


## 流出路再建術: ab externo トラベクトミー

- 結膜切開
- 強膜弁作成
- シュレム管同定
- ロトーム挿入
- ロトーム回転
- 強膜弁縫合
- 結膜縫合



家木良彰 (川崎医大)

1


## ロトミーの特徴、適応

<p><b>長所</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 術後合併症少ない</li> <li>• 術後管理が容易</li> <li>• 白内障手術との相性良い</li> <li>• 緑内障点眼と併用で効果アップ</li> <li>• 下方結膜を使ってできる</li> </ul>	<p><b>短所</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• レクトミーには眼圧下降及ばない</li> <li>• 術後眼圧は10台後半</li> <li>• 術後眼圧スパイクがある</li> <li>• 前房出血で視力低下</li> <li>• 無効症例が存在</li> </ul>
<p><b>適応</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 発達緑内障</li> <li>• ステロイド緑内障</li> <li>• 落屑緑内障</li> <li>• 目標眼圧の高いPOAG</li> <li>• PACG、混合型</li> <li>• 若年者の初回手術</li> <li>• 高齢者</li> <li>• 白内障手術時に追加</li> </ul>	<p><b>非適応</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 血管新生緑内障</li> <li>• 上強膜静脈圧亢進による緑内障</li> <li>• 隅角に炎症のある緑内障</li> <li>• 目標眼圧の低いPOAG</li> <li>• 外傷性緑内障</li> <li>• 術後スパイクが危険</li> </ul>

2

## 手術部位と術者の位置

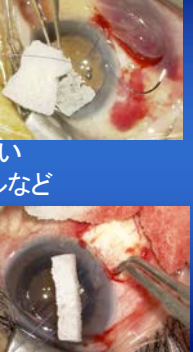
1. 上方に座り、上方からロトミー  
白内障は同一創、または別創角膜切開
2. 上方に座り、下方からロトミー  
白内障は上方角膜切開  
右利きの場合、右眼は耳下側、左眼は鼻下側
3. 側方に座り、下方からロトミー  
白内障は同一創、または別創角膜切開  
右眼は耳下側、左眼も耳下側



3

## 下方ロトミー(別創角膜切開白内障) 術野の確保


- 結膜切開 放射切開+輪部切開
- テノン嚢下麻酔
- (別創角膜切開で白内障手術)
- IOL挿入後 粘弾性物質を抜かない
- 制御糸 透明角膜に7-0バイクリルなど
- 顕微鏡を右に少し回転
- 結膜切開追加 止血



4

## 強膜フラップ作製

- フラップの形状、大きさ、厚さ
  - 四角(4×4mm) or 三角(基底5×高さ4mm)
  - 1枚フラップ: 手数が少ない
  - 2枚フラップ: シュレム管同定容易、同一創白内障術時
- 強膜は垂直に十分な深さで切開
- 強膜弁はメス刃orゴルフ刀で強膜線維をなでるように




強膜弁を薄くしたい時は強膜弁よりに切開      強膜弁を厚くしたい時は強膜床よりに切開

5

## シュレム管の同定

- 強膜弁を厚く作れば、やがてシュレム管は現れる
- 強膜弁を強く引っ張りすぎると内壁が避けることがある
- フラップが薄すぎて強膜が残り過ぎて同定できなければ、もう1枚(3枚目)フラップを作る
- それでも同定できない場合の多くは、角膜側への切れ込みが足りない



6

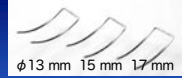
## シュレム管が露出しない場合

- シュレム管の位置が透けてわかりそうなら、外壁にメス刃で縦切開を加え、永田穿刀の片刃をシュレム管内に挿入し、外壁を切開する
- 毛様体に切れ込むと毛様体のラインをシュレム管と見誤ることがある



7

## ロトームの挿入



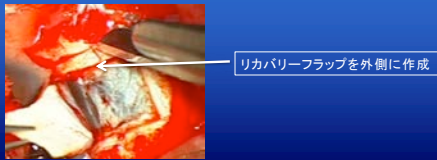
- 通常は15mmを使用
- ロトームの先端をシュレム管の中に置く
- 少し外壁を残しておくの外壁に引っかける様にして挿入しやすい
- 先端が入ったら少しずつトントンと押しながら挿入する
- 抵抗が強かったら誤挿入、少なかったら早期穿孔
- 必ず隅角鏡で確認



8

## ロトームで早期穿孔した場合

- 片側がロトミーできたなら、片側だけでも仕方ない
- 前房を十分形成し、ロトームの先をシュレム管外壁に押しつけて、外壁に沿わせる様に挿入する → 動画参照
- リカバリーフラップを作成する



9

## ロトームの回転

- 眼球を水平にする。眼圧が低すぎる時は粘弾性物質で前房形成
- ロトームを少し引き戻し、眼球に近い方のロトームの角を挿入方向に把持する
- 把持したロトームの先端に力を加え、先端だけを前房に出し、先端が出たら、虹彩面に平行に回転
- ロトームの挿入部(矢印)を支点に先端は前房内に、把持部はフラップの外側に回転
- ロトームを抜く時に内壁を損傷しないように接線方向(矢印)に抜く



10

## ロトームが回転できない

- 回転時に抵抗が強い時は、外壁の外側に入っている時がある → 再挿入を試みる
- ロトームが前房内に穿孔できない時は、少し戻して再度挿入する時にわざと前房内に穿孔するようにしてロトームの先だけを出す
- PASがじゃまをして虹彩の中にロトームが入り、回せない時がある → 虹彩根部離断注意
- 術前の隅角検査大事、もしくはGSLを追加
- ややデスメ膜よりに回す → デスメ膜剥離に注意

11

## 強膜・結膜縫合 術後処置

- 強膜弁縫合: 10-0ナイロン2糸(角)、4糸(角+脇)、埋没
- 結膜縫合: 10-0バイクリルなどで端々縫合
- 粘弾性物質を除去、前房出血を洗浄して終了

- ロトミー部への血液貯留を防ぐように体位を取る場合もある
- 術後点眼: 抗生剤、ステロイド、NSAIDs、(散瞳薬)
- 縮瞳薬使用については意見が分かれる
- 前房出血が遷延する場合は洗浄
- 一過性高眼圧に対しては点眼や内服治療を早めに行う

12

<教育セミナー>流出路再建術の基本手技

## マイクロフックを用いた流出路再建術




高井 保幸  
(益田赤十字病院眼科)  
第44回日本眼科手術学会

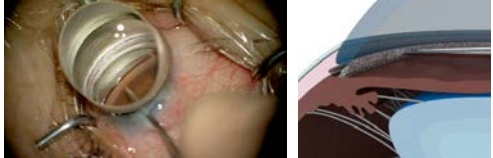
1

## Microhook *ab interno* trabeculotomy ( $\mu$ LOT)

- ・小フックを使用した眼内アプローチ・チロミー



- ・Minimally Invasive Glaucoma Surgery (MIGS)の範疇に含まれる術式



2

## $\mu$ LOTの適応

- ・良い適応
  - ✓ 初期のPOAG, 落屑緑内障, ステロイド緑内障
  - ✓ 角膜混濁のない発達緑内障
  - ✓ 白内障による視力低下を伴う緑内障(白内障同時手術)
  - ✓ 原発閉塞隅角緑内障(白内障同時手術)
  - ✓ 高齢者の緑内障(術後通院の困難さ, 余命)
- ・適応外
  - ✓ 炎症眼
  - ✓ 血管新生緑内障
  - ✓ 前房内硝子体脱出, 無水晶体眼
  - ✓ 進行した緑内障(特に残存視野が術後スパイクに耐えられない緑内障)

3

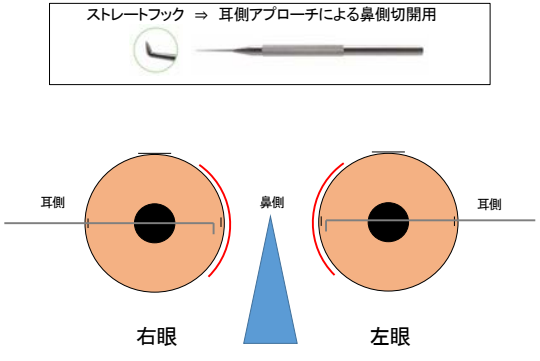
## $\mu$ LOTの術前・術後投薬

- ・術前投薬
  - ✓ 緑内障点眼続行
  - ✓ 1.5%レボフロキサシン点 4回/日, 3日前から
  - ✓ 単独手術: ペノキシル点, 1%ピロカルピン点
  - ✓ 同時手術: ペノキシル点, ミドリンP点, ネオシネジ点
- ・術後投薬
  - ✓ 1.5%レボフロキサシン点, 0.1%ベタメタゾン点 4回/日(1ボトル/眼)
  - ✓ ダイアモックス 術当日と術翌日朝に1錠ずつ (最近では使用していない)
  - ✓ 術前使用のPG製剤,  $\beta$ 遮断薬, CAIIは術翌日から再開(2ボトルまで) (それ以外は中止)
  - ✓ 縮瞳薬は使用せず

4

## フックの使い分け

ストレートフック ⇒ 耳側アプローチによる鼻側切開用

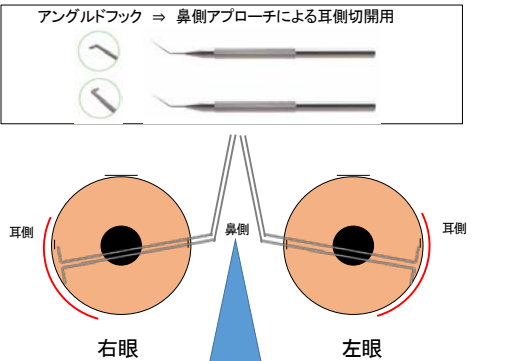


右眼 左眼

5

## フックの使い分け

アングルドフック ⇒ 鼻側アプローチによる耳側切開用



右眼 左眼

6

### 頭位・顕微鏡位置

- A. 顕微鏡は術者の左手に配置(患者の左側)
- B, C. 3時側の切開を行う場合は, 患者の頭部を左側に30°程度傾け, 患者にはさらに左方視してもらうよう指示
- C, D. 半側の線維柱帯の切開が終わると, 頭部を反対に傾け, 右方視してもらうよう指示し, 9時側の切開を行う
- ✓ 顕微鏡の鏡筒を傾斜させることなく線維柱帯を確認することが可能
- ✓ 術者は頭側からポジションを変えることなく, 両側の切開が可能
- ✓ 隅角の観察にはスワンヤコブレンズ隅角鏡(Ocular社)を使用している(E)

7

### 外壁損傷を避けるために深さが大切

線維柱帯の厚さ  
前方 50-70 μm, 後方 100-130 μm, 最薄部 2-20 μm  
Ab Hassan DW et al. / Ocul Biol 2014. Dietlein TS et al. BIO 2000.

- 切開字にフック先端が線維柱帯越しに透見できる深さで切開
- フックと一緒に眼球が動く場合はシュレム氏管外壁に当たっているの、フックを少し持ち上げるようにして進めていく

8

### μLOTの中期成績

杉原一輔ら  
第73回日本臨床眼科学会

#### 対象

- 2015年5月～2018年3月松江赤十字病院で同一術者が施行したμLOT連続症例 **375人560眼**
- 年齢 70.6 ± 13.2歳 (11-95歳)
- 男性 181 (48%) 女性 194人 (52%)
- 病型
  - POAG 317眼 (57%)
  - 落屑緑内障 112眼 (20%)
  - PACG/混合緑内障 71眼 (13%)
  - ステロイド緑内障 21眼 (4%)
  - 発達緑内障 17眼 (3%)
  - その他 22眼 (4%)
- 眼科手術既往(レーザー含む)有り132眼 (24%) 無し428眼 (76%)
- 平均観察期間 405 ± 327日 (2-1326日) ~ 約13.5ヵ月

9

### 術式

N	単独手術	白内障同時
	159眼 (28%)	401眼 (72%)
IOL眼	79眼 (159眼, 50%)	-

術前	N	平均±SD (mmHg)	範疇	*対応のあるt検定	
				P値 (vs術前)*	
3D	560	20.2 ± 7.0	10-69		
1-2W	547	9.7 ± 5.2	1-51	<0.0001	
1M	546	14.1 ± 6.1	1-46	<0.0001	
3M	506	13.5 ± 5.3	0-59	<0.0001	
6M	431	12.9 ± 3.5	1-30	<0.0001	
9M	369	13.0 ± 3.5	3-29	<0.0001	
12M	311	13.1 ± 3.6	4-32	<0.0001	
18M	285	13.2 ± 4.2	4-51	<0.0001	
24M	204	12.9 ± 3.6	4-27	<0.0001	
30M	133	12.8 ± 3.7	5-38	<0.0001	
36M	74	12.8 ± 3.6	6-25	<0.0001	
最終	47	13.3 ± 3.3	7-25	<0.0001	
	549	13.9 ± 5.6	4-59	<0.0001	

31%眼圧下降 P<0.0001 (混合効果モデル)

10

### 術後併発症と処置

術後併発症	頻度, 眼(%)	術後追加処置	頻度, 眼(%)
ニボー形成	172 (30.1%)	前房出血除去	26 (4.6%)
スパイク(>30 mmHg)	34 (6.1%)	tPA	15 (2.7%)
フィブリン析出	24 (4.2%)	瞳孔形成/虹彩後癒着解除	8 (1.4%)
黄斑浮腫	22 (3.9%)	白内障手術	6 (1.1%)
虹彩後癒着/瞳孔偏位/瞳孔閉鎖	9 (1.6%)	うち緑内障同時手術	5
白内障	6 (1.1%)	トリアムシノロンテノン薬	4 (0.7%)
硝子体出血	5 (0.9%)	硝子体切除術	3 (0.5%)
IOL後面嚢内血腫	5 (0.9%)	抗VEGF硝子体注	3 (0.5%)
低眼圧を伴う毛様体剥離	4 (0.7%)	YAG後囊切開	2 (0.4%)
角膜後面沈着物/虹彩炎	3 (0.5%)	前房穿刺	1 (0.2%)
後発白内障	2 (0.4%)	前房内SF6ガス注入	1 (0.2%)
CCC収縮	1 (0.2%)	前房内粘弾性物質注入	1 (0.2%)
脈絡膜出血	1 (0.2%)	YAG CCC切開	1 (0.2%)
網膜静脈分枝閉塞症	1 (0.2%)		
加齢黄斑変性	1 (0.2%)		
<b>術後合併症あり</b>	<b>239 (42.7%)</b>	<b>術後処置あり</b>	<b>63 (11.3%)</b>

11

### 手術惹起乱視量の術式間比較

0° = 倒乱視, 90° = 直乱視

単独手術3ヵ月後の惹起乱視

LEC 1.01D @ 56°	EXP 0.62 @ 74°	従来LOT 0.23 @ 112°	μLOT 0.12 @ 97°
--------------------	-------------------	----------------------	--------------------

⇒ μLOTはほとんど乱視を惹起しない

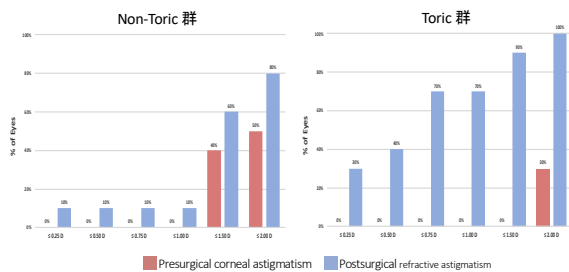
(Tanito et al. Clin Ophthalmol 2017)

12

### 術前角膜乱視 $\geq 1.5$ Dに対する $\mu$ LOTトリプル手術

Effect of Toric Intraocular Lens Implantation on Visual Acuity and Astigmatism Status in Eyes Treated with Microhook Ab Interno Trabeculotomy  
Ichioka S, Manabe K, Tsutsui A, Takai Y, Tanito M.

#### 手術前後の屈折乱視度数の変化



術後、トーリックIOL使用眼で有意な屈折乱視度数の軽減を認める

13

### まとめ

#### $\mu$ LOTの特徴:

- 従来のLOT(眼外法)よりも手技的難易度が低く、侵襲が少ない
- 多くの症例で術前より眼圧下降
- 高齢、ステロイド緑内障、発達緑内障が良い適応
- 術後屈折の予測性が高く、トーリックIOLによる乱視矯正が可能

14

## 360度トラベクトミー

北海道大学大学院医学研究院眼科学教室  
新明 康弘

1

### 360度(スーチャー)トラベクトミーの眼圧下降効果

		術前	術後6か月
Metal-lotomy (120度)	眼圧	25.8±9.9mmHg	16.7±5.6mmHg
	点眼数	2.8±0.5	1.3±1.2
Suture-lotomy (360度)	眼圧	27.8±12.5mmHg	<b>13.2±2.7mmHg</b>
	点眼数	2.8±0.6	<b>0.3±0.6</b>
μ-lotomy (200度)	眼圧	21.7±9.3mmHg	14.7±3.8mmHg
	点眼数	3.5±1.0	2.4±1.1

Chin S, et al. J glaucoma. 2012, 新海ら 緑内障学会 2020

※ 切開範囲が広いほうが眼圧が下がる

2

### 眼内法の準備

**器具**

- 陳氏スーチャートラベクトミー糸 (半田屋)
- ヒル オープンアクセスサージカルゴニオプリズム (左手用)
- 池田氏マイクロカプスロレキシス鑷子 23G ユニバーサル
- オペガンハイ@
- 一般的なマイクロセット
- 前房洗浄用に白内障手術機械 (バイマニュアル使用)

**セッティング**

術者は患者の耳側に座り、顕微鏡を20度くらい術側に傾ける  
患者に反対側を顔を傾け、さらに反対側を見るよう指示

**麻酔**

点眼麻酔+前房内麻酔 (0.5%キシロカイン0.2cc)

3

### 眼内法の手技

#### きっかけを作る

角膜にサイドポートを2~3箇所作成 上・下(耳)側

左手側から糸を右手側から鑷子を挿入

鑷子で線維柱帯を擦るようして穿孔する

※ 眼圧が低いと出血して線維柱帯が見えなくなる

4

### 眼内法の手技

#### 糸の挿入と全周切開

開窓した線維柱帯に糸の先端を押し付けるようにして挿入

糸を持ち替えながらシユレム管内に押し進める

鑷子で戻ってきた糸の先端を掴み、眼外に引き出す

5

### 眼内法の手技

#### 部分切開1

途中で詰まると糸が壊れて、これ以上押し込めなくなる

耳側にポートを追加し、鑷子で糸を持ち直し糸を引いて切開

90度くらい切開したら、左側ポートから糸を引き、残りを切開

※ 糸が抜けて来ないように、引く角度に気をつける

6



眼内法の手技

### 部分切開 2

180度切開された線維柱帯

残りの切開されていないシュレム管内に逆方向から糸を進める

一周した糸の先を鑷子で掴む

糸を眼外に引き出す (右半分の線維柱帯はすでに切開済)

糸の両端を引いて残りの線維柱帯を含めて全周切開

7

眼外法の準備

**器具**

- 陳氏スーチャートラベクトミー糸 (半田屋)
- 強膜弁作成用ストレートナイフ (マニー社 22.5度)
- 30Gビスコ針 (シュレム管拡張用)
- オペガンハイ®
- 一般的なマイクロセット+縫合糸
- 前房洗浄用に白内障手術機械 (ハイマニュアル使用)

**セッティング**

術者は患者の耳側下方に座る

**麻酔**

点眼麻酔後、結膜切開をしてテノン囊下麻酔 (2%キシロカイン1cc)

8

眼外法の手技

### シュレム管の拡張と糸の挿入

二重強膜弁を作成し、シュレム管を開放

シュレム管の入り口に粘弾性物質を注入し拡張

糸をシュレム管内に挿入

糸をゆっくり押し進めていく

9

眼外法の手技

### 前房内を経由した全周切開

二重強膜弁の反対側から糸の先端が出てくる (先端を切る)

強膜弁の対側にポートをあげ、粘弾性物質で前房内置換

強膜弁の両端の線維柱帯を穿孔し、糸を前房内に挿入し、対側のポートから出す

強膜弁を閉じて糸を引きながら線維柱帯を切開

10

眼内法と眼外法の特徴と使い分け

	眼内法	眼外法
1本の糸での全周通糸	難しい	比較的容易
粘弾性物質によるシュレム管拡張	しなくても良い	必須
シュレム管内への糸の挿入	やり直しが効く	2回失敗するとダメ
手術時間	10-20分	20-30分
角膜混濁症例	難しい	問題なし
周辺虹彩前癒着がある症例	難しい	対応可能
結膜・強膜への侵襲	無し	有り

眼内法が困難な症例以外は、まず眼内で、ダメなら眼外にコンバートする

11

明日から始める360度スーチャートラベクトミー

- 私は従来の金属プローブを使ったトラベクトミーに慣れている  
ロトムを糸に変えるだけで**360度トラベクトミー眼外法**ができます  
金属製プローブより糸の方が柔らかい分、シュレム管内に入れやすいです
- 私は手術用隅角鏡を使った操作に慣れている  
隅角鏡で線維柱帯が見えれば**360度トラベクトミー眼内法**ができます
- 私はどちらも行ったことがない  
トラベクトミーの際にシュレム管を開放する練習をしてください  
さらにシュレム管にビスコ針を入れてみて下さい  
そうすれば**360度トラベクトミー眼外法**ができるようになります  
**眼内法**には手術用隅角鏡に慣れる必要があります

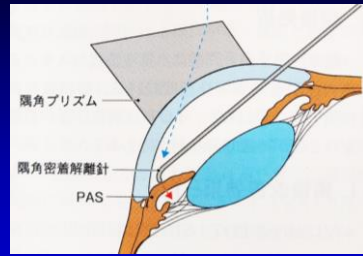
12

## 原発閉塞隅角緑内障に対する 隅角癒着解離術

愛媛大学  
浪口孝治

1

## 隅角癒着解離術 (Goniosynechialysis:GSL)

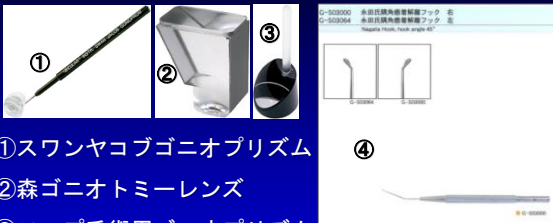


隅角癒着を解離し、生理的な房水流出路からの房水流出を促進し、眼圧下降をはかる。

眼科プラクティス11 緑内障診療の進めかた p310

2

## 隅角癒着解離術グッズ



- ①スワンヤコブゴニオプリズム
- ②森ゴニオトミーレンズ
- ③ソープ手術用ゴニオプリズム
- ④隅角癒着解離針  
(谷戸フックや27G鈍針を粘弾性物質につけても可)

3

## 隅角癒着解離術

患者の頭位と術者の位置



顕微鏡をあおる

患者の頭を傾ける

⑤森ゴニオレンズでは頭位を傾ける必要なし

4

## 隅角癒着解離術

### 麻酔

- ・2%キシロカインによるテノン嚢下麻酔
  - ・1%キシロカインによる前房内麻酔
- 虹彩根部を触るため点眼麻酔だけでは不十分。

### 粘弾性物質による前房形成

- ・可能な限り前房を完全に粘弾性物質に置換する。
- ・粘弾性物質を十分に前房に置換することで隅角を広げ、前房内の操作スペースを確保できる。

5

## 隅角癒着解離術

### 癒着解離

- ・隅角鏡を圧迫し過ぎると角膜が歪み隅角の視認性が低下する。
- ・サイドポートより隅角癒着解離針を挿入し慎重にPAS部分を押し下げようように解離を進めていく。
- ・解離は線維柱帯が露出して強膜岬を確認できるところまで行う。
- ・無理に解離を進めると隅角損傷を起こし出血をきたす可能性がある。
- ・出血が多い場合は粘弾性物質で押し流すかボスマイン入りの還流液で洗浄する。

6



## 白内障手術との併用

### GSLを先に行うメリット

- ・隅角の視認性に優れている。

### GSLを先に行うデメリット

- ・前房が極端に浅い症例では前房形成が難しい場合がある。

### 白内障手術を先に行うメリット

- ・前房が深くなりGSLの操作が容易になる。

### 白内障手術を先に行うデメリット

- ・角膜浮腫により透視性が低下する。強角膜切開では術野に血液が迷入する場合がある。

7

## 症例 75歳 女性

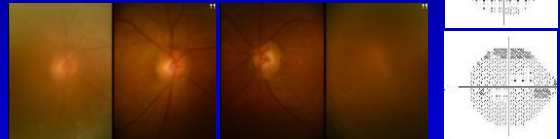
- ・両眼のNTGIに対して点眼加療していたが、徐々に眼圧上昇あり、手術加療目的で当科紹介となった。

### 初診時検査所見

RV=0.2(0.6×S+2.25D C-1.00D Ax80)

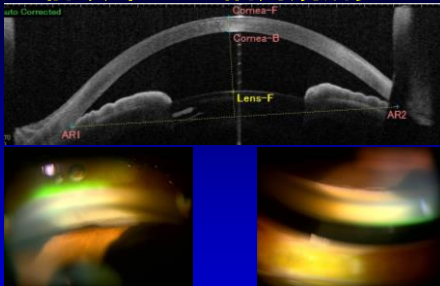
LV=0.4(0.8×S+0.25D C-1.50D Ax90)

RT=23mmHg, LT=22mmHg



8

## 前眼部OCT・隅角鏡所見



隅角にはPAS形成を認めPACGと判断し  
PEA+IOL+GSL施行

9

## 手術ビデオ



術後は点眼なしでRT=16mmHg, LT=15mmHg

10

## 他の流出路再建術との併用も可能



11

## まとめ

- ・GSLは比較的簡便でかつ安全性の高い手術。
- ・眼圧下降効果も優れているため広範なPASを認める症例では積極的に施行することが望ましい。
- ・更なる眼圧下降を目指す場合はマイクロフックやsuture lotomyなどを併用することも可能。

12