

濾過手術の基本手技

トラベクトミー



日本医科大学 白鳥 宙

第48回日本眼科手術学会 教育セミナー

1

トラベクトミーの適応

- 薬物治療やレーザー治療で効果が不十分な場合には、手術が検討される。
(眼圧下降薬を3剤併用しても明らかにコントロール不良など)
- トラベクトミーは、原発開放隅角緑内障、原発閉塞隅角緑内障、血管新生緑内障、落屑緑内障、ぶどう膜炎続発緑内障など、様々な緑内障病型が適応となりえる。
- 正常眼圧緑内障においても、年齢層や病期の重症度を問わず、眼圧低下させ、視野進行を遅らせる。
- 主経路系のMIGSより、低い眼圧を目指す。

1) 緑内障診療ガイドライン 2023

2) Lai C. et al.: Frontiers in Medicine. (2022)

2

トラベクトミーの合併症

<術中>

結膜ボタンホール形成、強膜フラップ破損、前房出血、前房形成不全 など

<術後早期>

房水漏出、過剰濾過、浅前房、脈絡膜剥離、低眼圧黄斑症、悪性緑内障、前房出血 など

<術後晩期>

房水漏出、濾過胞感染、白内障、低眼圧に伴う合併症、角膜炎Dellen, overhanging bleb など

- トラベクトミーは合併症の少ない手術であるから、考慮して判断する。

1) Park J et al.: Cochrane Database Syst Rev. (2023)

2) Khan A et al.: Acta Ophthalmologica. (2024)

3) Governatori, L. et al.: Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. (2024)

3

トラベクトミー vs プリザーフロ

(meta-analyses and systematic reviewsより)

- 術後眼圧、眼圧下降率、点眼薬減少率は、トラベクトミー > プリザーフロ
- 術後早期の低眼圧は、プリザーフロの方が多いが、低眼圧による脈絡膜剥離、低眼圧黄斑症、前房形成が必要な浅前房、遅延する低眼圧には差がなかった。
- 出血関連の合併症やプレブ関連の合併症は、トラベクトミーの方が多い。
- 中期～後期症例において、手術後の視野障害進行や低眼圧黄斑症は、トラベクトミーの方が多い。

1) Park J et al.: Cochrane Database Syst Rev. (2023)

2) Khan A et al.: Acta Ophthalmologica. (2024)

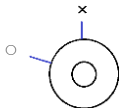
3) Governatori, L. et al.: Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. (2024)

- プリザーフロは簡便で有用だが、トラベクトミーの技術は 不可欠である。

4

結膜切開のポイント

- ・ まず結膜の状態をよく観察 結膜瘢痕（結膜下癒着）が少ない部位はどこか
強膜弁の配置と輪部縫合の配置をイメージし、切開位置を決める
- ・ 切開位置は (12時方向はoverhanging blebなどの合併症リスクのため ×)
上耳側 or 上鼻側 耳側：術野は確保しやすい
(慣れるまで全例 効き手術とかでもよい) 鼻側：濾過物が陰裂に露出しづらい
耳側を温存（再手術やチューブシャント手術用）
- ・ 放射状結膜切開 耳側 or 鼻側 に縦切開（Dellenの予防のため）
(12時側は×)
- ・ 輪部結膜切開 (私は…) 角膜側に 結膜 をなるべく残さない



5

テノン嚢切開・剥離のポイント

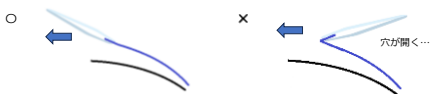
- ・ まずは、テノンの起始部（輪部から1-2mmほど後方にある）を強膜から切除する
- ・ テノン嚢下のスペースを、円蓋部方向に房水が流れていくように広げる（△ 横方向）
- ・ テノンが円蓋部に後退している場合（高齢者など） ⇒ 奥からテノンを把持して引き出す
(最後にテノンを輪部に縫合できるように、十分に剥離する)
- ・ テノンが薄い場合 ⇒ 結膜下に麻酔を入れ（鈍針）テノンを浮腫ませる
- ・ 直筋の起始部付近は、動脈性の出血をする場合があるので要注意
(なるべく鈍的に剥離・安易に盲目的に剪刀で切らない)

6

結膜の扱いのポイント

(レクトミーにおいて、結膜損傷は地味だが最も避けたい術中トラブルの1つ…)

- ・ 結膜の扱いは、すべて無鉗子を使用する
- ・ 結膜は容易に穴が開くため、無理な負荷をかけない ・ 引っ張る方向にも注意
- ・ なるべく結膜は持たず、テノンを把持する
- ・ 強膜止血凝固時や強膜弁作成時なども、結膜に誤って触れないように細心の注意



7

強膜弁作成のポイント

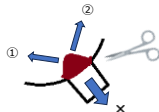
- ・ 3 x 3 mm 程度の四角形フラップが基本（大きさや形は好みだが毎回同じに作るが大抵）
- ・ 作成位置 … 10時方向 または 2時方向、結膜の縦切開から1mm程度は離す
- ・ 強膜止血凝固は最小限に（過凝固は、過剰濾過や悪起乱視の原因になる）
- ・ フラップが薄くならないように注意
(強膜の厚みの半分~2/3程度の厚みを目標に)
(特に、縁取りの角を、浅くならないように十分に切り込む)
- ・ メスの切れ味が悪ければためらわずに交換する
- ・ 眼炎症既往や強度近視の患者では強膜が薄いことに注意

8

強角膜ブロック切除と周辺虹彩切除のポイント

(この操作中に眼球虚脱に伴う駆逐性出血などを最も生じやすいため、速やかに、そして確実に)

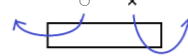
- ・あらかじめ角膜サイドポートを作成し、虚脱時にすぐに水を注入できるようにしておく
サイドポートから少し房水を漏らし、先に眼圧を下降させておく
- ・あらかじめ強膜弁に縫合糸を1針かけておくとし、すみやかに閉鎖できる
- ・ブロック切除は、横長の長方形 メスと剪刀を用いて 横横→縦縦 or 縦縦→横横
(私は…) メスで平行に横切開をいれてから、鑷子で摘み剪刀で縦を切除
- ・周辺虹彩切除は 有鉤鑷子で虹彩を引き出し、
左右に振りながら2段階で切除
(強膜方向に引き出し過ぎると全腹切除してしまいやすい)
- ・虹彩切除したら、とにかく速やかに縫合し、眼球虚脱を解除



9

強膜弁縫合のポイント

- ・ 10-0 ナイロン糸で 3-1-1 縫合 強膜弁 → 周囲強膜 に針を通す
- ・ レーザー切糸のことを考えて、長めのバイトで
- ・ water-tightに、必要十分な本数で縫合する
- ・ 縫合の強さは、締めすぎるとかえって強膜弁が歪み水漏れしやすい、悪起乱視も大きくなる
(3-1-1縫合の、最初の1で締め具合を調節し、最後の1でしっかり固定する)
- ・ なるべく強膜弁の厚みの半分に適合するイメージ
(全層に針を通すと針穴から過剰透過になることがある)

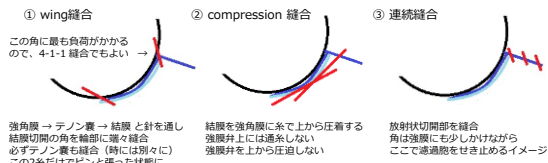


10

結膜 (テノン囊) 縫合のポイント (バリエーションが多いが、ポイントは2点)

- ・ 結膜だけでなくテノン囊も輪部にしっかりと縫合する (有血管の強い濾過胞になりやすい)
- ・ リークなくwater-tightに縫合する (マッサージ や レーザー切糸に耐える縫合)

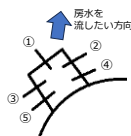
【以下、私の縫合方法…】



11

レーザー切糸のポイント (トライ& エラーではないが、経験値がものを言う…)

- ・ 手術当日は、多少眼圧が高くても、なるべく切らずにマッサージや内服などで耐える
- ・ 手術翌日からレーザー切糸開始 (1日1本までを原則とする)
眼圧10mmHg以下を目指して、術後2-3週間以内に行う
- ・ 切糸の順序の基本は、後極側の12時側の糸から
(後方に房水を導くイメージ、かつ、放射状切開側に流したくない)
(手術時に、どの糸を切ったらどれくらい漏れるイメージかも参考に)
- ・ 自然経過で下がりそうなのは、多少高くてもマッサージで待つ
(前房出血、炎症が強い、強膜弁下に血栓がある場合など)
(術直後は、眼圧値だけでなくフレブ形態やマッサージに対する反応が大事)
(ふわふわとのマッサージでよく流れていけば、多少高くても待つ方がいい)
- ・ 強膜弁部の閉塞がある場合は、LSLを全て行う前に、軽いneedlingによるflap elevation
を挟むことも検討する



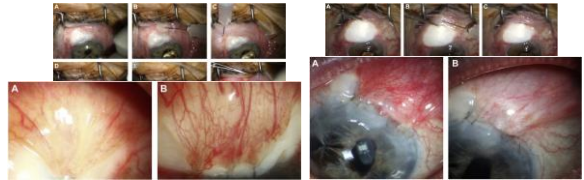
12

濾過胞再建術の適応

- 濾過胞からの房水漏出 (Leaking bleb)
- Overhanging bleb
- Flat bleb
- デバイス露出 (チューブ、Express、etc)

17

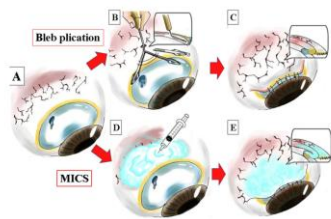
Incision-free minimally invasive conjunctival surgery (MICS)



Gupta, N. (2019). *American Journal of Ophthalmology*.

18

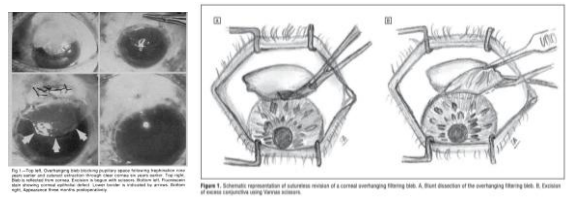
Bleb plicationとMICS



Sugimoto, K. (2020). *Scientific Reports*

19

Overhanging blebの治療



Scheie. *Archives of Ophthalmology* 1979.

Anis. *Archives of Ophthalmology* 2006.

20

症例提示

- 症例① 40代M POAG
- 症例② 54歳F 続発性緑内障（サルコイドーシス）
- 症例③ プリザーフロ術後

21

濾過胞再建術のポイント

- 症例選択
有血管性結膜、結膜可動性が良好
初回手術からの期間が適当（短すぎるものは、予後不良？）
- 教訓
結膜切開は大きめに
強膜弁から離れた部位から線維性結合組織を剥離、除去
- プランB、不測の事態への対応

22

緑内障 教育セミナー「濾過手術の基本手技」



Ex-pressの工夫

雄山アイクリニック
富山大学

東條直貴

23

Ex-pressのメリット、デメリット



メリット

- 線維柱帯切除、周辺虹彩切除が不要で、低侵襲
- 前房出血、硝子体脱出、術後低眼圧のリスクが少ない
- 術後早期の視力が回復が得られ、術後乱視も少ない

デメリット

- 房水流出を大きくすることが難しい
- 大きい濾過胞を作りにくく、小さくなりやすい
- ニードリングの効果が得られにくい

24

Ex-pressの禁忌



- (1) ぶどう膜炎
- (2) 眼感染症
- (3) 重度のドライアイ
- (4) 重度の眼瞼炎
- (5) 閉塞隅角緑内障
- (6) 金属アレルギーの既往歴のある患者
- (7) その他、全身的、眼科疾患を伴うこと等を理由として医師が不適当と判断した症例

25

Ex-pressの適応のまとめ



- 基本的には眼圧が高い症例にも、低い症例にも効果が期待できる
- 特に眼圧が低い症例で、無硝子体眼などが良い適応
- PASを形成する疾患は避ける
 - 閉塞隅角
 - ぶどう膜炎
 - 血管新生緑内障

26

工夫①DUESの対応



上眼瞼挙筋短縮術を検討する

術前



術後



27

工夫②術前結膜充血の対応

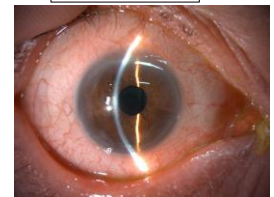


手術前に結膜の消炎をしておく

ステロイド点眼前



ステロイド点眼後



28

工夫③ガイド針の挿入



線維柱帯への挿入を心がける

角膜挿入



線維柱帯挿入



29

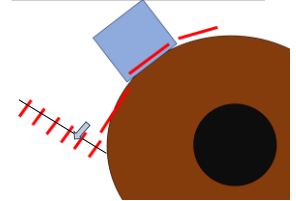
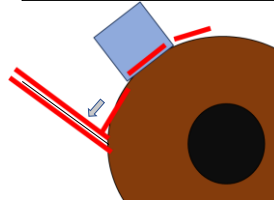
工夫④結膜縫合のコツ



放射状切開部分の縫合は、radialに縫合がおすすめ

放射状切開部分から漏れにくい

放射状切開部分から漏れやすい

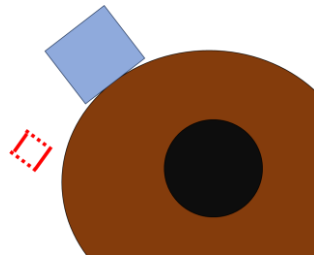


30

工夫⑤リーキングブレブの対応



- ①縫合
- ②点眼、軟膏治療
- ③CL治療
- ④ニードリング

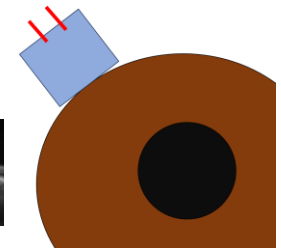
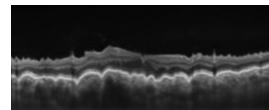


31

工夫⑥術後低眼圧の対応



強膜フラップを結膜の上から縫合する

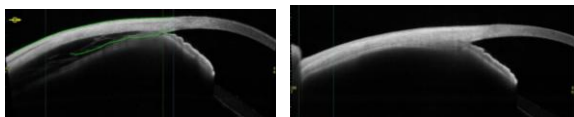


32

工夫⑦術後低眼圧の対応



前眼部OCTで毛様体剥離をチェックする



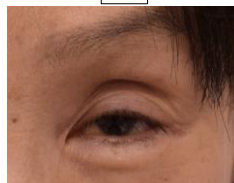
33

工夫⑧術後眼瞼下垂の対応

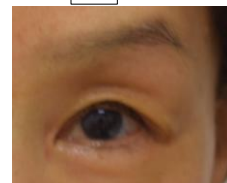


上眼瞼挙筋短縮術を検討する

術前



術後



34

(プレート付き)チューブシャント手術

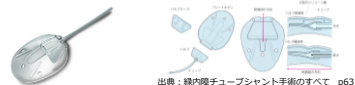
愛媛大学
EHIME UNIVERSITY
浪口孝治

35

アーメド緑内障バルブ®

【形状・構造及び原理等】

アーメド緑内障バルブ®は、既存療法に奏効しない難治性緑内障患者に対し、眼圧下降を目的に房水を眼内から排出するために埋植して使用する。バルブは一方方向性で、2枚のシリコンエラストマー膜が合わさってチューブに接続された構造となっている。理論上、約8mmHgの圧が加わると、バルブが開放し通水される。



出典：緑内障チューブシャント手術のすべて、p63

結膜癒着の強い症例でも有効。
術後低眼圧に伴う合併症が少ない。

36

結膜切開

- 3時方向の結膜に7~8mm程度の水平切開を行い輪部に沿って7時方向まで切開を加える。術野を広くするために7時方向も垂直方向に3mm程度切開を加える。
- 通常結膜切開は1象限程度で十分ではあるが、結膜の癒着化が強い症例ではさらに広範囲に切開を行わないと結膜縫合時に結膜が癒着しない可能性がある。



37

テノン嚢下ポケット作成

- 結膜切開を行った後にテノン嚢を鈍的に剥離していく。プレートを用意するためにはテノン嚢下の空間確保が必須であり、十分な空間確保が出来ていないとプレートが前方に押し出され偏位したり、テノン嚢が引っ掛かり結膜縫合の時に結膜が癒着しなくなる可能性がある。
- スプリング剪刀だけではなく外科剪刀などを用いて広い範囲でテノン嚢を剥離する。上直筋と外直筋の付着部を露出し確認しておく。



38

プライミング

- アーメドの特徴である2枚のシリコンエラストマー膜は、開封後は強固に癒着しており、チューブをそのまま挿入しても房水は流れていかない。27G鈍針を用いてBalanced Salt Solution (BSS) をチューブに通して通水するか確認が必要である。



39

プレートの固定

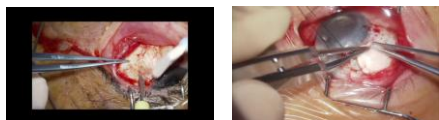
- 2直筋の付着部を確認し、アーメド本体を角膜輪部から8~10mmの位置で固定する。濃者は8-0アイロンで固定しているが他の糸を使用して固定しても問題はない。プレートを引っ張ってわずかも動きがあるようであれば縫い直す必要がある。わずかな痛みでもチューブ露出や位置ずれの原因となることがある。



40

強膜フラップ作製

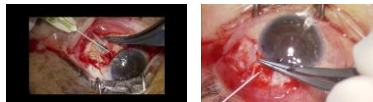
- 濁者はプレートの根元から角膜縁部方向に向けて約4×6mmのL字型半層強膜弁を作成している。
- 強膜の菲薄化している症例では保存強膜を使用し設置を行う。チューブの根元と挿入部分を十分に覆えるように強膜フラップを作製する。



41

チューブ挿入(前房・毛様溝挿入)

- チューブの先端が2mm程度眼内に出るようにチューブ先端をベヘリアップになるように切断する。後で調整ができるようにチューブは少し長めに切断しておく。
- 前房挿入の場合は遠角縁移行部から、毛様溝挿入の場合は角縁部から1.5~2mmの位置で30G鋭針にて刺入角度を確認するために試験的穿刺を行い、次いで23G鋭針を刺入しチューブ挿入部位を作製する。
- チューブ先端を鑷子で把持し眼内に挿入する。チューブ先端が角縁内皮側に行かないように虹彩に平行に挿入を行う。チューブの長さが長すぎたり短すぎたりしていないか確認し、必要であれば再度チューブを切断し長さを調節する。



42

チューブ挿入(扁平部挿入)

- チューブの先端が4mm程度眼内に出るようにチューブ先端を切断する。後で調整ができるようにチューブは少し長めに切断しておく。
- 濁者は角縁部から3.5~4mmの位置で30G鋭針にて刺入角度を確認するために試験的穿刺を行い、次いで23G鋭針を刺入しチューブ挿入部位を作製する。チューブ先端を鑷子で把持し、眼内に挿入する。
- チューブ先端に周辺部硝子体が陥みついていないか、チューブの長さが長すぎたり短すぎたりしていないか確認し、必要であれば再度チューブを切断し長さを調節する。



43

The Ahmed Versus Baerveldt Study
Five-Year Treatment Outcomes

Complication	Ahmed (n = 124)	Baerveldt (n = 144)	P
Shallow anterior chamber	18 (15%)	19 (17%)	0.67
Choroidal effusion	16 (13%)	18 (16%)	0.33*
Tube complication	17 (14%)	19 (17%)	0.41
Tube obstruction	2 (2%)	10 (9%)	0.10*
Tube migration	4 (3%)	7 (6%)	0.26
Tube erosion	5 (4%)	2 (2%)	0.49*
Corneal edema	19 (15%)	19 (17%)	0.61
Iritis	9 (7%)	14 (12%)	0.19*
Leakage of aqueous	11 (9%)	14 (12%)	0.46
Encapsulated hbk	14 (11%)	4 (4%)	0.23*
Hypotony	9 (7%)	6 (5%)	0.43
Myopia	6 (5%)	2 (2%)	0.28*
Aqueous misdirection	2 (2%)	4 (4%)	0.43
Intraocular hemorrhage	2 (2%)	3 (3%)	0.67
Retinal tears	1 (1%)	2 (2%)	0.45
Retinal detachment	1 (1%)	0	1.0*
Endophthalmitis	1 (1%)	0	1.0*
Degeneration to no light perception	2 (2%)	7 (6%)	1.0*
Exposure keratopathy	4 (3%)	6 (5%)	0.25*
High IOP requiring de novo surgery	19 (15%)	11 (10%)	0.16*

チューブ露出は4%、濾過胞癭瘻化は11%
高眼圧のため追加手術を必要としたのは15%

Christakis PG et al. Ophthalmology. 2016 Oct;123(10):2093-102.

44

チューブ露出のリスク

Clinical Ophthalmology ORIGINAL RESEARCH

Risk factors for tube exposure as a late complication of glaucoma drainage implant surgery

Variable	Univariate analysis		Multivariate analysis	
	Odds ratio (95% CI)	P-value	Odds ratio (95% CI)	P-value
Follow-up (years)	1.00 (0.95-1.06)	0.877	1.00 (0.73-1.31)	0.988
Age	0.98 (0.97-0.99)	0.002	0.97 (0.97-0.98)	0.002
Follow-up time	0.79 (0.70-0.91)	0.001	0.95 (0.92-0.98)	0.001
Self eye	1.13 (0.55-2.32)	0.805	2.45 (0.46-13.48)	0.285
African-American race	0.88 (0.30-2.46)	0.790	0.35 (0.03-4.43)	0.340
Hispanic/Latino	0.64 (0.18-2.37)	0.476	0.74 (0.16-3.50)	0.761
Unknown	0.28 (0.03-2.84)	0.327	0.17 (0.00-7.20)	0.208
Other characteristics	0.25 (0.01-7.44)	0.401	0.18 (0.01-7.31)	0.202

Note: Excluding information during the early 30-month postoperative period.
Abbreviation: CI, confidence interval.

若年者、炎症眼、糖尿病で露出のリスクが高かった。

Chaku M, Netland PA, Ishida K, Rhee DJ. Clin Ophthalmol. 2016 Mar 30;10:547-53.

Take-home message

- チューブシャント手術は難治性緑内障に対して非常に有効な術式であるが、あくまでも濾過手術の延長線上の術式であるため、結膜縫合・強膜縫合を丁寧に行わなければ房水漏出やチューブの露出・位置ずれ・感染の憂き目にあうことになる。
- 緑内障手術の基本的な術式であるトラベクトミーを十分に経験し、結膜縫合・強膜縫合の技術を習得した上でチューブシャント手術に臨む必要がある。
- また、チューブシャント手術特有の合併症もあり、そのトラブルシューティングについても適切な対応をとっていく必要がある。

チューブシャント手術の適応となる症例はシビアなものが多いが、挫けず立ち向かっていく必要がある！！