

Thulium-Holmium-Chromium-doped YAG レーザー・ スクレロストミー

原 岳¹⁾, 安達 京²⁾, 白土 城照¹⁾

¹⁾東京大学医学部眼科学教室, ²⁾三井記念病院眼科

要 約

難治性緑内障患者 40 眼に対して Thulium-Holmium-Chromium-doped (THC) YAG レーザー・スクレロストミー-ab externo を行った。術前眼圧は最大忍容薬物量法で 21~50 mmHg (平均値±標準偏差: 33±18.6) であった。全例で房水流出路が形成され、術直後から濾過胞が形成された。穿孔に要したエネルギーは 0.2~12.9 (3.9±2.4) mJ であった。術後経過観察期間は 3~18 (9±4) か月であった。生命表法解析による眼圧コントロール成績は術後 6, 12 か月で各々 54, 46% であった。術後眼圧コントロール良好例での最終観察日における眼圧は 0~18 mmHg (12.3±2.4) であった。

術後合併症として角膜皺襞 (全例), 脈絡膜剥離 (12 眼), 前房出血 (10 眼), 虹彩嵌頓 (4 眼) を認めた。角膜皺襞による術後乱視は全例無治療で 3 か月以内に消失した。虹彩嵌頓による眼圧上昇例に対し Nd-YAG レーザー虹彩整復術を行い, 2 眼で眼圧コントロールを得た。他に重篤な合併症はなかった。(日眼会誌 98: 787-791, 1994)

キーワード: レーザー・スクレロストミー, 緑内障, THC (Thulium, Holmium, Chromium-doped) YAG レーザー

Thulium-Holmium-Chromium-doped YAG Laser Sclerostomy ab Externo in Uncontrollable Glaucoma

Takeshi Hara¹⁾, Misato Adachi²⁾ and Shiroaki Shirato¹⁾

¹⁾Department of Ophthalmology, University of Tokyo School of Medicine

²⁾Eye Clinic, Mitsui Memorial Hospital

Abstract

Laser sclerostomy ab externo, using thulium-holmium-chromium-doped YAG laser was performed in 40 eyes with refractory glaucoma. Preoperative intraocular pressure (IOP) ranged from 21 to 50 mmHg (mean±SD: 33±18.6) with maximum tolerable medications. In all cases, a full-thickness sclerostomy was performed and subsequently a filtering bleb was formed. Total energy levels to produce the sclerostomy ranged from 0.2 J to 12.9 J (3.9±2.4). Follow-up periods varied from 3 to 18 (9±4) months. IOP control rate calculated by a life-table method at 6 and 12 months after surgery was 54% and 46%, respectively. IOP for successful eyes ranged from 0 to 18 mmHg (12.3±2.4). As complications, corneal

fold formation (all eyes), choroidal detachment (12 eyes), hyphema (10 eyes), and iris incarceration in the sclerostomy site (4 eyes) were found. Astigmatism caused by corneal fold formation disappeared spontaneously within 3 months. Iris incarceration causing IOP elevation was repaired by Nd-YAG laser treatment and IOP control was obtained in 2 of 4 eyes. No other complications were observed. (J Jpn Ophthalmol Soc 98: 787-791, 1994)

Key words: Laser sclerostomy, Glaucoma, Thulium-Holmium-Chromium-doped (THC) YAG laser

別刷請求先: 113 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学医学部付属病院眼科 原 岳
(平成5年10月25日受付, 平成6年3月28日改訂受理)

Reprint requests to: Takeshi Hara, M.D. Department of Ophthalmology, Tokyo University School of Medicine,
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

(Received October 25, 1993 and accepted in revised form March 28, 1994)

I 緒 言

濾過手術として現在広く行われている線維柱帯切除術は、結膜に対する外科的侵襲が強く、複雑な手術手技が必要とされ、また、術後に感染症などの重篤な合併症を来すことがあることなどが問題点として指摘されてきた。

特に線維柱帯切除術や白内障手術、網膜硝子体手術などの手術既往がある、いわゆる難治性緑内障に対し濾過手術を施行する場合、結膜侵襲の範囲が少なく、簡単な手技で眼圧降下を得る方法が必要とされ、近年その方法としてレーザーを用いた各種の手技が提唱されている。

この代表的な手技として、レーザー光を用いて眼外からファイバーを挿入して強膜を穿孔するスクレロストミー-ab externo が挙げられる。用いられるレーザー光としては、Erbium YAGやThulium-Holmium-Chromium-doped (THC) YAG レーザーなどが報告されており^{1)~8)}、これらは強膜組織および水に吸収されやすく、強膜組織を蒸散することが可能である。特に THC YAG レーザーは石英を透過することから、近年、石英製のオプティック・ファイバーを使用する装置が開発され、この装置を用いたスクレロストミー-ab externo は新しい濾過手術として臨床に应用されている^{4)~5)}。

今回、我々は難治性緑内障 40 眼に本術式を施行し、その有用性を検討したので報告する。

II 対象と方法

対象は、複数回の濾過手術既往がありながら眼圧コントロール不良の緑内障患者 30 例 40 眼である。病型は原発開放隅角緑内障 6 眼、続発緑内障 27 眼、先天緑内障 6 眼、血管新生緑内障 1 眼で、線維柱帯切除術の他に網膜剝離や硝子体手術などの既往のある例が 12 眼、白内障手術既往のあるものが 33 眼（無水晶体眼 26 眼、眼内レンズ挿入眼 7 眼）であった（表 1）。

術前眼圧は 21~50 mmHg（平均値±標準偏差：33±18.6）で、矯正視力は光覚弁~0.6 であった。観察期間は 1 か月~15 か月（平均値±標準偏差：7±4）であった。

使用した THC YAG レーザーの装置は Sunrise Tech

表 1 対象患者の緑内障病型と手術既往

開放隅角緑内障	6 眼
続発緑内障	27 眼
先天緑内障	6 眼
血管新生緑内障	1 眼
<hr/>	
有水晶体眼	7 眼(2)
無水晶体眼	26 眼(10)
偽水晶体眼	7 眼(0)

* () は網膜硝子体手術の既往のある眼数

社製の glase 210 Holmium Laser で、レーザーの波長は 2,100 nm、出力は 50~350 mJ の間で 10 mJ 単位で変換可能で、パルス幅は 300 μ m である。レーザー光は直径 200 μ m の石英ファイバーを通り、ファイバー先端から垂直に発射され、500 μ m の位置で 100×200 μ m のスポット・サイズで集光する。THC YAG レーザーは不可視光線であるため、エイミング・ビームとしてヘリウムネオンレーザーが使用されている。今回の対象には照射出力 120~180 mJ (120 mJ : 10 眼, 140 mJ : 11 眼, 160 mJ : 17 眼, 180 mJ : 2 眼) を用いた。

手術に際しては、穿孔予定の輪部から 5~6 mm 離れた結膜を 2~3 mm 切開してファイバーを結膜下に挿入し、穿孔予定部位へ進めた(図 1)。ファイバー先端から出ているエイミング・ビームが前房内に向いていることを確認してレーザーを照射した。照射中は、熱作用の拡散を防ぐ目的で穿孔予定輪部にリンゲル液を注いだ。穿孔の目安となる前房水の波動と隅角色素の散布が認められた時点で照射を中止し、ファイバーを抜去し、10-0 ナイロンで結膜を縫合した。5-フルオロウラシル (5-FU) 0.1 cc (5 mg) を結膜下に注射して手術を終了した。術後 5-FU 0.1 cc の結膜下注射を 1 日 1 回、1 週間行った。

術前および術後 1, 3, 7 日, 1, 3, 6 か月後の眼圧、視力測定を全例に、また、34 眼で前房フレア値の測定を行った。22 眼では術後 1 週, 1, 3, 6 か月後に角膜乱視の測定を行った。

眼圧測定には Goldmann 圧平眼圧計を使用し、前房フレア値の測定にはフレア・セル・メーター (f2100, Kowa)、角膜乱視測定にはオートケラトメーター (Rk-1, CANON)、角膜形状解析装置 (Topographic mapping system, 以下 TMS, Medical Anatomy) を使用した。

眼圧コントロール成績は、症例によって観察期間が異なるため、Kaplan-Meier 生命表法を用いて、手術施行前と同様の投薬内容で眼圧が 21 mmHg を超えた場合を眼圧コントロール不良とし生存確率として求めた。



図 1 角膜輪部穿孔予定部位にファイバーを挿入している。結膜下に赤いエイミング・ビームが認められる。

III 結果

全例で前房への穿孔が得られ、術直後から濾過胞の形成が認められた。穿孔には照射数2~83発(27±18)、総エネルギー量で0.2~12.9J(3.9±2.4)を要した。結膜切開から結膜縫合までの手術時間は5~18分(11±3.4分)であった。

眼圧コントロールは、術後6か月を経過した30眼中16眼(53%)、12か月を経過した22眼中10眼(45%)で得られていた。生命表法による解析では、眼圧コントロール成績は6か月後で54±18%、12か月後で46±14%であった(図2)。術後6か月目の眼圧コントロール良好例での眼圧は、無投薬例(7眼)で0~18mmHg(13.1±3.4)、投薬例(9眼)で10~19mmHg(14.4±2.8)あった。術12か月目では、無投薬例(4眼)で0~12mmHg(8.6±2.6)、投薬例(6眼)で各々10~18mmHg(14.1±2.2)であった。術後12か月目の眼圧コントロール良好例の術前眼圧と術後眼圧を示す(図3)。

術後合併症として全例で、穿孔直後に角膜皺襞形成および乱視(図4)を認めた。他に12眼で脈絡膜剥離、10

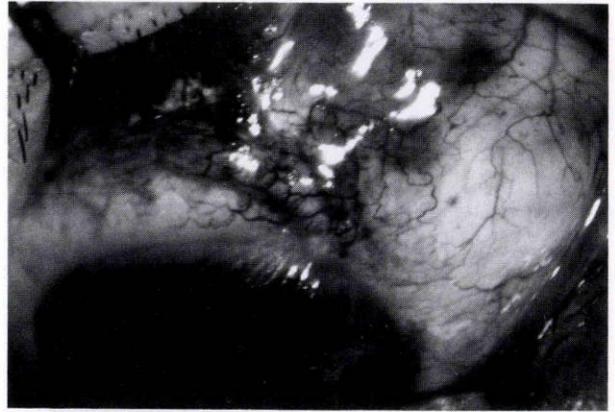


図4 レーザー照射直後の角膜。
穿孔部を中心とする放射状の皺が認められる。

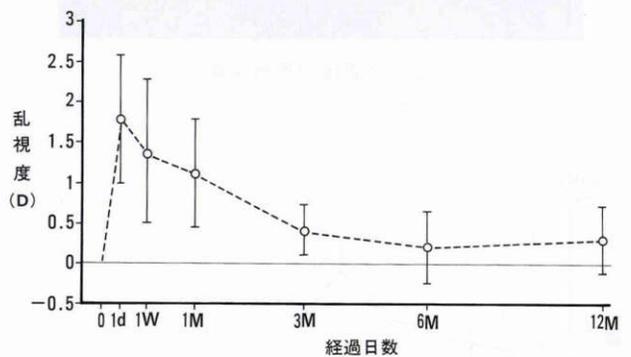


図5 術後乱視の経過。

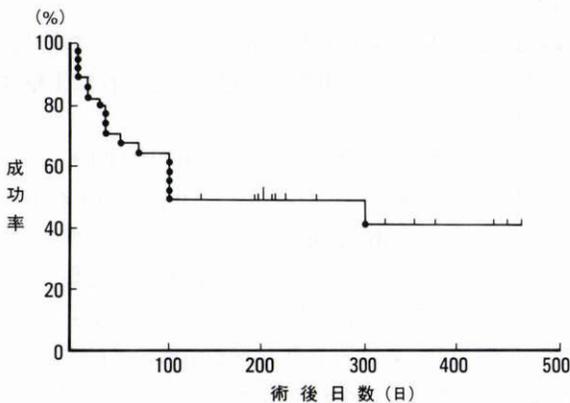


図2 死亡定義は眼圧 21 mmHg 以上とし、Kaplan-Meier 法を用いた。

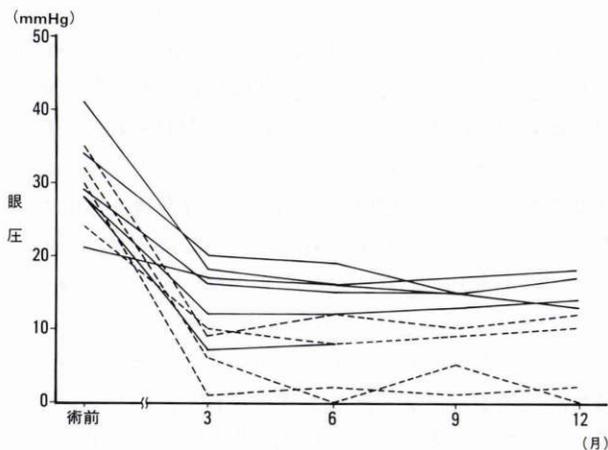


図3 12か月後の眼圧コントロール良好例。
太線は無投薬例、点線は投薬例を示す。

眼で前房出血、4眼で虹彩嵌頓を認めた。

術後乱視は1か月目で0.5~5D(1.8±0.8)に及んでおり、1週では1.0~3.0D(1.4±0.9)、1か月では0.5~2.0D(1.1±0.7)、術後3か月には0~1.5D(0.4±0.3)、6か月後では0~0.5D(0.2±0.4)であった(図5)。術後乱視が軽減した3か月以降で、矯正視力が術前より低下した例はなかった。

脈絡膜剥離を認めた12眼のうち、8眼は無水晶体眼で、脈絡膜剥離は無処置で2週間以内に消失した。3眼は偽水晶体眼で、脈絡膜剥離に浅前房を伴ったが、数日間の圧迫眼帯で浅前房、脈絡膜剥離ともに2週間以内に消失した。残りの1眼は有水晶体眼で前房消失を伴ったため、前房形成術を要した。

虹彩嵌頓(図6)を認めた4眼のうち、3眼では術直後から、1眼では術2週後に眼圧上昇を示した。4眼中2眼は有水晶体眼、2眼は無水晶体眼で、人工水晶体眼では虹彩嵌頓は認めなかった。

4眼全例にNd-YAGレーザーによる虹彩整復術を施行した結果、術直後に眼圧上昇のあった3眼で眼圧コントロールが得られたが、術2週後に眼圧上昇のあった1眼では虹彩嵌頓は解除されたものの、眼圧下降は得られなかった(図7)。

前房出血は全例、穿孔直後に認めた。10眼中9眼では、



図6 術直後の隅角写真。
虹彩が穿孔創に立ち上がっている。

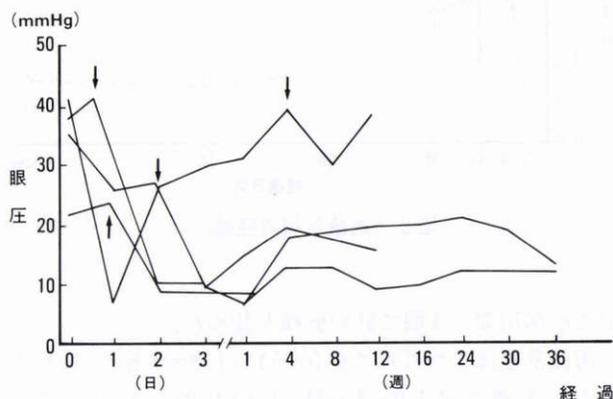


図7 スクレロストミー-ab externo 施行後の眼圧経過。
矢印が Nd-YAG laser 修復術を施行したところ。

出血は軽度で角膜裏面に赤血球の沈着を認めるか、隅角検査で下方に赤血球の沈殿を認める程度で術後3日以内に吸収された。残りの1眼は、新生血管緑内障眼で前房の2/3以上に達する鏡面形成を認め、前房洗浄を行ったが眼圧が50 mmHg以上であったため、術2日後に線維柱帯切除術を施行した。

IV 考 按

種々の手術既往がある難治性緑内障眼に対し、THC YAG レーザー・スクレロストミー-ab externo を施行した結果、全例で穿孔が得られ、結膜下に濾過胞が形成された。生命表法を用いた眼圧コントロール成績は6か月で54%、12か月で46%であった。

これまでに THC YAG レーザーを用いたスクレロストミー-ab externo の臨床成績については Hoskins ら⁴⁾、恩田ら⁵⁾の2報告がある。眼圧コントロール成績と

して、Hoskins ら⁴⁾は術後6か月で75%、12か月で68%、恩田ら⁵⁾は9か月で31%と報告している。しかし、これらの報告の対象症例には過去に手術既往のない例、あるいは複数回のスクレロストミーを行った例が含まれており、今回の我々の成績との比較はできない。そこで2報告の中から今回の対象と同様、濾過手術の他に白内障手術、網膜硝子体手術既往のある症例のみを選んで眼圧コントロール成績を検討すると、Hoskins ら⁴⁾の成績は6か月で10眼中6眼(60%)、恩田ら⁵⁾は9か月で5眼中1眼(20%)である。この成績は今回の6か月後30眼中16眼(53%)、9か月後は27眼中11眼(40%)と同様であり、難治性緑内障を対象とした場合、スクレロストミーによって長期に眼圧下降が得られる例は少ないと考えられた。

今回の成績と線維柱帯切除術の成績を比較すると、我が国での難治性緑内障を対象とした線維柱帯切除術の生命表法解析による成績は、術後12か月目で投薬例を含め、代謝拮抗剤を使用しない場合は37%、5-FU 使用の場合は73%、マイトマイシンC 使用では88%と報告されており^{9)~11)}、今回の12か月成績は代謝拮抗剤を使用しない場合の線維柱帯切除術の成績とほぼ近似した値と考えられた。

穿孔に要した総エネルギーは、今回の我々の結果は0.2~12.9 Jであったが、0.2 Jで穿孔が得られた1眼は、線維柱帯切除術を施行した部位にスクレロストミーを施行した症例で強膜が菲薄化していた可能性が強く、この1眼を除いたエネルギーは1.0~12.9 J (4.0 ± 2.5)であった。この値は Hoskins ら⁹⁾の1.4~7.2 J (平均値不明)、恩田ら⁵⁾の1.3~19.2 J (6.8 ± 4.6 J)と近似している。穿孔に要する総エネルギーは、強膜の厚さ、レーザー照射の角度の違いによる必要な穿孔距離などによって異なると考えられるが、過去に我々が報告した⁷⁾⁸⁾家兎眼、サル眼での穿孔に要するエネルギー(各々、1.0~3.7; 2.0 ± 0.9 , $1.2 \sim 6.6$; 2.8 ± 1.6)に比べて、人眼での穿孔にはより高いエネルギーが必要と考えられた。

術後合併症として今回、角膜皺襞、虹彩嵌頓、浅前房、脈絡膜剝離を認めたが、Hoskins ら⁴⁾の報告した脈絡膜出血、眼内炎は認めなかった。角膜皺襞は照射部周囲の熱凝固変性に起因すると考えられ⁷⁾⁸⁾、今回それを予防する目的で、照射中、輪部へ常温のリンゲル液を注いだ効果がなく、全例に皺襞形成が認められ乱視を生じた。現在まで角膜形状、乱視の変化についての定量的経時的追跡は報告されていないが、今回の検討から、術直後生じた乱視も1週目には半減し、3か月後には3ジオプター以下となり、6か月後には消失することが示され、自然消失する合併症であると考えられた。しかし、術直後には5ジオプターに及ぶ乱視を生じた例もあり、本術式の問題点として今後検討すべき点と考えられた。

術後虹彩嵌頓が40眼中4眼(10%)に認められ、いづ

れも眼圧上昇を来した。虹彩嵌頓について、Hoskinsら⁴⁾はその頻度を46眼中10眼(21%)と報告し、無水晶体眼、人工水晶体眼では認められないと述べている。しかし、恩田ら⁵⁾は無水晶体眼2眼での虹彩嵌頓を報告しており、今回の検討でも4眼中2眼は無水晶体眼であったことから、本合併症は無水晶体、有水晶体に拘らず生じるものと考えられた。本合併症に対して、Hoskinsら⁴⁾はピロカルピン点眼、アルゴンレーザー隅角形成術、Nd-YAGレーザーによる虹彩整復術、あるいは散瞳剤点眼の有効性を述べているが、いずれの方法が最も有効であるかは不明である。今回は虹彩嵌頓のあった4眼にNd-YAGレーザーによる虹彩整復術を行い、3眼で良好な結果を得たが、本合併症は術後経過中突然の眼圧上昇の原因となり得る合併症であり、本合併症への対策については予防法を含め、症例を重ねて検討する必要がある。

浅前房、前房消失、あるいは脈絡膜剝離は他の濾過手術にも認められる合併症であるが、今回は脈絡膜剝離を40眼中12眼(30%)に認めた。恩田ら⁵⁾の報告でも13眼中5眼(38%)に認められており、この頻度は従来の線維柱帯切除術と同程度と考えられた⁹⁾¹⁰⁾。これらの合併症は過剰濾過に伴う合併症である可能性が高く、穿孔の大きさが問題となるが、他の濾過手術と異なり、本術式では術中に濾過量を加減できない問題点がある。Ondaら⁸⁾は家兎眼の実験で照射出力と穿孔直径に関連があり、高出力であるほど穿孔直径が大きいことを指摘しているが、人眼での至適穿孔条件については不明である。前述したように、家兎眼に比べて人眼では穿孔に要する総エネルギーも大きく、今後症例を重ねて検討する必要がある。その他、本術式の合併症としてHoskinsら⁴⁾が両眼施行例で術後3か月に片眼の角膜感染症を生じ、2週間後に他眼に眼内炎を発症した例を報告している。今回の症例では経験していないが、本術式は線維柱帯切除術以前のトレパネーション、あるいはScheie手術と同様に強膜弁を作成しない結膜下への直接的濾過手術であり、術後感染を生じやすい¹²⁾可能性があるところから、術後感染に対する管理が重要であると考えられる。

今回の検討の結果、難治性緑内障に対するTHC YAGレーザー・スクレロストミー-ab externoの眼圧コントロール成績ならびに浅前房、脈絡膜剝離などの合併症は、代謝拮抗剤を使用しない場合の線維柱帯切除術と同程度であり、代謝拮抗剤を使用する線維柱帯切除術が普及しつつある現在、本術式の有用性には限界があると考えられる。しかしながら、本術式は手技が容易で、短時

間の手術で眼圧下降効果が期待でき、結膜に対する侵襲が少なく、また、輪部のどの部位にも施術できる利点を有していることから、手術手技、照射条件など、今後検討する価値のある術式と考えられた。

文 献

- 1) Ulrich D, Franz F, Ceri E: Experimental Nd: YAG, diode and Ho: YAG laser sclerostomy performed ab interno and ab externo. *Laser and Light in Ophthalmology* 5: 83-93, 1992.
- 2) Karp CL, Higginbotham EJ, Edward DP: Diode laser surgery ab interno and ab externo versus conventional surgery in rabbit. *ARVO abstract. Invest Ophthalmol Vis Sci* 33: 1267, 1993.
- 3) Park SB, Kim JK, Aquavella JV: Nd YAG laser sclerostomy. *Ophthalmic Surg* 24: 118-120, 1993.
- 4) Hoskins HD, Iwach AG, Vassiliadis A, Drake MV, Hennings DR: Subconjunctival THC: YAG laser thermal sclerostomy. *Ophthalmology* 98: 1394-1399, 1991.
- 5) 恩田鋭治, 安藤 宏, 本部千博, 直原修一, 北沢克明: ホルミウム YAG レーザーによる緑内障濾過手術. *臨眼* 46: 1555-1559, 1992.
- 6) Hoskins HD, Iwach AG, Drake MV: Subconjunctival THC: YAG laser limbal sclerostomy ab externo in the rabbit. *Ophthalmic Surg* 21: 589-592, 1990.
- 7) 原 岳, 山本貞子, 安達 京, 白土城照: 猿眼に対する THC YAG レーザー・スクレロストミー. *日眼会誌* 97: 786-791, 1993.
- 8) Onda E, Jikihara S, Kitazawa Y: Determination of an appropriate laser setting for THC-YAG laser sclerostomy ab externo in rabbits. *Ophthalmic Surg* 23: 198-202, 1992.
- 9) Shirato S, Kitazawa Y, Mishima S: A critical analysis of the trabeculectomy result by prospective follow-up design. *Jpn J Ophthalmol* 26: 468-480, 1982.
- 10) 庄司信行, 新家 真, 白土城照, 中野 豊: 5-fluorouracil 結膜下注射併用による線維柱帯切除後の5年眼圧コントロール良好率. *日眼会誌* 97: 239-246, 1993.
- 11) 川瀬和秀, 松下映美, 山本哲也, 直原修一, 北沢克明: マイトマイシンCを併用する線維柱帯切除術. *眼科手術* 5: 291-297, 1992.
- 12) Hutchinson BT, Watson PT, Speath GL: Trabeculectomy vs. standard filtering operation for glaucoma. In: *Controversy in Ophthalmology*: 187-219, W.B. Saunders, Philadelphia, 1977.