半導体レーザー眼内光凝固の網膜脈絡膜におよぼす影響に関する組織病理学的研究

水川 淳, 沖坂 重邦, Liu Guo Jing

防衛医科大学校眼科学教室

要 約

猿眼底に半導体眼内光凝固を施行し,網膜脈絡膜に惹起される形態学的変化を経時的に観察した.網膜障害 は弱度凝固で外網状層,中等度凝固で内顆粒層,強度凝固では神経線維層にまでおよんでいた.色素上皮細胞 には凝固直後凝固周辺部に変性が著明であったが,1カ月後には増殖を示していた.凝固直後の脈絡膜毛細血 管はどの凝固程度でも閉塞していたが,1カ月後弱度,中等度凝固では一部閉塞を認めるのみであった.脈絡 膜の変化は弱度凝固直後では浅層に認められたが,中等度凝固では深層にまで波及し,強度凝固では中等大の 血管の閉塞も認められた.凝固1カ月後の脈絡膜の線維化は凝固程度に従って増強していた.脈絡膜色素保有 細胞は弱度凝固1カ月後でかなり再生していたが,中等度,強度凝固ではマクロファージの残存が著明であっ た.半導体レーザー光凝固は網膜と同時に脈絡膜にも障害が強く起るので,網膜疾患よりも脈絡膜疾患に治療 の適応があると考えられた.(日眼会誌 95:114-122, 1991)

キーワード二半導体レーザー、眼内光凝固、網膜脈絡膜、組織病理学、猿

Histopathological Study on the Monkey Retina and Choroid by Diode Laser Endophotocoagulation

Atsushi Mizukawa, Shigekuni Okisaka and Liu Guo Jing Department of Ophthalmology National Defense Medical College

Abstract

The fundi of three cynomolgus monkeys were coagulated using a diode laser endophotocoagulator. The histopathological changes of the retina and the choroid were investigated periodically up to 3 months. The damage of the retina extended into the outer plexiform layer following mild burn, into the inner nuclear layer with moderate burn and into the nerve fiber layer on severe burn. The pigment epithelium proliferated with multiple layer cells $1\sim3$ months after the irradiation. The choriocapillaries were obstructed, regardless of the degree of burns, immediately after the irradiation, but recanaliculation was observed at the mild and moderate burns $1\sim3$ months after the irradiation. The effects on the choroid were localized to the inner layer following mild burn, but the damage extended into the outer layer with moderate burns. Following severe burns obstruction of the medium size vessels was observed. The fibrous changes of the choroid increased in accordance with the degree of the burn. The damaged melanophore in the choroid recovered considerably 1 month after the mild

(平成2年4月27日受付,平成2年5月21日改訂受理)

別刷請求先:359 所沢市並木3-2 防衛医科大学校眼科学教室 沖坂 重邦

Reprint requests to: Shigekuni Okisaka, M.D. Department of Ophthalmology, National Defense Medical College.

³⁻² Namiki, Tokorozawa-shi 359, Japan

⁽Received April 27, 1990 and accepted in revised form May 21, 1990)

平成3年2月10日

burn. On the other hand, many macrophages still remained in moderate and severe burn lesions. These results suggested that diode laser photocoagulation might be effective for the treatment of the choroidal diseases rather than retinal diseases, because diode laser photocoagulation produced the considerable change in the choroid as well as in the retina. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 95: 114-122, 1991)

Key words : Diode laser, Endophotocoagulation, Retina and choroid, Histopathology, Monkey

I 緒 言

750~850nm に波長を有する半導体レーザーを用い て網膜脈絡膜疾患の光凝固治療を行う場合,臨床上有 用と考えられる点がいくつかある.まず出力が0.5W 程度で,容易に運搬ができて,冷却水を必要としない 空冷の光凝固装置であれば,手術室内での眼内光凝固 には有用である¹⁾²⁾.1.0~2.0Wの出力をもつ光凝固装 置であれば,経瞳孔眼底光凝固にも充分に使用でき る³⁾.手術顕微鏡や細隙灯顕微鏡に防御フィルターを 組み込んだままで,機械的シャッターなどの機構を必 要としない点も装置を作る上で有利であり,術者も治 療中シャッターに邪魔されることなく連続して眼底の 透見が可能になる.さらに装置の価格も安価にするこ



- 図1 光凝固直後の眼底写真. ③弱度凝固, D中等度凝固, C強度凝固.
- 図2 光凝固後1週の実体顕微鏡写真. ⑧弱度凝固, ⑤中等度凝固, ⑥強度凝固.
- 図3 光凝固後1ヵ月. @弱度凝固, D中等度凝固, C強度凝固.
- 図4,5 弱度光凝固直後(トルイジン青染色,×130,×330). 凝固中央部では,脈絡 膜毛細血管に凝固血栓が形成され,脈絡膜血管層の色素保有細胞は軽度凝固され, 網膜色素上皮細胞から外顆粒層までが凝固壊死に陥っている. 凝固周辺部では,色 素上皮細胞が空胞変性に陥り,外節・内節が軽度凝固されている.

とが可能であるため開発途上国での普及に期待が掛け られている.

現在までに報告された半導体レーザー眼底光凝固の 組織病理学的検索では、クリプトンレーザーとほぼ同 様の凝固所見が得られたといわれている¹³³⁵⁹⁶. 今回 我々は半導体眼内光凝固装置によるカニクイザル眼底 の眼内光凝固斑の組織病理学的検索により、半導体 レーザーがクリプトンレーザー光凝固の適応と考えら れている疾患に同じように臨床応用が可能であるかを 検討したので報告する.

Ⅱ 方 法

カニクイザル3匹6眼の眼底をニデック社製DC-1000光凝固装置を用いて眼内光凝固した.麻酔には塩酸ケタミンの筋肉注射を用いた.上方角膜輪部より約 2.5mmの位置に20ゲージの創を作り,先端のファイ バー径400µm光凝固ブローブを硝子体内に挿入し,角

膜にコンタクトレンズを装用させ、後極部眼底を直視 下で眼内光凝固した、凝固条件は凝固時間0.2秒,出力 0.4Wと一定に保ち、プローブと網膜の距離を調節し て、凝固強度は淡い白色凝固斑が出るものを弱度,明 **瞭**な白色凝固斑が出るものを中等度、リングに囲まれ た明瞭な白色凝固斑の出るものを強度凝固と規定した (図1)、同一時期に同一眼に凝固程度の異なる凝固斑 を5~10個ずつ作成した。凝固直後,1週,1カ月, 3カ月に眼球を摘出後過量のペントバルビタールを静 脈注射し心停止を起こさせ、動物を屠殺した. 毛様体 扁平部で半切した眼球を2.5%ホルマリン, 2.0%グル タールアルデヒド混合液(燐酸緩衝液 pH 7.2) で24時 間前固定,細切した凝固部を1%四酸化オスミウムで 1時間後固定, アルコール系列にて脱水, エポン樹脂 に包埋した. 凝固部を通る1µm 厚の連続切片を作成 し、 凝固中央部のトルイジン青染色を行い, 光学顕微 鏡で観察した、時期、程度の異なる凝固斑について3



 図6,7 中等度光凝固直後(トルイジン青染色,×80,×330). 凝固中央部では,脈 絡膜毛細血管に凝固血栓が形成され,脈絡膜血管層の色素保有細胞が中等度凝固され,網膜色素上皮細胞から内顆粒層までが凝固壊死に陥っている. 凝固周辺部では, 色素上皮細胞が空胞変性に陥り,外節・内節,外顆粒層にも変性が軽度みられる.
 図8,9 強度光凝固直後(トルイジン青染色,×50,×330). 凝固中央部では,脈絡 膜毛細血管に凝固壊死が強く起こり,脈絡膜血管層の色素保有細胞の凝固壊死が著 明である.網膜は色素上皮細胞から神経線維層まで凝固されているが,内顆粒層の 空胞変性が著しい. 凝固周辺部では,色素上皮細胞が空胞変性に陥り,内節・外節, 外顆粒層も中等度凝固され脈絡膜毛細血管にも凝固血栓が形成されている.

平成3年2月10日

~5個ずつ切片を作製した.また,時期,程度の異な る凝固斑について代表的な1個ずつの凝固中央部の超 薄切片を作成し,酢酸ウラン・クエン酸鉛二重染色を 行い,電子顕微鏡で観察した.

III 結 果

1. 眼内光凝固直後

1)弱度凝固(図4,5):網膜への影響は外顆粒層から外網状層にまでおよんでいた。凝固中央部では外顆粒層には空胞変性,核濃染が起こっており,外節,内節は凝固壊死に陥っていた。凝固周辺部では,外節・内節の軽度凝固と外顆粒層の核濃縮が認められた。網膜色素上皮細胞には,凝固周辺部の空胞変性,中央部の凝固壊死が観察された。凝固中央部の脈絡膜毛細血管は凝固血栓による閉塞を示していたが,周辺部では開存していた。脈絡膜の色素保有細胞には凝固の影響

が最も著明に現われており,メラニンの凝固により色 素保有細胞は円形に変形していたが,中等度の大きさ の血管には血栓形成は認められなかった.

2) 中等度凝固(図6,7):内顆粒層にまで凝固破 壊がおよんでいたが,外顆粒層,外網状層の破壊が最 も著明であった.凝固中央部では脈絡膜毛細血管は閉 塞していたが,網膜色素上皮細胞の凝固壊死は軽度で あった.凝固周辺部の色素上皮細胞の空胞変性,外顆 粒層の核濃縮も認められた.脈絡膜の色素保有細胞の 変化は弱度凝固よりやや強くなり,中等大の血管に凝 固血栓形成が認められた.

3)強度凝固(図8,9):凝固中央部の網膜には神 経線維層にまで凝固の影響がおよんでいた。凝固周辺 部では色素上皮細胞の空胞変性,外節・内節,外顆粒 層までの凝固壊死が観察された。凝固中央部では色素 上皮細胞の凝固壊死は中等度凝固より著しくなり,外



- 図10,11 弱度光凝固1週間後(トルイジン青染色,×80,×330)。凝固中央部では, 脈絡膜毛細血管は閉塞し,脈絡膜血管層にはメラニンを貪食したマクロファージが 集簇している。色素上皮細胞は層状に増殖し,外節・内節・外顆粒層は消失してい る。凝固周辺部では,色素上皮細胞は増殖している。
- 図12,13 中等度光凝固1週間後(トルイジン青染色,×80,×330). 凝固中央部では, 脈絡膜毛細血管は閉塞し, 脈絡膜血管層にはメラニンを貪食したマクロファージが 集族し,血管壁が収縮したようになっている.色素上皮細胞は層状に増殖し,外節・ 内節,外顆粒層,外網状層は消失し,メラニンを貪食した大きな細胞が内顆粒層ま で遊走している. 凝固周辺部では,色素上皮細胞は層状に増殖し,網膜下腔にメラ ニンを貪食した大きな細胞がみられ,外顆粒層が消失している。

節・内節から外網状層までの変化は軽度で内顆粒層に 著明な空胞変性が認められた.脈絡膜毛細血管は凝固 周辺部でも閉塞しており,脈絡膜の色素保有細胞の凝 固は,より著明になっており,凝固中央部の脈絡膜血 管の凝固も強く認められた.

2. 眼内光凝固1週間後

1) 弱度凝固(図10,11):外節・内節,外顆粒層が 消失し凝固中央部に向かって内顆粒層が陥没,直接色 素上皮細胞に接する状態を示していた.網膜色素上皮 細胞は増殖を示し,多層化していた. 凝固中央部では 脈絡膜毛細血管は閉塞しており,メラニンを貪食した 円形の細胞が多数集簇していた. 凝固周辺部でも色素 上皮細胞は層状に増殖していたが,脈絡膜毛細血管は 開存していた.

2) 中等度凝固 (図12, 13) : 凝固中央部では外節・

内節から内顆粒層までが消失し,網膜内層は凝固中央 部に向かって落ち込んでおり,内顆粒層まで多数のメ ラニンを貪食した大きな円形の細胞が網膜構成細胞欠 損部に集簇しているのが観察された.網膜色素上皮細 胞の増殖は著明で数層に重層化していた. 凝固中央部 では脈絡膜毛細血管は閉塞し,脈絡膜血管層にメラニ ンを貪食した円形の細胞の集簇が著明であった. 凝固 周辺部では,色素上皮細胞は層状に増殖し,網膜下腔 にはメラニンを貪食した大きな細胞がみられ,外節・ 内節,外顆粒層が消失していた.

3) 強度凝固(図14, 15): 凝固中央部では内顆粒層 までが消失しており, 網膜内に遊出している円形のメ ラニンをもった細胞はさらに増加していた. 網膜色素 上皮細胞の増殖多層化が著明で, 網膜下腔にも円形の メラニンを貪食した細胞の出現が観察された. 脈絡膜



- 図14, 15 強度光凝固1週間後(トルイジン青染色,×80,×330). 凝固中央部では, 脈絡膜毛細血管は閉塞し, 脈絡膜血管層にはメラニンを貪食したマクロファージが 集簇し, 血管壁の収縮が著明にみられる. 色素上皮細胞から内顆粒層までは消失し, メラニンを貪食したマクロファージがその部分に集簇している. 凝固周辺部では, 脈絡膜毛細血管腔は閉塞し, 色素上皮細胞は層状に増殖し, 外顆粒層は消失してい る.
- 図16, 17 弱度光凝固1ヵ月後(トルイジン青染色,×130,×330). 凝固中央部では, 脈絡膜毛細血管は一部閉塞し, 脈絡膜の色素保有細胞はかなり消失し, 線維化がみ られ, 血管壁も収縮している. 色素上皮細胞は一層に配列し, マクロファージが色 素上皮細胞の内側と外側にみられる. 外顆粒層のかなりの細胞が消失している. 凝 固周辺部では色素上皮細胞の増殖が軽度みられる.

平成3年2月10日

毛細血管は閉塞または消失しており, 脈絡膜血管層に メラニンを貪食した円形の細胞の集簇が著明で, 血管 壁の収縮も強く認められた. 凝固周辺部は中等度凝固 と同様であった.

3. 眼内光凝固後1カ月および3カ月

凝固後1カ月と3カ月はほぼ同様の所見であったので、ここでは1カ月の所見を述べる.

1) 弱度凝固(図16, 17, 22, 23): 凝固中央部では 外節・内節は消失し,外顆粒層の細胞の消失が著明で, 網膜色素上皮細胞は一層の配列に復していたが,網膜 下腔および色素上皮細胞下にはメラニンを貪食した細 胞が残留していた。凝固周辺部では外節・内節の消失, 外顆粒層の細胞の一部消失がみられた。凝固中央部で は脈絡膜毛細血管は一部閉塞していたが,周辺部では 開存しているのが認められた。脈絡膜にはメラニンを 貪食した円形の細胞の集簇は認められなかったが,線 維化が起こっていた.

2) 中等度凝固 (図18, 19): 凝固中央部では内顆粒 層までが消失し、メラニンを貪食した細胞の網膜内へ の遊走は弱度凝固よりも強かった. 網膜色素上皮細胞 の増殖多層化は存続しており、脈絡膜毛細血管は弱度 凝固と同じく凝固中央では一部閉塞していたが、周辺 部では開存しているのが認められた. 脈絡膜における メラニンを貪食した細胞群の集簇は残存しており、線 維化の程度も増加していた.

3) 強度凝固(図20, 21, 24, 25): 凝固部中央では 網膜のグリオーシスが著明で、メラニンをもった細胞 の遊走も神経線維層にまでおよんでいた。網膜色素上 皮細胞の多層化は数層のまま残り、網膜下腔にもメラ ニンを貪食した細胞が残存していた。脈絡膜毛細血管



図18,19 中等度凝固1ヵ月後(トルイジン青染色,×130,×330). 凝固中央部では, 脈絡膜毛細血管は大部分閉塞し, 脈絡膜血管層にメラニンを貪食したマクロファージが多数集簇し,血管壁は収縮している.色素上皮細胞は層状に増殖し,マクロファージが色素上皮細胞から内顆粒層まで遊走している。外節・内節,外顆粒層, 内網状層,内顆粒層は消失している。凝固周辺部では色素上皮細胞が増殖している。
図20,21 強度凝固1ヵ月後(トルイジン青染色,×130,×330). 凝固中央部では, 脈 絡膜毛細血管は大部分消失し, 脈絡膜血管層にはメラニンを貪食したマクロファージがまだみられるが,線維化が著明で,血管もほとんど消失している。色素上皮細胞は層状に増殖し,マクロファージが色素上皮細胞層から神経線維層にまで遊走している。網膜の細胞はミュラー細胞以外は消失している。凝固周辺部では、色素上 皮細胞が増殖し, 脈絡膜の線維化も軽度みられ, 外顆粒層は消失している。 119



図22, 23 弱度光凝固1ヵ月(×2,700,×3,400). 網膜下腔にはメラニンを多量に貪 食したマクロファージが集簇している. ブルッフ膜(BM)に接した網膜色素上皮細 胞には多数のライソゾームがあり, 基底膜嵌入はほとんど形成されていない. 脈絡 膜浅層には有窓(矢印の)内皮細胞(En)をもった毛細血管が認められるが, 線維 芽細胞の増生も目立つ.

図24, 図25 強度光凝固1ヵ月(×2,700). ブルッフ膜(BM)の上にある網膜色素上 皮細胞にはライソゾーム,ミトコンドリアが豊富にみられるが,基底膜嵌入は形成 されていない. 脈絡膜は浅層,深層ともに線維芽細胞の増生が著明で,メラニンを 貪食したマクロファージも豊富にみられる.

の閉塞は中等度凝固より強く大部分が閉塞していた が,周辺部では開存していた.脈絡膜のメラニンを貪 食した細胞の集簇は存続していたが,線維化も脈絡膜 全層におよび,中等度凝固より顕著であった.

IV 考 按

半導体レーザー眼内光凝固装置を使い、カニクイザ ル眼底を眼内光凝固し、凝固直後、1週、1カ月、3 カ月に網膜脈絡膜に惹起された組織病理像を観察し た. 凝固直後の網膜への凝固の影響は弱度凝固で外顆 粒層、外網状層、中等度凝固で内顆粒層、強度凝固で は神経線維層にまでおよんでいた. 凝固後1ヵ月では 弱度擬固で外顆粒層までが、中等度凝固では内顆粒層 までが消失し、強度凝固ではほぼ網膜全層の層構造が 消失していた。網膜色素上皮細胞はいずれの凝固程度 でも凝固直後は凝固周辺部の方が中心部よりも強く変 性していたが、凝固後1カ月には増殖、重層化が顕著 であった。脈絡膜毛細血管は凝固直後はいずれの凝固 程度でも凝固中央部では閉塞を示していたが、凝固後 1カ月には、弱度凝固、中等度凝固では一部分閉塞し、 強度凝固では大部分閉塞していた。脈絡膜の変化は弱 度凝固直後では脈絡膜毛細胞血管板と血管層の浅層に 現われていたが、中等度強度凝固では血管層深層にも および、強度凝固では中等大の血管の閉塞も認められ 半導体レーザー(810nm)光凝固



図26 半導体レーザー光凝固直後および1ヵ月後の組 織病理所見を総括した模式図.網膜色素上皮細胞お よび脈絡膜色素保有細胞の凝固熱が矢印のように網 膜に波及して,網膜障害が惹起される可能性を示し ている.

た. 脈絡膜の色素保有細胞の凝固が著明で, 凝固壊死 細胞を貪食するマクロファージの集簇は1週後で著明 となり,その後は減少していった. 凝固後1ヵ月弱度 凝固では脈絡膜の色素保有細胞の状態はほぼ正常に復 していたが,軽度の線維化が起こっていた.中等度凝 固ではこれに加えてマクロファージがまだ残存し,線 維化も増加しており,強度凝固では線維化と血管閉 塞・消失はさらに著明となっていた.

半導体レーザーの網膜脈絡膜光凝固機序を組織病理 像から考えてみると、網膜色素上皮細胞および脈絡膜 色素保有細胞に熱凝固が起こり、この際発生する熱エ ネルギーが光凝固周辺部より凝固部直上の網膜に伝わ り、中心部で合致し、網膜内層に熱凝固が起こるもの と考えられる.これを模式図にしたのが図26である. すなわち、熱エネルギーが弱ければ、網膜外顆粒層〜外 網状層まで凝固される.中等度のエネルギーであれば 内顆粒層まで凝固されるが、凝固周辺部よりまわった 熱エネルギーは外顆粒層で合致し最も強く空胞変性が 惹起され、外節・内節は島状に凝固の影響が最も弱い ところとして残される.同様に,強力な熱エネルギー が発生する強度凝固では神経線維層まで凝固される が,凝固周辺部よりまわった熱エネルギーは内顆粒層 で合致し最も強く空胞変性が惹起され,それより外側 の網膜は凝固の影響が弱いところとして島状に残され る.

今回使用した半導体レーザーの波長は810nm であ り,アルゴンレーザー(青緑)の488nm.クリプトンレー ザー(赤)の647nmよりはるかに長い波長をもつが、 網膜障害はアルゴンレーザーよりやや強く、クリプト ンレーザーよりかなり強くなっており,弱度凝固でも 外網状層まで障害がおよぶことが判明した。半導体 レーザーよりさらに長い1.064nmの波長をもつ連続 波Nd:YAG レーザーの場合は弱度凝固と中等度凝 **固の網膜障害は半導体レーザー同程度であるが、 強度** 凝固では神経節細胞層までの凝固という点では Nd: YAG レーザーの方が少し弱いと考えられる718). 脈絡 膜への凝固効果という点からみるとアルゴンレー ザー、クリプトンレーザーと比較して、網膜色素上皮 細胞でのエネルギー吸収が少なく、脈絡膜への深達性 が高いと報告されてきた8)9)通り、脈絡膜血管閉塞、線 維化は著しく強く起こってくる.

凝固直後において網膜色素上皮細胞の凝固壊死は著 明なものではなく,脈絡膜毛細血管の閉塞が認められ たことは脈絡膜色素保有細胞の熱凝固によるものと考 えられ,より波長の長い Nd:YAG レーザーにおける 所見とも一致している¹¹¹⁰.ただ光凝固後1ヵ月では 凝固中央部において脈絡膜毛細血管の再生が弱度・中 等度凝固において連続波 Nd:YAG レーザー光凝固 より強く起こっている.定量的解析は行っていないが, Nd:YAG レーザー眼内光凝固より血管の再生が早 いように思われる.アルゴンレーザーと比較するとク リプトンレーザーの方が脈絡膜毛細血管の閉塞が長期 にわたり継続すると報告されているが¹¹⁰,レーザーの 波長,さらに凝固程度と脈絡膜毛細血管の閉塞期間の 関係はさらに長期経過をみて検討する必要があると思 われる.

半導体レーザーの脈絡膜への凝固効果のうち,可視 領域に波長を有するレーザーと比較し顕著であるのは 線維化である.弱度凝固においても線維化を惹起させ ることが可能になっていることは,半導体レーザーが 脈絡膜疾患,特に網膜下新生血管や脈絡膜腫瘍の治療 に有効であることを示す所見と考えられる.いいかえ れば,半導体レーザー光凝固は網膜障害と同時に脈絡 膜障害も強く惹起するので,網膜疾患の治療には適応 となり難いとも考えられる.

半導体レーザーは高効率,小型軽量による可搬性を 利用して硝子体手術中における眼内光凝固を行うこと は有用であるが,その凝固特性を考慮して症例を選び, 特に硝子体出血を伴った新生血管黄斑症,脈絡膜腫瘍 の治療に適用できれば最も適切な使用方法であると考 えられる。

文 献

- Puliafito CA, Deutsch TF, Boll J, et al: Semiconductor laser endophotocoagulation of the retina. Arch Ophthalmol 105: 424-427, 1987.
- 田野保雄,池田恒彦,真鍋禮三,他:半導体レー ザー眼内光凝固装置.眼科手術 2: 145-150, 1988.
- Brancato R, Pratesi R: Application of diode lasers in ophthalmology. Laser Light Ophthalmol 1: 119-129, 1987.
- 4) Brancato R, Pratesi R, Leoni G, et al: Retinal photocoagulation with diode laser operating from a slit lamp microscope. Laser Light Ophthalmol 2: 73-78, 1988.
- 5) McHugh JPA, Marshall J, Caponetal M: Transpupillary photocoagulation in the eyes of

rabbit and human using a diode laser. Laser Light Ophthalmol 2: 125—143, 1988.

- 6) McHugh JPA, Marshall J, Hamilton AM, et al: Macular photocoagulation of human retina with a diode laser: A comparative histological study. Laser Light Ophthalmol 3: 11 -28, 1990.
- 水川 淳, 沖坂重邦:連続波 Nd: YAG レーザー 眼内光凝固により家兎網膜脈絡膜に惹起された形 態変化の観察. 眼紀 40:1134-1139, 1989.
- 8) Wohlbarsh ML, Walsh AW, George G: Melanin, an unique biological absorber. Appl Optics 20: 2184-2186, 1981.
- Brancato R, Pratesi R, Leoni G: Semiconductor diode laser photocoagulation of human maliganant melanoma. Am J Ophthalmol 107: 273-279, 1989.
- 10) 玉城宏一, 沖坂重邦, 鹿島佳代子, 他:Nd:YAG レーザー連続波およびQスイッチパルス連続波 による光凝固の網膜脈絡膜に及ぼす影響に関する 形態学的研究. 日眼会誌 89:22-39, 1984.
- 11)加藤直子,大熊 紘,宇山昌延:アルゴンレーザー とクリプトンレーザーの網膜脈絡膜への凝固効果 の検討.1.光凝固後早期の光学顕微鏡所見.日眼 会誌 89:1294-1300,1985.