

## 選択的レーザー線維柱帯形成術の治療成績

加治屋志郎, 早川 和久, 澤口 昭一

琉球大学医学部眼科学教室

### 要 約

**目 的**：選択的レーザー線維柱帯形成術(以下, SLT)は, 隅角の有色素細胞のみに作用し, 周囲組織への障害が軽度で, 従来のアルゴンレーザー線維柱帯形成術と比較して既存の房水流出路への影響が少なく, 安全で有効な眼圧下降が得られることが期待される。今回, 原発開放隅角緑内障 10 例 17 眼, 嚢性緑内障 1 例 1 眼の計 18 眼に SLT を施行し, その効果と安全性について検討した。

**方 法**：観察期間は 3~10 か月で, 隅角半周に平均で 0.47 mJ×59 spots, 計 28.14 mJ を照射した。

**結 果**：術前平均眼圧 22.8 mmHg が術後 1, 3, 6 か

月でそれぞれ 18.6, 17.3, 16.1 mmHg まで有意に下降した。また, 症例毎の最大下降幅は 3~18(平均 8.8) mmHg であった。一過性眼圧上昇は 11 眼で, 5 mmHg 以上の上昇は 6 眼であった。その他の重篤な合併症はなかった。

**結 論**：SLT は安全で有効な治療法と考えられる。(日眼会誌 104:160-164, 2000)

**キーワード**：選択的レーザー線維柱帯形成術, Q スイッチ半波長 Nd:YAG レーザー

## Clinical Results of Selective Laser Trabeculoplasty

Shirou Kajiya, Kazuhisa Hayakawa and Shoichi Sawaguchi

Department of Ophthalmology, University of Ryukyu Faculty of Medicine

### Abstract

**Purpose** : Selective laser trabeculoplasty (SLT) is a new technique aimed to developed to impact pigmented trabecular cells selectively. Compared with ordinary argon laser trabeculoplasty, it is expected to have fewer complications with more efficacy for open-angle glaucoma. In this study we performed SLT on 17 eyes of 10 patients with primary open-angle glaucoma and 1 eye with capsular glaucoma.

**Methods** : Follow-up period was up to 10 months. Average energy irrachieted was 28.14 mJ (0.47 mJ×59 spots) against pigmented trabecular band over the half circumference of anterior chamber angle.

**Results** : Preoperative mean intraocular pressure (IOP) was 22.8 mmHg and postoperative mean IOP was decreased significantly to 8.6, 17.3, and 16.1

mmHg at 1, 3, and 6 months after treatment, respectively. The average maximum IOP reduction was 8.8 (3~18) mmHg after SLT. Among 11 eyes showing transient IOP elevation, 6 eyes had an elevation of more than 5 mmHg. No remarkable postoperative complications were noted.

**Conclusion** : SLT is a safe and effective modality for the treatment of open-angle glaucoma such as primary open-angle glaucoma (POAG) and capsular glaucoma. (J Jpn Ophthalmol Soc 104 : 160—164, 2000)

**Key words** : Selective laser trabeculoplasty, Q-switched 532 nm Nd:YAG laser

## I 緒 言

アルゴンレーザー線維柱帯形成術(argon laser trabeculoplasty, ALT)は, 1979年に Wiseら<sup>1)</sup>によって開放隅角緑内障の治療法として報告されて以来, 今日まで幅広く施行され, その有効性については多くの報告<sup>2)~4)</sup>があ

る。一方で, 術後の眼圧上昇などの合併症もみられ, 様々な工夫が行われている<sup>5)~10)</sup>。しかしながら, いったん過剰凝固になると Schlemm 管の閉塞を来すとの報告<sup>11)</sup>や, 繰り返し施行した場合にはその効果が減弱ないしほとんどないことも経験する。

選択的レーザー線維柱帯形成術(selective laser trabec-

別刷請求先：903-0125 沖縄県中頭郡西原町上原 207 琉球大学医学部眼科学教室 加治屋志郎  
(平成 10 年 12 月 28 日受付, 平成 11 年 9 月 4 日改訂受理)

Reprint requests to: Shirou Kajiya, M.D. Department of Ophthalmology, University of Ryukyu Faculty of Medicine, 207 Uehara Nishihara-cho, Nakagami-gun Okinawa 903-0125, Japan

(Received December 28, 1998 and accepted in revised form September 14, 1999)

uloplasty, SLT)は半波長 Nd:YAG レーザーを利用し、隅角線維柱帯のメラニン色素含有細胞のみに作用し、その細胞活性を変化させることによって線維柱帯の房水流出率を改善し眼圧下降を図ることを目的としており、この際、周囲組織への侵襲は僅かであり、効果的で、合併症の少ない治療法としての期待が持たれている<sup>12)</sup>。

今回、琉球大学病院眼科緑内障外来で原発開放隅角緑内障(POAG)、嚢性緑内障患者に SLT を施行し、その効果、合併症について検討した。

## II 対象と方法

### 1. 対 象

対象は、点眼治療のみでは眼圧下降効果が不十分と判断された POAG 10 例 17 眼、嚢性緑内障 1 例 1 眼の計 11 例 18 眼である。ただし、眼圧が 20 mmHg 以下でも視野障害が進行している症例も対象とした。施術は、十分な治療説明を行った上で患者から口頭で同意を得て施行した。表 1 に対象の内訳を示す。年齢は 56±16(平均値±標準偏差)歳、術前眼圧は 22.8±4.0(平均値±標準偏差)mmHg であった。緑内障治療薬は 0~3 剤であり、平均 2.4 剤使用していた。治療薬が施術前になかった症例 2 と 4 は、点眼治療に対するコンプライアンスが低く、通院も不定期で十分な点眼が施行されていなかった症例である。

観察期間中は原則的に点眼剤の変更は行わず、観察期間は 3~10 か月であった。

### 2. 方 法

レーザー装置は Coherent 社製 Selecta<sup>®</sup>7000 を使用した。レーザー源は Q スイッチ半波長 Nd:YAG レーザー 532 nm、パルス幅 3 nsec、エネルギー 0.1~2.0 mJ、シン

グルパルス、サイズ 400 μ、エイミングビームはダイオードレーザー波長 635 nm をそれぞれ用いた。

照射部位は上あるいは下半周いずれかの隅角線維柱帯で、12 眼は上半周を、6 眼は下半周に施行した。また、眼圧下降が不十分と判断された 2 例 3 眼は、追加照射を対側半周に行った。初回照射エネルギーは 0.47±0.09(平均値±標準偏差)mJ、スポット数は 59±6.7(平均値±標準偏差)spots、総エネルギーは 28.14±6.29 mJ で、照射時に軽度の微塵が観察される程度にパワーを調節して行った。

眼圧は、Goldmann 圧平眼圧計で測定した。

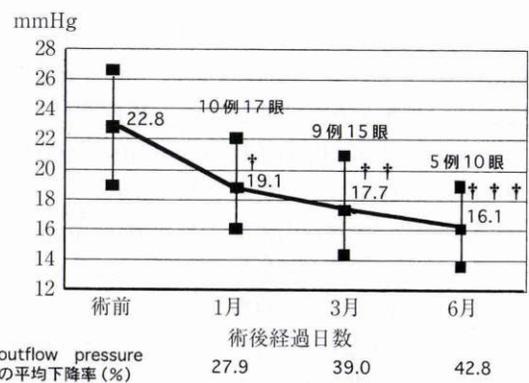


図 1 術後眼圧変動(初回施行のみ)。

初回施行のみの眼圧平均値と標準偏差を示す。術後眼圧との t 検定結果は次の通り図示した。

† : (p<0.00001), †† : (p<0.000001), ††† : (p<0.01), “outflow pressure の平均下降率”は、上強膜静脈圧を 9 mmHg として算出した術前値からの下降率。

表 1 対 象

症例	年齢(歳)	病名	施術眼	術前眼圧 (mmHg)	術前治療(点眼)
1	70	POAG	左	29	チモ/ピバ/レス
2	44	POAG	右	30	
3	75	嚢性	右	22	チモ/ピロ/レス
4	66	POAG	右/左	24/25	
5	68	POAG	右/左	20/20	チモ/ピロ/レス
6	28	POAG	右/左	28/30	チモ/ピロ/レス
7	36	POAG	右/左	22/22	ベト/ピバ/レス
8	48	POAG	左	19	チモ/レス
9	64	POAG	右/左	20/20	チモ/レス
10	46	POAG	右/左	18/19	ミケ/レス
11	73	POAG	右/左	20/22	チモ/ピロ/レス

POAG: 原発性開放隅角緑内障, 嚢性: 嚢性緑内障  
チモ: 0.5% マレイン酸チモロール, ミケ: 2% 塩酸カルテオロール, ベト: 0.5% 塩酸ベタキソロール, ピバ: 0.1% 塩酸ジピペフリン, レス: イソプロピルウノプロストロン, ピロ: 2% 塩酸ピロカルピン

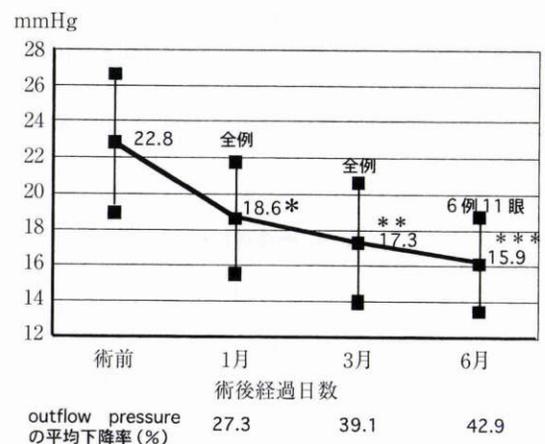


図 2 術後眼圧変動(追加施行を含む)。

追加照射を含めた眼圧平均値と標準偏差を示す。術前眼圧との t 検定結果は次の通り図示した。

\* : (p<0.00001), \*\* : (p<0.00000001), \*\*\* : (p<0.001)

“outflow pressure の平均下降率”は、上強膜静脈圧を 9 mmHg として算出した術前値からの下降率。

### III 結 果

#### 1. 術後眼圧経過

術後1,3,6か月までの眼圧変動を図1,2に示した. 図1は初回施行のみの成績を, 図2は追加施行後の経過を含めた成績を平均値と標準偏差でそれぞれ示した. 図1は術後1か月までが10例17眼, 3か月までが9例15眼, 6か月までが5例10眼の検討結果で, 図2は術後3か月までは全症例が含まれているが, 6か月時点では6例11眼がそれぞれ検討されている. 眼圧上昇は8例11眼でみられSLTの追加施行を必要とした症例もあったが, 図1,2とも, 中・長期的には同様の有意な眼圧下降があった.

また, 図2で眼圧経過の評価を行うと, 術前眼圧  $22.8 \pm 3.9$  mmHg が, 術後1か月時点では  $18.6 \pm 3.1$  mmHg に, 3か月時点では  $17.3 \pm 3.3$  mmHg に, さらに6か月時点では  $16.1 \pm 2.6$  mmHg と有意に, しかも経時的に一層の眼圧下降効果を見る結果となった. 術前値との paired t-testでは, 1か月 ( $p < 0.00001$ ), 3か月 ( $p < 0.0000001$ ), 6か月 ( $p < 0.001$ ) と有意差があった.

上強膜静脈圧を9 mmHgとした outflow pressure の平均下降率においても, 経過1か月で平均27.3%, 3か月で39.1%, また, 6か月经過観察が可能であった症例では42.9% 下降と良好な結果であった(図2). 経過観察期間中の各症例の最大眼圧下降幅は3~18 mmHg の範囲で,  $8.8 \pm 4.4$  mmHg であった. 最も新しい眼圧での下降幅でも2~10 mmHg の範囲で,  $6.0 \pm 3.9$  mmHg とその効果は良く維持されていた.

#### 2. 合併症

次に, 今回のSLTで追加施行を含めた経過中に生じた合併症を表2にまとめた.

経過中に術前より眼圧の上昇した症例は8例11眼で, 全体の61%であった. また, その上昇幅は2~10 mmHg の範囲で,  $5.0 \pm 2.6$  mmHg であった. そのうち, 5 mmHg 以上の高度の眼圧上昇が生じた症例は4例6眼で, 全体

表2 術後合併症

	1/2 SLT (n=18 眼)	1/2 ALT <sup>7)</sup> (n=84 眼)
眼圧上昇 (5mmHg 以上)	11 眼(61%) 6 眼(33%)	51 眼(60%)
虹彩炎	0(0%)	4 眼(5%)
前房出血	0(0%)	1 眼(1%)
周辺虹彩前癒着	0(0%)	5 眼(6%)

選択的レーザー線維柱帯形成術(SLT)では眼圧上昇は8例11眼で, そのうち4例6眼が5mmHg 以上の眼圧上昇であった.

虹彩炎は, 全例翌日には改善し, 加療を要した重篤なものはなかった. ALT: アルゴンレーザー線維柱帯形成術

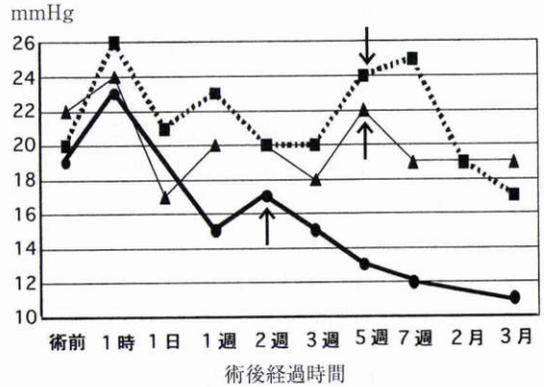


図3 選択的レーザー線維柱帯形成術(SLT)を追加した症例.

SLTを追加施行した3眼の経過. —: 症例8左眼. ...: 症例11右眼. —△: 症例11左眼. →: SLT追加症例8は, 患者の希望により施行から2週後に追加施行. 症例11は, 眼圧上昇のあった5週後に施行.

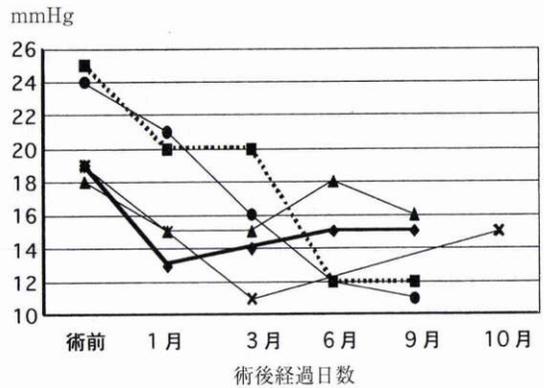


図4 長期経過症例.

●: 症例4右眼. ■: 症例4左眼. ×: 症例8左眼. ▲: 症例10右眼. ◆: 症例10左眼.

の33%であった. 虹彩炎は全例軽微であり, 術翌日には全例軽快し加療を必要とする重篤な炎症所見はなかった. また, 前房出血もみられず, 術後3か月で行った隅角検査でも周辺虹彩前癒着の発生や色素沈着の増加は全くなかった.

#### 3. 追加照射症例

追加SLTは2例3眼に施行した(図3). 症例8は, 本人の希望により眼圧が術前の19 mmHgよりも低い17 mmHgの術後2週目に追加し, 眼圧下降薬を1剤減らしており, 最終観察時点の術後10か月での眼圧は15 mmHgであり, その効果は持続していると考えられる. 症例11は, 初回SLTでは十分な眼圧下降が得られず, 5週後に対側半周にSLTを追加し, 施行前に比べ3か月時点で有効な眼圧下降を得ている.

#### 4. 長期経過

9か月以上観察のできた比較的長期の症例4, 8, 10(3例5眼)について, その眼圧経過を図4に示す. 当院で施

行した SLT の経過は最長で、これまでのところ 10 か月であるが、この比較的長期間においても眼圧下降効果は持続している。

## IV 考 按

### 1. 術後眼圧経過

今回、当施設で行った SLT により全症例に有意な眼圧下降があり、SLT が POAG、嚢性緑内障の眼圧コントロールに有効であることが推定された。表 3 で、今回の SLT の眼圧変動と安達ら<sup>4)</sup>の ALT の報告を比較した。SLT の術後 3 か月の眼圧降下および outflow pressure の下降率は、POAG に施行された ALT とほぼ遜色ないものであった。嚢性緑内障は、今回の SLT では症例数が少なく比較できなかった。効果の持続期間、既存の流出路への影響などについては今後検討の余地を残すものの、POAG あるいは嚢性緑内障に対する治療法の新しい選択肢となり得ると考えられる。

### 2. 合併症

一方、表 2 で森ら<sup>7)</sup>の ALT の合併症報告と比較すると、本方法においても ALT ほどではないにしても術後一過性の眼圧上昇がおよそ 60% に発生している。この眼圧上昇は術後最長では 7 週目までみられた症例があったものの、11 眼中 10 眼とそのほとんどが術後 1 時間目に起こった。SLT においても初期には一過性に眼圧上昇を起こす症例も多く、慎重な術後管理はいうまでもなく重要である。特に進行した緑内障では、一過性とはいえ眼圧上昇が致命的ともなり得る場合があるので、その施行に当たっては、対象症例の選択を含め極めて慎重に行う必要がある。加えて、5 mmHg を超える眼圧上昇が、森ら<sup>7)</sup>の ALT の成績の 60% と比較すると明らかに少なかったが(表 2)、今回の SLT でも 33% の症例にあったことから、こうした進行例では術前からの予防的なアセタゾラミド(ダイアモックス<sup>®</sup>)の併用も考慮する必要がある。しかしながら、SLT では眼圧上昇に留意する必要があるものの、周辺虹彩前癒着や遷延する虹彩炎や出血などの合併症は 1 例もなく(表 2)、ALT に比べてより安全であると判断される。SLT は ALT に比べ、より選択しやすい治療法であるといえる。

表 3 SLT と ALT の眼圧変動の比較

	SLT	ALT(文献 <sup>4)</sup> )	
	POAG+嚢性 (n=18 眼)	POAG (n=147 眼)	嚢性 (n=39 眼)
術前	22.8±4.0	22.2±1.5	22.5±1.6
術後 3 か月	17.7±3.3	18.0±2.4	15.2±2.4
	(平均±標準偏差, mmHg)		
3 か月後の outflow pressure の下降率*	39%	31%	54%

\* : outflow pressure は 9mmHg で算出。

今回施行した SLT は、照射部位に明らかな気泡が生じる寸前のエネルギー強度(0.28~0.67 mJ)で行っており、他のこれまでの報告<sup>13)</sup>に比べより低いレベルでの検討であった。しかしながら、効果は同等なものであった。

### 3. 追加照射症例

今回、初回の SLT (右眼 0.34 mJ, 左眼 0.36 mJ) で眼圧が下降しなかった 1 例は、線維柱帯の色素が強め(Scheie Grade III)で、追加 SLT は右眼 0.42 mJ×74 spots, 左眼 0.42 mJ×50 spots と軽度の気泡が生じる程度でやや強めに行い、有意な眼圧下降を得ることができた(図 3)。色素沈着の程度による眼圧下降効果の違いも考えられ、照射エネルギーと施術前の隅角色素沈着の程度は今後検討すべき課題と思われる。とりあえず現時点では、初回治療としては、気泡が生じる直前のやや弱目のエネルギーを用い、その眼圧下降効果の程度、有無によってはエネルギーの強さ、スポット数を加味して追加すべきと考えられる。

### 4. 長期経過

ALT では、1 年で約 10% に眼圧下降効果が失われると報告<sup>14)</sup>されている。今回の SLT の検討では、最長で 10 か月の術後経過観察であるが、症例 8 では徐々に眼圧の上昇傾向があり、今後 SLT の効果がどれほどの期間持続するのかという点についても検討が必要である。現在、他の症例についても長期の効果およびその持続性について検討中である。一方で、中・長期の経過観察後にさらに SLT を追加した場合の治療の効果や持続性についても、ALT との比較において今後重要な検討項目と考えられる。

## 文 献

- 1) Wise JB, Witter SL: Argon laser therapy for open-angle glaucoma. A pilot study. Arch Ophthalmol 97: 319-322, 1979.
- 2) 山本哲也, 白土城照, 北澤克明: 隅角半周照射による laser trabeculoplasty の成績. 日眼会誌 88: 486-492, 1984.
- 3) 竹中康雄, 山本哲也, 白土城照: ALT の治療予後並びに術後眼圧上昇に關与する因子の解析. 日眼会誌 91: 430-436, 1987.
- 4) 安達 京, 白土城照, 蕪城俊克, 鈴木康之: アルゴンレーザートラベクロプラスティー 10 年の成績. 日眼会誌 98: 374-378, 1994.
- 5) 谷口 徹, 北澤克明: Apraclonidine hydrochloride によるアルゴンレーザー・トラベクロプラスティー術後眼圧上昇の予防. あたらしい眼科 6: 280-282, 1989.
- 6) 直原修一, 山田 俊, 河合康司, 岡部いづみ, 北澤克明: 隅角 1/4 周照射による argon laser trabeculoplasty の成績について. 日眼会誌 91: 565-569, 1987.
- 7) 森 樹郎, 竹中康雄, 白土城照: 4 分の 1 周アルゴンレーザー trabeculoplasty の成績. 臨眼 43: 1193-

- 1197, 1989.
- 8) **Wilensky JT, Weinreb RN**: Low-dose trabeculoplasty. *Am J Ophthalmol* 95:423—426, 1985.
  - 9) **Schwartz LW, Spaeth GL, Traverso C, Greenidge KC**: Variation of techniques on the results of argon laser trabeculoplasty. *Ophthalmology* 90:781—784, 1983.
  - 10) **Weinreb RN, Ruderman J, Juster R, Wilensky JT**: Influence of the number of laser burns administered on the early results of argon laser trabeculoplasty. *Am J Ophthalmol* 95:287—292, 1983.
  - 11) **益山芳正**: Laser trabeculoplasty の眼圧下降機序に関する形態学的研究. *日眼会誌* 88:1007—1020, 1984.
  - 12) **Latina MA, Park C**: Selective targeting of trabecular meshwork cells. *In vitro* studies of pulsed and CW laser interactions. *Exp Eye Res* 60:359—372, 1995.
  - 13) **Latina MA, Sibayan SA, Shin DH, Noecker RJ, Marcellino G**: Q-switched 532 nm Nd:YAG laser trabeculoplasty (selective laser trabeculoplasty). *Ophthalmology* 105:2082—2090, 1998.
  - 14) **桑山泰明**: 緑内障薬物治療の限界. *日本の眼科* 69:1303—1307, 1998.
-