4) 網膜の蛍光が脈絡膜蛍光を覆い隠すまでの間,この小葉状の蛍光相互間の境界部は、やや低蛍光を示す.

上記の造影順序のうち、2)から4)までの時間, すなわち、点状蛍光から境界部の造影までの時間を、 循環単位造影時間とすると、その時間は、網膜症の軽 症例では、2~3秒(例外は症例11右眼の9秒)、重症 例では、5~14秒であった(表2).また1)と2)の 間隔は極めて短く、脈絡毛細管板の造影の開始時点で 既に1)と2)が合併した形、すなわち点状蛍光を持 つ網目状血管として造影されるものも多かった。 図3の部位の蛍光造影所見をコスモゾーン98のシス テム1にデジタイザー入力した(図5).入力データは 症例1の静注後17秒から24秒で、25秒以降はほぼ同様 なので省略した。疑似立体として表現すると脈絡毛細



図1 症例1の脈絡膜相 右眼. 静注後23秒. 脈絡膜循環が遅延し, 脈絡毛細管板の 小葉状造影が明瞭である. この症例の腕一脈絡膜循環時間は17秒, 腕一網膜循環時 間は20秒である. 太矢印部の拡大を図3に, 細矢印部の拡大を図4に示す.

昭和63年11月10日

脈なし病での脈絡毛細管板の循環動態・田中他

177 - (1899)



図2 症例2の脈絡膜相 右眼. それぞれ静注後, 左 上:15秒, 右上:16秒, 左下:18秒, 右下:21秒. 矢印の点状蛍光は, その後, 小葉状に拡大している. この症例の腕一脈絡膜循環時間は14秒, 腕一網膜循 環時間は16秒である. バーは1乳頭径を示す.



図3 図1の太矢印部の拡大.それぞれ静注後,左上: 18秒,右上:19秒,左下:21秒,右下:23秒.
1)まず,短後毛様動脈の分枝が造影される.2)ついで,この中の一部が強く点状に造影される(矢印).
3)この点状蛍光は,連続的に拡大し,小葉状になる.
4)この小葉状の蛍光相互間の境界部はやや低蛍光を示す.バーは1乳頭径を示す.



図4 図1の細矢印部の拡大.それぞれ静注後,左上: 18秒,右上:19秒,左下:21秒,右下:23秒.短後 毛様動脈の分枝の造影とほぼ同時に,やや大きな点 状蛍光が造影されている.その後,連続的に拡大し 小葉状になる.バーは1乳頭径を示す.

表 2

1+: Dil	循環単位造	影時間*(秒)	循環単位の大きさ (CD)		
fil: 190	右	左	右	左	
1	7	14	$1/4 \sim 1/3$	$1/4 \sim 1/3$	
2	5	8	$1/4 \sim 1/3$	1/4	
3	2	2	1/3	1/3	
4	3	3	$1/3 \sim 1$	1/3	
6	3	3	1/3	1/3	
10	3	3	$1/4 \sim 1/3$	1/4	
11	9	3	1/4	1/4	
12	3	3	1/3	1/4	
13	3	3	$1/3 \sim 1/2$	1/3	

*:点状蛍光から境界部の造影までの時間

管板の造影は、2)を頂上とする山の形になる. 立体 感をだすために、山の傾斜に応じて斜線を入れて斜め から観察する(図6). 短後毛様動脈を消去して脈絡毛 細管板のみの図形とし、角度を変えて観察すると、こ の疑似立体の形が明瞭になる(図7).この山の頂上は、 短後毛様動脈から脈絡毛細管板への流入部と考えられ る. 頂上の白い点とその次の脈絡毛細管板の図形との 間には、きれいな斜線が入れがたい. 観察方向を変え て横から見ると、この山の傾斜が、より明瞭になる(図 8). この山の傾斜は、脈絡毛細管板の造影が徐々に拡

図5 図3の部位の蛍光造影所見をデジタイザー入力 したもの. 短後毛様動脈と点状蛍光は白色とした. 25秒以降は,ほぼ同様なので省略した.



図7 短後毛様動脈を消去して, 脈絡毛細管板のみの 図形としたもの. この山の頂点は短後毛様動脈から 脈絡毛細管板への流入部と考えられる.



図9 図4の部位の蛍光造影所見から作成した疑似立 体.入力データは17秒から24秒である. 短後毛様動 脈と点状蛍光は白色とした.

日眼会誌 92巻 11号



図6 図5を疑似立体化したもの. 立体感をだすため に、山の傾斜に応じて斜線を入れた.



図8 図7を横から観察したもの.この山の傾斜は, 脈絡毛細管板の造影が徐々に拡大してゆく様子を示 していると考えられる.



図10 図9から短後毛様動脈を消去して,別の角度か ら観察した.脈絡毛細管板の流入部と考えられる白 色点は、ほぼ中心にある.

大してゆく様子を示していると考えられる. この一つ の山の境界部を, 脈絡毛細管板の一つの循環単位とす ると, その大きさは, 約1/4~1/3乳頭径(DD)である. 図4の部位での脈絡毛細管板の解析結果を, 水色にし て示す. 短後毛様動脈と山の頂上は, 白色とした(図 9).この部位の短後毛様動脈の形は,より複雑である. 脈絡毛細管板の流入部と考えられる白色点は, ほぼ中 心にある(図10). 一つの循環単位の大きさは, 18眼で の計測では, 約1/4~1/3DD のものが多く, 最小1/4 DD, 最大1DD であった(表 2).

IV 考 案

脈絡毛細管板は、網膜色素上皮や視細胞を含む外層 に血液を供給する重要な毛細血管である。解剖学的に は、一枚の連続的な毛細血管であり、人体内では特異 な存在である。循環機能的には、Hayreh が蛍光造影の 手法により、一つ一つの循環単位に分かれていること を示した⁷⁾. Torczynski らは、伸展標本を用いて、脈 絡毛細管板の構造を詳細に検討し、一つの小葉の大き さを計測した⁵⁾. その後、組織学的な検索⁰¹⁴⁾や、血管 鋳型による検索^{9)~14)}が進み、短後毛様動脈の分枝か ら、脈絡毛細管板に至る構造等が次第に明らかになっ てきた.特にメルコックス樹脂による、この部の観察 は有力で、3次元的に明瞭に表示されている.これら の解剖学的な検索は、微細な構造まで観察可能である という長所を持つものの、血管の構造から循環機能を 推定しなければならないという短所を持っている.

循環動態を検索する目的では、血管造影が秀れてい るが、脈絡膜の造影は、普通は、数秒以内のごく短い 時間であるために、通常の蛍光造影では困難である。 Hayreh は、このため、眼圧を上げた猿を用いて、灌流 圧 (perfusion pressure)を下げることにより、血流速 度を遅くして、蛍光造影を行っているⁿ.その結果、脈 絡毛細管板の小葉状の造影 (lobular pattern)を明瞭 に示すことができた.この業績は、その後の脈絡毛細 管板の研究のスタートとも言えるもので、画期的であ る.しかし、眼圧を上げて、血流速度を遅くした猿の モデルは、眼底疾患のモデルというより、緑内障類似 の循環状態と言える.また、その蛍光造影の解像度も 現在のレベルから見れば相当低いものになっている.

病的状態の脈絡毛細管板を考えるためには、人眼で、 高解像力の高速度、連続撮影をするか、あるいは、現 在の高解像度カメラで、血流速度の遅い疾患を対象と するのが望ましいと思われる.高速度眼底カメラとし ては、過去に秒24齣のシネアンジオグラフィーの報告 があり¹⁵⁾、当科にも秒8齣,秒3齣の高速度眼底カメラ がある.しかし、今回の目的である脈絡膜相を明瞭に とらえるには、操作性および解像度の面で不十分であ る.現在の眼底カメラで最も解像力の高いものの一つ は、我々が用いたキャノン60Zである.

対象疾患としては、脈なし病は、以下の点で合目的 性がある.本症では、大動脈弓起死部の主要分枝の狭 窄があり、眼動脈自体に来る血流が少なく、このため 網膜中心動脈のみならず、脈絡膜血管系にも血流の遅 延がある.さらに血流速度が遅いだけでなく、眼内に は、直接の炎症がないと確認されている極めて変数の 少ない疾患である¹⁶⁾¹⁷⁾.さらに、本症の脈絡膜循環に関 する知見は、極めて乏しくこれを検索すること自体に も充分な意義がある.

脈なし病での循環動態の検索では、従来は、腕一網 膜循環時間,腕一脈絡膜循環時間¹⁸⁾が主なパラメー ターであった。今回我々は、脈絡膜相の連続蛍光造影 を用いて、脈絡毛細管板の循環単位の大きさと、その 造影時間を計測することにより、眼内循環の速さの定 量を試みた。我々は、既に脈なし病の網膜症を連続蛍 光造影法により、解析している^{19/20)}.この時には、蛍光 色素の先端 (dye bolus)を追跡して、その経過を追う ことにより、網膜動静脈短絡の形成過程の解析に成功 した.

しかし、今回の脈絡毛細管板の連続蛍光写真は複雜 で、また、写真自体の解像度は良いものの、脈絡膜相 の蛍光自体が動脈相以降に比べて薄いため、写真その ものを表示するだけでは、充分な説得力を持たないか もしれないと考えた。そこで、脈絡膜相の多数の連続 写真の特定部位(ここでは、一つの脈絡毛細管板の小 葉)に注目して、これを合成することを考えた(症例 1、2、11)。しかし、写真の数が多くなると合成も困 難になるばかりでなく、前後の秒数にほとんど差がな いため、お互いの図形が重なりあう場合もでてきた。

そこで、さらに、新しい手法として開発したのが、 疑似立体法である。3次元座標のZ軸に時間を入力し て、つぎつぎに2次元図形を入力してゆけば、違いの 少ない図形も、表示できる可能性がある。ニコン社製 コスモゾーン98は本来、解剖における連続切片から立 体構築することを目的に開発された、3次元図形解析 システムである。例えば、これを用いることにより、 脳の連続切片から、脳室の3次元表示をしたり、また その容積を計測したりすることができる。我々は、こ 180-(1902)

のシステムの上記の疑似立体を作る目的に使用した.

連続蛍光造影の結果、25眼すべてで、脈絡膜循環が 遅延し,脈絡毛細管板の小葉状造影が得られた(図1). うち9例18眼で点状蛍光が確認され(図2),循環単位 造影時間が計測された(表2). うち3例5眼で先に述 べた、1)~4)の結果が得られた(図3,図4).こ れらの蛍光写真の解像度は秀れており,四つ切りに拡 大して、毛細血管レベルの解析が可能であった。しか し、単に四つ切り写真を比較検討しただけでは、短後 毛様動脈の造影と,脈絡毛細管板の造影を識別するこ とが困難の場合があった。2)の点状蛍光が3)の開 始点であるか否かは, なんども四つ切り写真の同一部 位を比較する必要があった. さらに、4)の境界部を 確定するためには、2、3)の所見にもどらなければ ならないことが多かった、これらの作業は、各症例の 1眼あたり、36枚以上の四つ切り写真のうち、適当な 15枚位を選んで行なわれた.

以上の試行錯誤的な作業の結果,同定された短後毛 様動脈と脈絡毛細管板の連続蛍光写真を, コスモゾー ン98で疑似立体として表示した(図5~10). この疑似 立体の山の頂上は、 短後毛様動脈から脈絡毛細管板へ の流入部と考えられる。山の頂上の点と、その次の脈 絡毛細管板の図形との間には、きれいな斜線が入れが たかった (図7, 10). この結果は, 流入部の造影と, 脈絡毛細管板の造影との間の時間が極めて短かった か,それとも、それぞれの形態に類似性がなかったか、 どちらかの可能性を示している. これまで知られてい る伸展標本,血管鋳型等の所見を加味して考慮すると、 この流入部の造影は, 輸入細動脈の開口部の可能性が ある. ただし, いくら循環速度が遅いといっても, 秒 1 齣の蛍光造影では、その間の造影をとらえきれない かもしれないので, 蛍光造影の所見から解剖を推定す るのは危険である.

人眼での脈絡毛細管板の血管構築に関して,従来一 つの小葉の中心に細動脈があり,これを取り囲むよう に細静脈が存在する説と,中心に細静脈,周辺に細動 脈が存在する説があった²¹⁾.動物により差があり,猫, 牛では後者である²²⁾.猿,人では,前者であることが次 第に明らかになってきている.我々の結果でも,各小 葉に先行する点状の蛍光が連続的に拡大するという所 見が得られている(図2,3,4).この所見は,小葉 の中心に細動脈があるという説を裏づけるものであ る.

脈絡毛細管板の一つの循環単位の大きさは、約1/

4~1/3DDのものが多かった(表2). 脈絡毛細管板の 小葉構造の大きさについては、Torczynski らは、 620×830ミクロンと述べ5)、メルコックス樹脂による 血管鋳型では、直径600ミクロンと報告されている14)。 今回の我々の結果は、これらの報告より、やや小さい ものが多かった、この違いの理由は、明らかではない が、一つには、測定方法の違いによるものと考えられ る、Torczvnskiらは、細静脈から細静脈までの距離を 計測して上記の値を出している. 我々は, 小葉状の蛍 光相互間の境界部にやや低蛍光部があることを確認し た上で、その境界ぎりぎりを計測している、すなわち、 一つの循環単位とした境界部周囲の低蛍光部を除いた 計測値である. このため解剖学的な計測よりも小さい 値になった可能性がある.しかし実際の臨床で知りた い脈絡毛細管板の循環単位は、まさに我々の測定基準、 すなわち, 前述の1)~4)の条件を満たす機能的な 循環単位,言いかえれば疑似立体の山の境界部である。

一つの山の高さ、すなわち、点状蛍光から、蛍光相 互間の境界部までが造影される時間は、軽症例では、 3秒以下,重症例では、5~14秒であった。例外もあ るが、網膜症の重篤な例では、脈絡膜の循環も著しく 遅延していると言える。

疑似立体法の問題点としては、以下の点が考えられ る.まず、デジタイザー入力に伴う誤差が起りうる可 能性がある.次に Z 軸の刻み幅をどのようにとるか で、構築される立体図形の印象が違ってくる.また Z 軸のどこに入力(データコンバート)するかで全く、 異なった図形になる.我々は、短後毛様動脈を Z 軸の 0 mm に入力したが、これは、その後の図形処理で短 後毛様動脈を消去する目的があったからである.

これらの問題点を持ちながらもこの新しい解析法 は、素晴らしい可能性に満ちている。例えば、コスモ ゾーン98では、約100枚の2次元図形を、3次元構築に より、同時に表示することができる。この機能は、今 回使用した、データよりも遙かに多くのコンピュー ター解析ができるということである。また臨床で大切 な、経過を追うという作業が、疑似立体同志を比較す ることにより、可能になるであろう。さらにデジタル サプトラクション画像による疑似立体の構成が可能に なれば、デジタイザー入力に伴う誤差の問題も解決さ れるはずである。そうなれば、それぞれの疑似立体の 体積の計算をする事により、循環動態の経過を体積の 変化として把握できる可能性があると言える。

以上, 網膜症のある脈なし病では, 脈絡毛細管板の

循環遅延がほぼ必発である。9例18眼で脈絡毛細管板 の小葉状造影に先行する点状蛍光を確認し、3例5眼 で疑似立体を構成することにより、脈絡毛細管板の循 環動態を明瞭に表示した。また、脈絡毛細管板の循環 単位は、その大きさが約1/4~1/3DDで、造影時間は、 2~14秒であった。

今回の脈なし病の連続蛍光造影所見は,正常眼を高 速度撮影して,スローモーション化したかのような所 見である.これらは,Hayrehのモデル,すなわち,眼 圧を上げて,血流速度を遅くした猿のモデルよりも, より臨床的であると言える.同様の循環動態は,正常 眼でも起きている可能性があり,この意味で本症は, 貴重な clinical model と考えられる.

最後に教室主任・清水教授のご指導ご校閲に深く感謝の 意を表します.

文 献

- 清水弘一: 蛍光眼底撮影法(その4): 高安氏病の 眼底循環動態の研究, 日眼 70:1260-1267, 1966.
- 2) Uyama M, Asayama K: Retinal vascular changes in Takayasu's disease (pulseless disease), occurrence and evolusion of the lesion, in De Laey JJ (ed): Doc Ophthalmol Proc Ser Hague, Dr W Junk Publishers, 549-554, 1976.
- Shikano S, Shimizu K: Atlas of Fluorescence Fundus Angiography. Philadelphia, WB Saunders Co, 87–103, 1968.
- Shimizu K: Microangiography of the ocular fundus. Tokyo, Igaku Shoin, 45-52, 1982.
- Troczynski E, Tso MOM: The architecture of the choriocapillaris at the posterior pole. Am J Ophthalmol 81: 428-440, 1976.
- 6) 小原弘夫:眼組織内の血管分布の研究(第4報).
 日眼 60:631-642,1956.
- Hayreh SS: The choriocapillaris. Albercht v Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol 192: 165 -179, 1974.
- Ashton N: Observation on the choroidal circulation. Br J Ophthalmol 36: 465-481, 1952.
- Shimizu K, Ujiie K: Structure of ocular vessels. Tokyo, Igaku Shoin, 17–19, 1978.

- Shimizu K: Segmental nature of angioarchtecture of the choroid, in Shimizu K (ed): XXIII. Concilium Ophthalmologicum Kyoto Acta Pars I. Amsterdam, Excepta Medica, 215 -219, 1979.
- Weiter JJ, Ernest JT: Anatomy of the choroidal vasculature. Am J Ophthalmol 78: 583 -590, 1974.
- 12)氏家和宣,羽生田俊:脈絡膜最周辺部および毛様 体血管の三次元的構築.日眼 81:662-677,1977.
- 13) 糸田川誠也,福味陽次,土井治道:脈絡膜血管構築の立体的観察.第1報.脈絡膜血管の正常形態について、とくに黄斑部脈絡膜血管の構築について.日眼81:678-687,1977.
- 14) Yoneya S, Tso MOM, Shimizu K: Patterns of the choriocapillaris, A method to study the choroidal vasculature of the enucleated human eye. Int Ophthalmol 6: 95-99, 1983.
- 15) Evans PY, Santoro J, Young C, et al: Arteriolar flow studies by retinal cine-angiography, in Shimizu K (ed): Fluorescein Angiography. Tokyo, Igaku Shoin, 27-31, 1972.
- 16) 生井 浩, 寿 尚義, 荒木誠一: 脈なし病(高安・ 大西病) 初期眼底変化の1 剖検例(予報). 臨眼 16:437-440, 1962.
- 17) Front RL, Nauman G: Ocular histopathology in pulseless disease. Arch Ophthalmol 82: 784-788, 1969.
- 18) 岡野 正, 堀内知光, 猿谷 繁他:糖尿病性網膜症 の循環動態(1). 日眼 77:386-391, 1973.
- 19)田中隆行,逸見知弘,栗根 裕:高安病での網膜血 管床閉塞と動静脈吻合の形成過程.臨眼 39:425 -431, 1985.
- 20) Tanaka T, Shimizu K: Retinal arteriovenous shunts in Takayasu disease. Ophthalmol 94: 1380-1388, 1987.
- Krey HF: Segmental vascular patterns of the choriocapillaris. Am J Ophthalmol 80: 198 -202, 1975.
- 22) 松坂利彦:細胞生物学的調節機構 A. 脈絡毛細管 板毛細血管の分葉構造:脈絡膜循環. 厚生社, 174 --177, 1986.