

## Key word

ダブルミラー型隅角鏡

本稿では主としてダブルミラー型隅角鏡（図1, 2）を用いた隅角癒着解離術（goniosynechialysis）の基本的な手技に関して、手術の流れに沿って解説する。なお、従来型の手術用隅角鏡（図3）を用いる場合には、視軸方向から隅角を観察、操作することが困難であるため、その都度、顕微鏡、眼球もしくは頭部を目的とする方向へ傾斜もしくは回旋させる必要がある（図4, 5）。

## 適 応

周辺虹彩前癒着（peripheral anterior synechia ; PAS）を伴う原発閉塞隅角緑内障（primary angle-closure glaucoma ; PACG）、プラトー虹彩症候群による慢性閉塞隅角緑内障が適応となる。サルコイドーシスなどのぶどう膜炎続発閉塞隅角緑内障や外傷後の続発閉塞隅角緑内障には無効であるため、適応判断にあたってはPASの性状を詳細に検討する必要がある。有水晶体眼の場合には白内障手術を併用したほうが再癒着も起こしにくく、手術効果が高い。術前のPASインデックスが高いほど手術による眼圧下降効果が大きいが、癒着期間が長い場合には隅角癒着解離術単独では眼圧が十分に下降しないことがあるので線維柱帯切開術（トラベクトミー）を併用するか、線維柱帯切除術（トラベクトミー）への術式変更を考慮する。

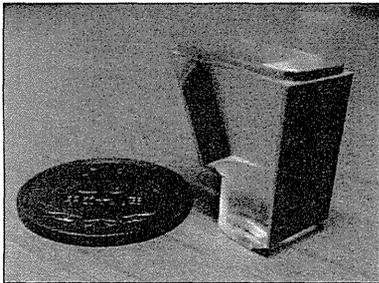


図1 ダブルミラー型隅角鏡

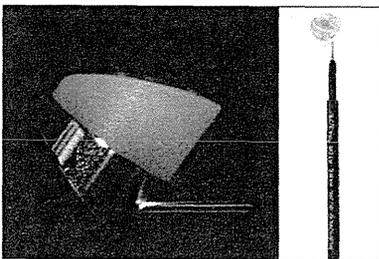
図2 ゴニオレンズの把持  
（ダブルミラー型隅角鏡）

図3 従来型隅角鏡

## 治療の流れ

術前の圧迫隅角検査による機能的閉塞と器質的閉塞の鑑別を行い、癒着範囲を確認しておく。また適応決定にあたって続発閉塞隅角緑内障の否定が必要であるので、ぶどう膜炎の既往などの病歴もきちんと確認しておく。白内障手術

図4 従来型隅角鏡のセッティング  
（左右方向）図5 従来型隅角鏡のセッティング  
（上下方向）

の際と同様に術前の角膜内皮スペキュラ検査による内皮細胞密度の測定を行い、内皮が少ない場合にはより慎重な適応決定が必要である。術前の瞳孔管理としては白内障同時手術の際には散瞳、隅角癒着解離術単独手術の際には縮瞳させておく。術後の安静度は白内障手術に準じる。通常の白内障手術後よりも炎症が強くなる可能性があるため、術後の副腎皮質ステロイド薬点眼ならびに非ステロイド抗炎症薬（NSAIDs）薬点眼は通常よりも投与期間を長めに設定する。また術後しばらくの間は縮瞳薬を点眼して隅角の再癒着を予防するとともに、プラトー虹彩の場合や有水晶体眼の場合にはある程度消炎された時点でレーザー隅角形成術を行う（レーザー隅角形成術は全例に行うべきであるとの意見もある）。

**Key word**

レーザー隅角形成術  
隅角癒着解離針

**手術の手順**

**1 局所麻酔** .....

リドカイン塩酸塩（2%キシロカイン®）によるテノン嚢下麻酔を行う。

**2 粘弾性物質による前房形成（図6）** .....

Vランスでサイドポートを作成し、前房水および後房水を抜き、前房内を粘弾性物質で満たす。粘弾性物質を十分に前房に充填することで、隅角を広げ、前房内のワーキングスペースを確保することができる。また、程度の軽い癒着ならば、粘弾性物質を前房内に充填しただけで癒着解離針を使わずとも癒着が解離することもある。

**3 隅角の確認** .....

手術用隅角鏡を角膜上に乗せ、360°回転させることにより全周にわたって隅角癒着の範囲を確認する（図7）とともに、非癒着部位で強膜岬の位置を確認して癒着解離のための目標となる高さを定める。従来型の手術用隅角鏡を用いる場合には、患者の頭部と顕微鏡の角度を大きく変えないと隅角が観察できないため、全方向の隅角を観察するためには、その都度、顕微鏡、眼球もしくは頭部を、目的とする方向へ傾斜もしくは回旋させる必要がある。

**4 サイドポートの作製（図8）** .....

Vランスを用いて癒着部位の対側に隅角癒着解離針を差し込むためのサイドポートを作製する。癒着が耳側の場合には鼻が邪魔して挿入できない場合があるので、上下いずれかの方向へ少しずらしてサイドポートを作製する。

**5 癒着解離の手技（その1）** .....

癒着解離時にはサイドポートより隅角癒着解離針を挿入した後に、手術用隅角鏡を角膜上に乗せ、片手で隅角鏡を把持しつつ他方で隅角癒着解離針を操作して行う（図9、10）。

**6 癒着解離の手技（その2）** .....

癒着部位に隅角癒着解離針の先端をあて、線維柱帯の表面をなでるようにし

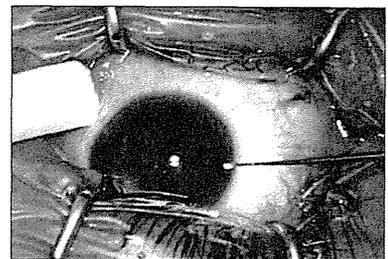


図6 十分に後房水も抜いてから粘弾性物質で完全置換

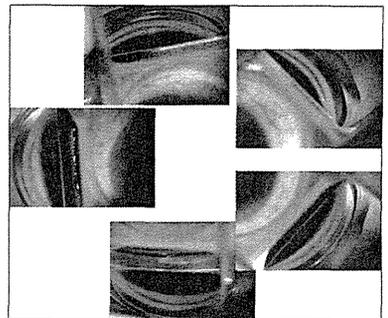


図7 全周隅角の確認(ダブルミラー型)

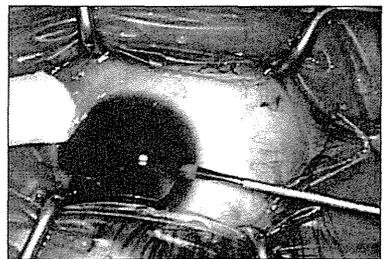


図8 サイドポートの作製

7

緑内障  
36  
隅角癒着解離術

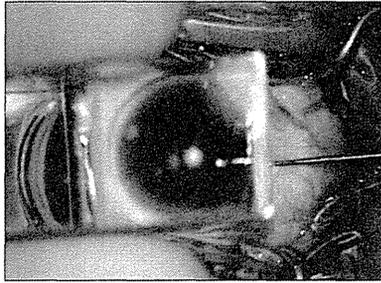


図9 ダブルミラー型隅角鏡の把持

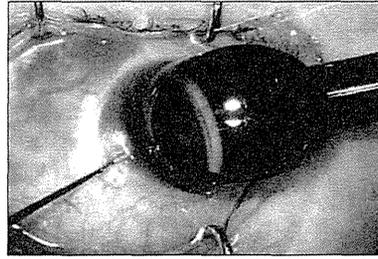


図10 従来型隅角鏡の把持



図11 癒着解離のポイント(なでるように落とす)

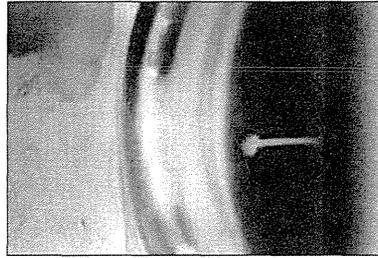


図12 癒着解離のポイント(出血させない)

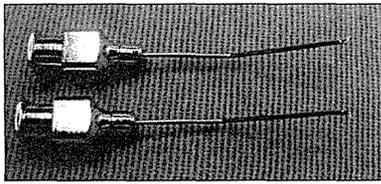


図13 隅角癒着解離針(右用と左用)

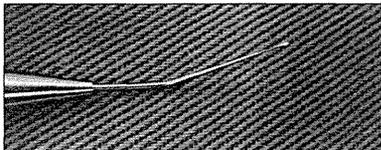


図14 森式隅角癒着解離スパテル(森式ゴニオスパテル)



図15 角膜接触面に入り込んだ血液による視認性の低下

ながら虹彩根部を後方へ押し下げる要領で癒着解離を行う(図11, 12)。隅角癒着解離針としては永田式, 上野式などがあるが, いずれもへら部分と針穴の位置関係により右用と左用があり, 癒着部分と挿入ポートの位置関係に伴う角度によって使い分ける(図13)。筆者らは白内障用の核分割スパテルの先端形状を修飾して, 独自の森式隅角癒着解離スパテル(森式ゴニオスパテル)を作製し, これを癒着解離に用いている(図14)。

#### 7 癒着解離の手技(その3) …… ◀◀◀

癒着解離の際に虹彩を押し下げすぎると虹彩血管が破綻して出血を起こすことがある。少量の出血の場合は癒着解離操作の継続が可能であるが, 多量では視認性が悪くなり操作の継続が困難となる。その場合に

は粘弾性物質で押し流すか, いったん癒着解離針を眼外に出してアドレナリン(ボスミン<sup>®</sup>)入りのBSS Plus<sup>®</sup>で洗浄する。

#### 8 視認性の確保 …… ◀◀◀

角膜と隅角鏡の間隙に血液が迷入するだけでも視認性が著しく損なわれるため, 麻酔の際にも可能な限り出血させないよう心がけるのみならず, 角膜上に粘弾性物質を置いたり, 常に水を流し続けたりするなど, 接触面に血液が迷入しない方策が必要である(図15)。また, 角膜を圧迫してしまうとデスメ膜皺が生じて視認性が損なわれるため, 隅角鏡は軽く浮かせた状態で把持する必要がある。

#### 9 全周の癒着解離 …… ◀◀◀

隅角癒着が広範囲にある場合, 従来型の手術用隅角鏡を使用する際は別の場所の癒着解離を行うために再度, 顕微鏡, 眼球, 頭部の方向を調整の上, 3~6を繰り返す。ダブルミラー型隅角鏡の場合は, そのまま隅角鏡の回転を行うだけでその他の場所の癒着解離を行うことが可能である(図16, 17)。

#### 10 白内障手術の併施 …… ◀◀◀

白内障手術を併用する場合には引き続いて白内障手術を行う。隅角癒着解離術単独の場合には, 前房内の粘弾性物質を吸引除去する。

#### 11 術終了時の処置 …… ◀◀◀

最後にアセチルコリン塩化物(オビソート<sup>®</sup>)を前房内に注入し, 縮瞳を図る。

## 合併症への対策

合併症としては、浅前房での無理な隅角操作による角膜内皮障害と炎症に伴う隅角の再癒着がある。特に本来の虹彩付着部を越えて癒着解離した場合には前房出血が必発であるのみならず、医原性毛様体解離から高度の炎症を惹起する可能性がある。このような合併症は隅角を盲目的に癒着解離した場合に生じやすく、術後には意外と眼圧がよく下がるので、術者に対してフィードバックがかかりにくい。通常、隅角癒着解離術のみで眼圧 10mmHg 以下に下降することは極めてまれであり、そのような症例が続くときには手術手技をよく見直す必要がある。

このような合併症を防ぐための隅角癒着解離術における最大のポイントは、視認性の確保である。隅角微細構造がしっかりと確認できる状態で操作を行えば、隅角損傷の可能性を低下させ得るのみならず、器具の接触による角膜内皮障害も防ぐことができる。白内障同時手術においては白内障手術よりも前に隅角操作を行ったほうが術創の影響を受けないため、視認性に優れている。

第2のポイントは前房の保持である。粘弾性物質の中でも分子量の大きいものを用い、前房深度を十分に確保することが重要である。浅前房での無理な隅角操作は角膜内皮障害のリスクが高まるのみならず、術後の炎症を惹起しやすくなることから再癒着の頻度が高くなる。また隅角操作中に房水が流出して前房深度が浅くなることを防ぐため、可能な限りあらかじめ前房水のみならず後房水も抜いた上で粘弾性物質に置換しておく必要がある。

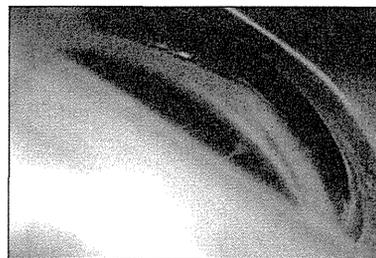


図 16 8時方向の癒着解離



図 17 11時方向の癒着解離

7



### 押さえておきたい！本術式のポイント

隅角癒着解離術は、隅角鏡の把持と癒着解離針の繊細な操作に熟練を必要とするため、初心者にとっては敷居の高い手術の1つである。とはいえ、濾過胞を作らない安全な手術としてマスターしておいて損はない。ただし適応の選択には術前の隅角評価が重要であり、常日ごろから隅角検査に慣れ親しんでおく必要がある。

## 手術を成功させるために

### 森ゴニオレンズ

従来の手術用隅角鏡は視軸方向から隅角を観察できないため、全周の隅角を操作するにはその都度、顕微鏡、眼球もしくは頭部を、目的とする方向へ傾斜もしくは回旋させねばならず、時間がかかるとともに、結果として無駄な操作も多くならざるを得なかった。森式直立型手術用ゴニオレンズ〔森ゴニオレンズ：Mori Upright Surgical Goniolens (オキュラー)〕(図 18) は、内蔵するダブルミラーと中央部視野により、眼球や頭部を傾斜させることなく視軸方向から全周の隅角を確認・操作することができる。

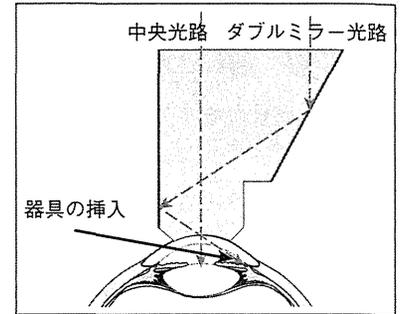


図 18 森ゴニオレンズの光路図

### ▶ 引用・参考文献

- 1) Iwasaki, N. et al. The double-mirror gonioscopic lens for surgery of the anterior chamber angle. Arch Ophthalmol. 115, 1997, 1333-5.
- 2) Mori, K. et al. Double-mirror goniolens with dual viewing system for goniosurgery. Am J Ophthalmol. 143, 2007, 154-5.

## 4 章 Ahmed バルブ手術

### 器具と装置

Lieberman吸引つきワイヤー型開瞼器  
鋭利なチタン製持針器  
Pierse型またはHoskins型無鉤鑷子  
中型Westcott型剪刀（Westcott型曲Tenon切除用剪刀，米国Storz Ophthalmic Instruments社）  
通常のWestcott型剪刀  
Stevens型剪刀（米国Robbins Instruments社）  
Bonnacolto型鑷子（米国Storz Ophthalmic Instruments社）  
22または23G針またはバタフライMcPherson型鑷子（長，曲）  
斜視鉤（二つ）  
Pierse型縫合鑷子（Pierse型Colibri鑷子，米国Storz Ophthalmic Instruments社）  
S-29針6-0バイクリル®  
ヘラ針9-0ナイロン  
CV-1型7-0ポリプロピレンまたはTG-100-8型8-0ナイロン：二重プレート型Ahmedバルブ用Tenon牽引糸（オプション）（米国Ethicon社）  
TG-140-8型8-0バイクリル®（米国Ethicon社）  
15°マイクロサージカルナイフ  
Ahmed緑内障バルブ（AGV）あるいは緑内障ドレーナージデバイス（GDD）（米国New World Medical社）  
生体移植片，たとえば含水型あるいはフリーズドライ型心膜（米国New World Medical社），あるいはドナー強膜（米国New World Medical社）  
手術用スポンジと綿棒  
バイポーラー型焼灼器  
27G灌流カニューレと3mLシリンジ  
眼内灌流液（balanced salt solution；BSS）  
チューブイン挿入器（米国New World Medical社）

## 適応と禁忌

### 背景と歴史：現在の緑内障ドレナージデバイス

眼圧を下降させるために前房から輪部結膜下腔へ房水を排出させる方法は、1907年にRolletが馬の毛を挿入したときに最初に試みられた。それ以来、異なった材料を使用した数多くの試みがなされてきているが、あまり成功しているといえない。これらのすべての手術は輪部近傍の過度の癒痕形成のために失敗した。転機は1969年、Anthony Molteno博士が輪部近傍で水を拡散させるために大きな表面積を使用する概念を紹介したときに訪れた。ほとんどの手術はチューブびらん、プレート露出、および癒痕形成のために3～6か月後に失敗した。Molteno博士が1973年に彼の概念を改訂し、輪部から8～10mm離れたところへ房水を流すようになると成功率が増加した。現在、すべての緑内障ドレナージデバイスはこのMoltenoの概念に基づいている。

歴史的に初期の緑内障ドレナージデバイスは前房からの房水の流出抵抗を有していなかった。これらのバルブのないチューブインプラントのなかで、最もよく使われている二つは、1969年にAnthony Moltenoによって紹介されたMoltenoインプラントと、1992年にGeorge Baerveldtによって紹介されたBaerveldtインプラントである。

後に開発された緑内障ドレナージデバイスは、主としてバルブメカニズムを通して房水流出抵抗を有している。主な進歩は1979年にTheodore KrupinによるKrupinバルブの紹介と1993年に市販されたAbdul Mateen AhmedによるAhmed緑内障バルブによってなされた。

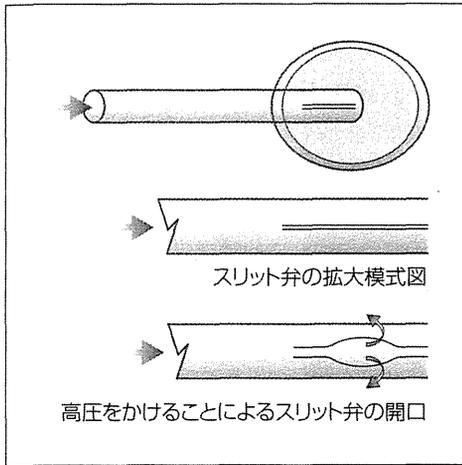
現在では、チューブインプラントにはバルブのないインプラント（たとえばMolteno, Baerveldt, およびSchocket）とバルブのあるインプラント（たとえばKrupin, Ahmed）が含まれている。

### 基本原則：緑内障ドレナージデバイス

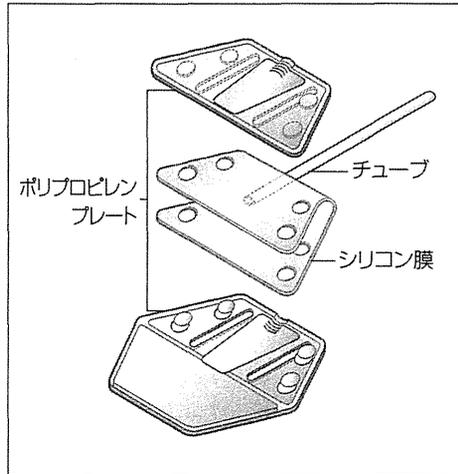
すべての緑内障装置における基本的な要件の一つは、低眼圧を引き起こさずに前房から房水をとり出す能力である。そして他の基準としては、望ましくは10台前半の低眼圧を長期間にわたって維持することである。MoltenoとBaerveldtのようなバルブのないインプラントでは術直後から房水流出における抵抗をまったく示さないため、低眼圧、浅前房、および脈絡膜剥離をきたす。これらの合併症を避けるために、一定期間チューブを結紮したり、ゆっくり吸収されて房水を流す材料をチューブに詰めておいたり、後に引き抜くことができる縫合をチューブに留置したりするなどのいくつかの修飾がなされている。

### バルブ型インプラント

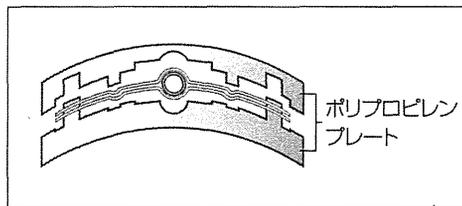
Krupinバルブはシリコンプレートにとりつけられたシリコンのスリット弁（図4.1）から構成される。眼圧が上昇するに従って、スリット弁が開き房水を流す。スリットの長さ、幅、チューブの弾性が房水流



■ 図4.1 Krupinバルブ: スリット弁メカニズム。



■ 図4.2 Ahmed緑内障バルブの構造。チューブはシリコン膜の間に位置している。膜はポリプロピレンプレートの間にはさまれる。



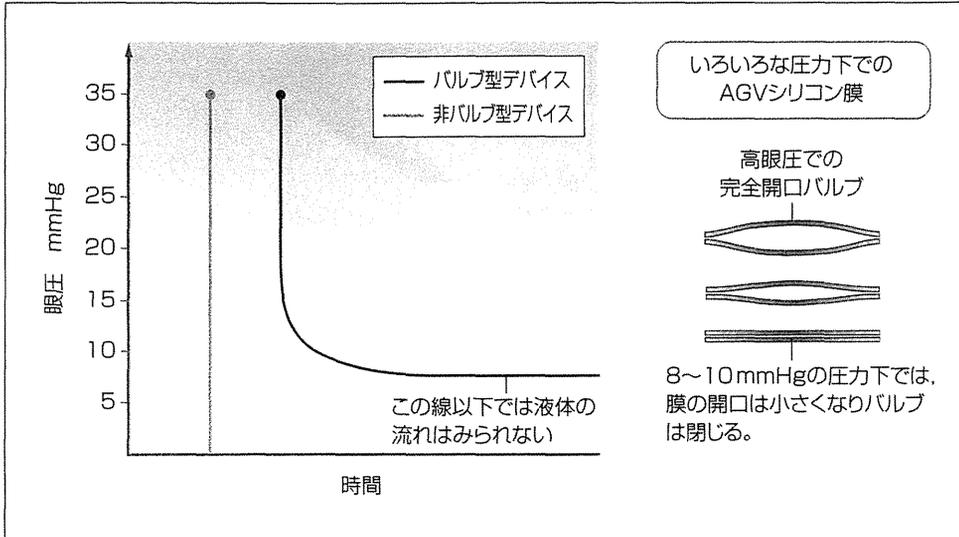
■ 図4.3 Ahmedバルブ・チャンバーの横断面図。シリコン膜はポリプロピレンプレートによって引き伸ばされる。

出量をコントロールする役に立つ。このバルブは閉塞型弁であり、チューブのなかのスリットを開くためには付加力が必要である。

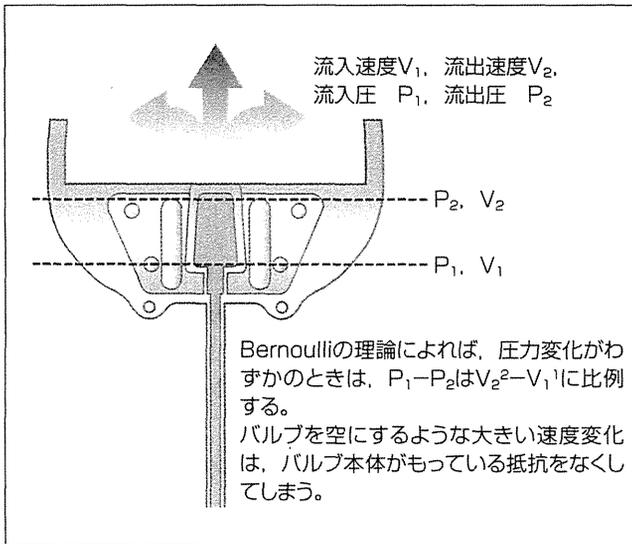
プロトタイプS2 Ahmed緑内障バルブは上下のポリプロピレンプレート（図4.2）によって、挟まれ伸ばされたシリコン膜から成る。プレートにはシリコン膜を伸ばす相補的な突起と溝がある（図4.3）。シリコン膜の張力は眼圧が8～10mmHg以上の場合のみ房水が流れるように設計されている。バルブの抵抗は眼圧によって自己制御される。前房内の初期圧が高いとバルブは完全に開放しているが、圧力が減少するに従って、膜の開口部が縮小し流量を減少させる（図4.4）。理論的には、バルブは低眼圧を防ぐために8～10mmHgで閉じるように設計されている。

バルブのないインプラント手術とは異なり、Ahmed緑内障バルブのインプラントは1段階手順であり、術直後より眼圧下降が得られる。現在利用可能なすべてのチューブインプラントのなかで、Ahmed緑内障バルブは低眼圧や合併症の発症率が最も低い<sup>1</sup>。弁機構の内部抵抗はベンチュリーデザインで打ち消されている。図4.5に示されるように、バルブ本体は出口に比べて入り口が広がっている。

Ahmed緑内障バルブは非閉塞型弁である。バルブ領域の断面積はチューブ注入口の周囲より大きいため、チューブ注入口を通過するどのような粒子でもバルブ機構を通過することができる。



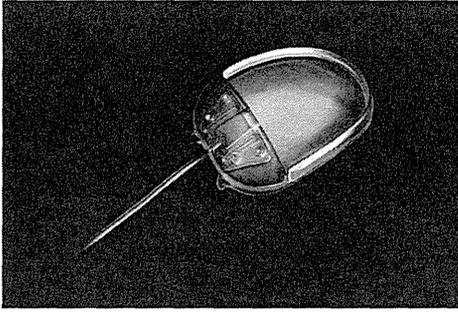
■図4.4 非バルブ型デバイスとAhmed緑内障バルブ（AGV）を通した理論上の流れの比較。シリコン膜は高眼圧で完全に開く。



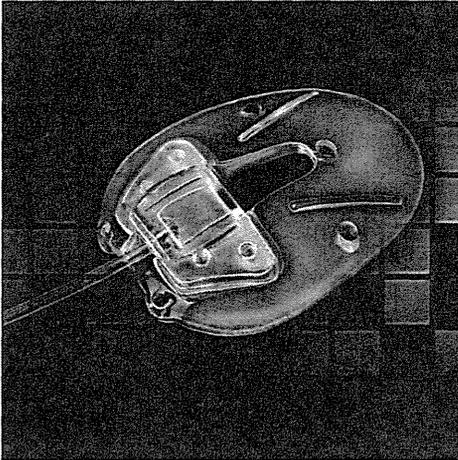
■図4.5 Ahmed緑内障バルブ本体のベンチュリーデザイン。

### Ahmed緑内障バルブモデル製品の開発

Ahmed緑内障バルブは現在、種々のデザイン、外形、材料、および表面積のものが利用可能である。さらに、バルブの有無にかかわらず使用できる非常に役立つアクセサリもある。Ahmed緑内障バルブのデザイン開発について簡潔なディスカッションを行えば、近年のバルブ型緑内障ドレナージデバイス開発に影響を及ぼした主要な概念のいくつかを示されることになる。また、臨床医が患者のために適切なモデルを決定する際に、この議論は臨床医が考慮すべき重要な問題を強調することになる。



■図4.6 ポリプロピレンプレート（モデルS2）を有するAhmed緑内障バルブ。



■図4.7 フレキシブルなシリコンプレート（モデルFP7）をもつAhmed緑内障バルブ。

#### Ahmed緑内障バルブプロトタイプ：モデルS2

最も初期に発売されたAhmed緑内障バルブはモデルS2（図4.6）であった。バルブ機構が置かれた大きなポリプロピレンプレートから成り、装置の表面積は $184\text{mm}^2$ であった。このプレート上に濾過胞が形成された後には、インプラントからの房水排出は主として被膜の血管組織を介してなされる。シリコンチューブは外径 $0.635\text{mm}$ 、長さ $25\text{mm}$ 。バルブ本体の幅 $13\text{mm}$ 、長さ $16\text{mm}$ 。プレートの厚さ $1.9\text{mm}$ 。薄いシリコン膜は長さ $8\text{mm}$ と幅 $7\text{mm}$ 。

#### 異なった生体材料と癒痕組織形成：モデルFP7

オリジナルのAhmed緑内障バルブS2はポリプロピレンベースプレートを含んでいる。Ayyalらはシリコンと比べてポリプロピレンの生体適合性が低いことを発見した<sup>2</sup>。シリコンの使用はデバイスの被覆化過程における炎症と癒痕形成を抑制するかもしれない。被覆化の程度は、いわゆる“高血圧期”の長さと程度に依存する。

これらの知見から、New World Medical社は最近、フレキシブルなプレート型（FP7）（図4.7）を含むAhmed緑内障バルブのシリコン・インプラントのラインアップを発売した。このインプラントは、S2型よ

りもフレキシブルであり、辺縁部の厚みが60%減少している。Sarkisianらによれば、より薄い下方エッジは結膜創の閉鎖を促進し、ボタン穴を減らして創傷治癒を進め、おそらくは濾過胞形成を改善する<sup>3</sup>。さらに薄い形状は創閉鎖を促進するために、必要な円蓋部後方の減張切開や自己結膜移植の必要性を減じる可能性がある。

フレキシブルなプレート上には三つの有窓がある。三つの穴は、バルブの後方、二つの補強材間および外部に位置し、房水が穴を通してインプラントの下側に排水し、結果として水の吸収に利用可能な実効面積を増加させるように設計されている。時間がたつにつれ、結合組織がこれらの穴を通して大きくなり、濾過胞の高さを下げるのを助けることが予想される。これらはリベットのように働き、濾過胞の高さを下げて、おそらくはインプラント周囲で血管化に利用可能な有効表面面積を増加させる。これらの開発でAhmed緑内障バルブ FP7は有意な眼圧コントロールを達成すると予想される。

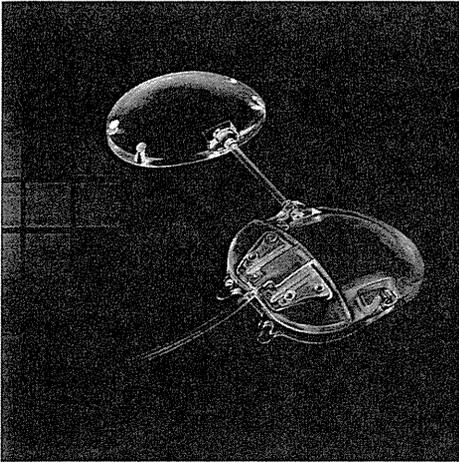
#### エンドプレート表面積：モデルB1とB4、FX1とFX4

長期の研究からエンドプレートのサイズの増加により眼圧が減少するように考えられたが、これは単に至適表面積までのことである。Baerveldt 250, 350, および500mm<sup>2</sup>インプラントの場合では、インプラントは部分的に直筋下に置かれるため、房水を分配する領域としては限定部分だけが露出することになる。350mm<sup>2</sup>と500mm<sup>2</sup>のBaerveldtインプラントを比較したBrittらの前向き研究では、18か月後の眼圧下降作用に統計学的有意差が認められなかった<sup>4</sup>。また一重プレートのAhmed緑内障バルブと二重プレートのMoltenoインプラントを比較したAyyalaらの報告でも同様の結果が得られている<sup>5</sup>。これらの結果から表面積の増加は至適サイズまでは眼圧コントロールを向上させるが、それ以上のサイズの増加は何ら益とならないという結論が導かれる。

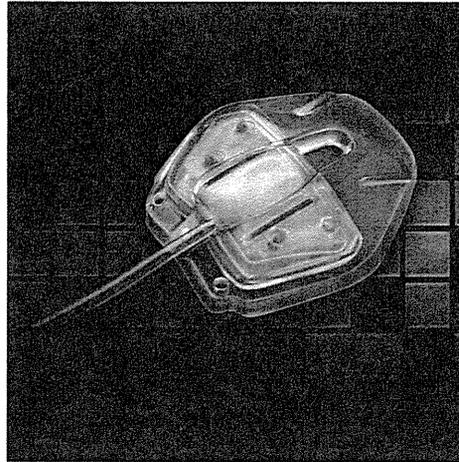
エンドプレートのサイズを増加させるために、New World Medical社はB1バイプレートインプラント（図4.8）を発売した。このインプラントの総表面積は364mm<sup>2</sup>である。必要に応じて、表面積の増加によりさらに眼圧を下降させるために、バルブの右側か左側に二番目のプレート（モデルB4）を移植されたバルブに接続することが可能である。モデルB4プレートには、長さ14.8mm、幅12.2mmで180mm<sup>2</sup>の表面積があるポリプロピレン体にシリコンのドレナージチューブがついている。二番目のプレートはバルブ本体の横の象限に固定し、濾過胞壁に穴をあけてバルブのないチューブを接続する。これにより、チューブを介して最初に形成されている濾過胞と二番目のバルブのないプレート間の連絡が可能になる。最近、これらの製品はシリコン製のもの（モデルFX1とFX4）が利用可能となっている。

#### 小児用Ahmed緑内障バルブ：モデルS3, FP8

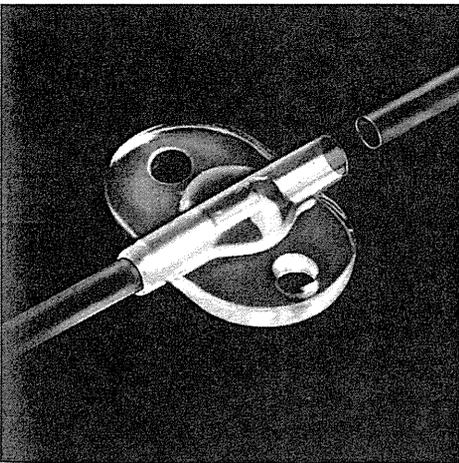
小児用Ahmed緑内障バルブS3はサイズの小さな特殊なバルブであ



■図4.8 二重プレート型Ahmed緑内障バルブ (モデルB1)。



■図4.9 小児用Ahmed緑内障バルブ (モデルFP8)。

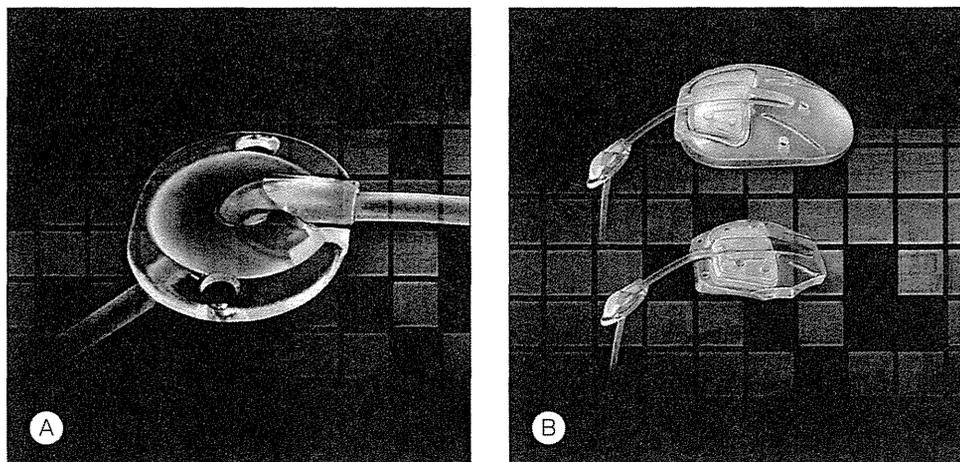


■図4.10 Ahmed緑内障バルブチューブエクステンダー (モデルTE)。

り、シリコン製エンドプレートモデル (FP8) (図4.9) も可能である。長さ10mm、幅9.6mmであり、 $96\text{mm}^2$ のプレート面積を有している。

#### チューブエクステンダー：モデルTE

チューブエクステンダーはシリコン製の単純な装置であり、Molteno, Baerveldt, Krupin, Ahmedなど現在用いられているすべての緑内障デバイスに利用可能である。チューブが短く切れすぎた場合や延長する必要がある場合には、理想的な解決法がチューブエクステンダーである。それは三つの部品 (図4.10) から構成される。第1はバルブのチューブをチューブエクステンダーに接続する部分である。第2はバルブのチューブがしっかりと接続された後にチューブエクステンダーを強膜に固定するための二つの固定穴を有する部分である。第3の部分



■図4.11 A：毛様体扁平部クリップ（モデルPC）。B：毛様体扁平部クリップつきAhmed緑内障バルブ。上は大人用サイズのモデルPC7，下は小児用サイズのモデルPC8。

はオリジナルのバルブチューブと同じサイズの延長チューブである。チューブエクステンダーは、高さ1.14mm、幅3.05mm、長さ24mmであり、8-0か9-0のバイクリル<sup>®</sup>縫合糸で強膜に縫合可能である。チューブエクステンダーは、いろいろな困難な状況でも応用可能な役に立つ装置である<sup>6</sup>。

#### 毛様体扁平部クリップ：モデルPC，モデルPS2とPS3，モデルPC7とPC8

後房型緑内障インプラントのチューブは鋭角的に後房へ入るためにねじれる傾向がある。毛様体扁平部クリップ（モデルPC）は曲がった経路を通して毛様体扁平部へチューブを導くために、中央に穴がデザインされている<sup>7</sup>。

毛様体扁平部クリップはシリコン製であり、幅4.6mm、長さ5.6mm、直径0.025インチの二つの縫合用穴と内径0.635mmの中央の穴を有する（図4.11A）。毛様体扁平部クリップはすべてのインプラントに合うように設計されており、バルブからの距離がどれくらいでも調整可能である。クリップは、単独でも（モデルPC）、ポリプロピレンプレート型バルブ（モデルPS2，PS3）やシリコンプレート型バルブ（モデルPC7，PC8）（図4.11B）に接続した形でも利用可能である。

#### チューブ挿入器：モデルTI

すべてのインプラントで使用可能な特別な鑷子であり、チューブの前房内挿入を容易に行えるようにチューブをしっかりと把持できるよう設計されている。

### 臨床的適応と禁忌

近年、Ahmed緑内障バルブは、過去に線維柱帯切除術が失敗したか、または代謝拮抗薬の有無にかかわらず伝統的な線維柱帯切除術では成功率が低いような難治緑内障に対する利用に関して、広く認知されるようになってきている。Ahmed緑内障バルブは進行した先天緑内障、無水晶体あるいは偽水晶体眼、開放隅角もしくは閉塞隅角、人工角膜移植術関連、全層角膜移植術後、外傷性、無虹彩、Sturge-Weber症候群、および他の続発緑内障に使用できる<sup>8</sup>。

多くの術者が、血管新生緑内障、先天緑内障、ぶどう膜炎続発緑内障、開放隅角緑内障<sup>9,10</sup>症例や輪部近傍の癒痕や前方癒着があるような状況で、第一選択の術式<sup>11</sup>としてAhmed緑内障バルブを使用している。このようなタイプの緑内障では、より早期にバルブを移植するほど、Ahmed緑内障バルブの成功率が上昇する。

バルブ型インプラントは線維柱帯切除術が失敗した後の最後の選択肢としてしばしば使用されるが、この見方は近年急速に変化してきている。線維柱帯切除術と比較すると、バルブ型インプラントには濾過胞漏出や濾過胞炎、眼内炎などの遅発型濾過胞関連合併症の頻度が少ない。眼内炎の頻度が少ない理由には、バルブ本体がより厚い結膜下組織と線維芽細胞応答がある輪部よりも8～10mm後方に設置されることが関連しているかもしれない。これは、特にマイトマイシンC (MMC) や5-フルオロウラシルが使用されているときに濾過胞炎や眼内炎を起こしやすい線維柱帯切除術の濾過胞と対照的である。

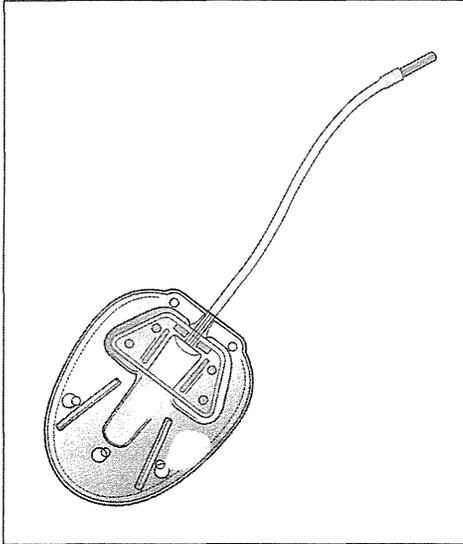
### 特殊な緑内障バルブモデルと製品の適応

Ahmed緑内障バルブモデルS2は、子どもと同様に大人にも使用されてきている。Ahmed緑内障バルブは、最大限度の薬物やレーザー治療にもかかわらず眼圧コントロール不能な難治緑内障に用いられる。また血管新生緑内障、ぶどう膜炎続発緑内障、他の難治続発緑内障に対する第一選択の術式として使用することができる。

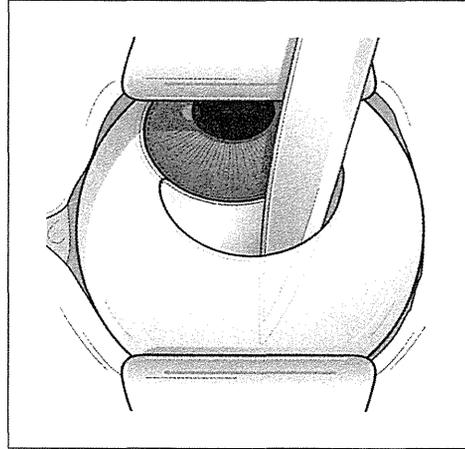
また最初のバルブ型プレートで形成された濾過胞からの房水流出を改良するために、必要に応じて第2の非バルブ型プレート (モデルB1) を後から挿入することも可能である。

チューブエクステンダー (モデルTE) は次のような状況、すなわちチューブが牽引され露出している場合、バルブを毛様体扁平部から前房に移動したい場合、移植時にチューブが短く切れすぎた場合、またはチューブが不注意に切られた場合などに使用可能である。

毛様体扁平部へのチューブ挿入部がある毛様体扁平部クリップ (モデルPC) は角膜移植眼や内皮障害を有する角膜で役立つ可能性がある。また前房が異常に浅いか、前房が周辺虹彩前癒着のために存在しない場合でも使用することができる。毛様体扁平部への挿入は眼圧コントロール不能な進行した続発緑内障にしばしば用いられてきている。



■図4.12 眼内灌流液（BSSなど）でAhmed緑内障バルブのプライミングを行う。



■図4.13 円蓋部基底結膜弁の作製。

## 手術手技

### 術前処置

Ahmedバルブと強膜補強材（保存心膜〈Tutoplast〉，ドナー強膜など）を用いた手術に対するインフォームド・コンセントを得るべきである。毛様体扁平部へのチューブ挿入が計画されている場合，網膜硝子体専門家にコンサルトが必要である。そして必要に応じて，毛様体扁平部硝子体切除術と連携してAhmedバルブ手術を行うことができる。



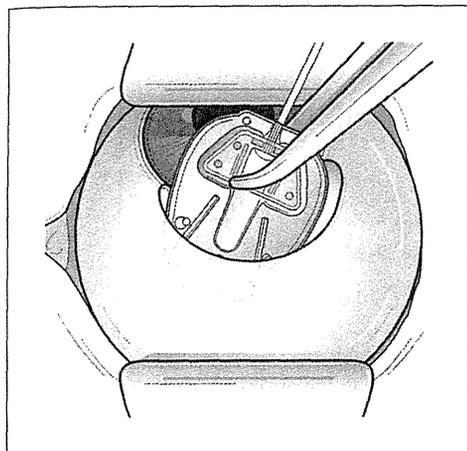
4.1

### 手順

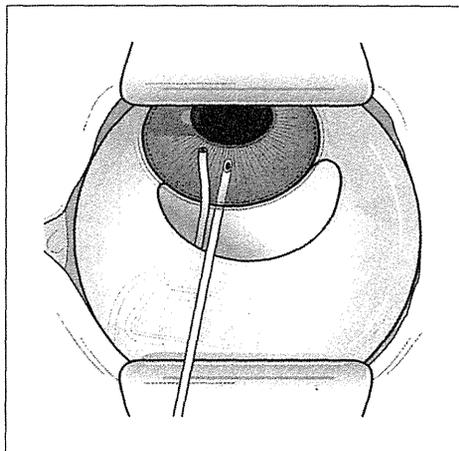
球後もしくは眼球周囲麻酔に加えてテトラカイン点眼麻酔が必要であることが多い。6-0バイクリル®で角膜牽引糸を置いた後，角膜シールドを用いる。空気を除去しバルブが機能することを確認するために，Ahmed緑内障バルブは挿入前に眼内灌流液（BSSなど）を通しておく必要がある（図4.12）。眼内灌流液（BSSなど）を入れたシリンジに26G針か27Gカニューレをつなぎ，眼内灌流液（BSSなど）がバルブ本体の後方とプレート上に出てくるまでしっかりと押す。

移植に都合のよい部位は耳上側象限である。偽Brown症候群の発生率が高いため，鼻上側象限への移植を試みるべきではない。また，鼻上側象限への移植では上斜筋腱に障害を及ぼす危険もある。円蓋部基底の結膜弁を隣接する二直筋間に作製する（図4.13）。Stevens剪刀は結膜弁作製を容易にする。

Ahmed緑内障バルブをもつ際にはバルブ本体を鑷子で把持しないようにする（図4.14）。これはバルブを破損して，線維血管性膜が内部に



■ 図4.14 Ahmed緑内障バルブの結膜下ポケットへの挿入。図に示しているような鑷子でバルブ部分を把持することは避けるべきである。



■ 図4.15 23G針による前房穿刺。

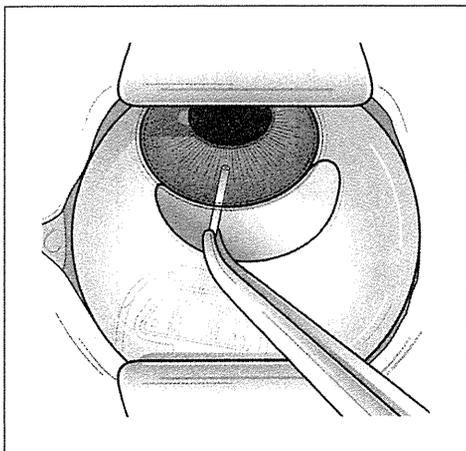
侵入することを防ぐためである。小穴の近くでプレート本体をもち、先に作製した結膜下ポケットに挿入、非吸収糸（9-0ナイロンなど）で強膜に縫着する。強膜にプレートを縫着する際には、バルブが直筋間に位置し、チューブが放射状に輪部に向かって伸びることを確認する。バルブの前縁は輪部から8～10mm後方に位置するべきである。

二重プレート型Ahmed緑内障バルブを挿入する場合でも円蓋部基底結膜切開が推奨される。Tenonの牽引糸（7-0ポリプロピレン、8-0ナイロン）も有用である。接続チューブは上直筋の上、または下に置くことが可能である。しかし、接続チューブ下にはTenon組織が存在しているべきではない。第2プレートは輪部より後方8～10mmに置き、9-0ナイロンで強膜に縫着する。

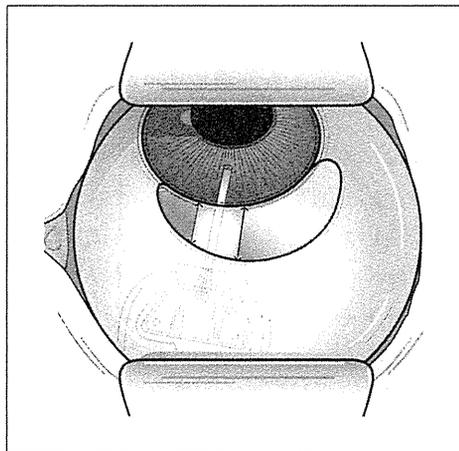
ドレナージチューブは、切離後に前房に挿入しても長さが十分であるようにするため、角膜上に置いて長さを測定する。角膜内皮面に対してベベルが上向きになるようにチューブを切り、別のサイドポートを術創から離れた場所に作製する。前房内への粘弾性物質の注入は術者の裁量に任される。強角膜輪部で虹彩面と平行に23G針を前房に挿入する（図4.15）。チューブ挿入器を用い、前房への針跡を通してチューブを挿入する（図4.16）。前房内へのチューブは2～3m以上挿入すべきではなく、角膜、虹彩、または水晶体に接触してもいけない。

チューブの入口部は、ヘラ針もしくはTG針のついたバイクリル<sup>®</sup>か9-0ナイロンを用いて強膜に縫合したドナー強膜や心膜組織で被覆する（図4.17）。結膜は吸収糸（8-0バイクリル<sup>®</sup>など）を使用して閉鎖する。抗生物質とステロイドは術創から180°離れたところで結膜下に注入する。

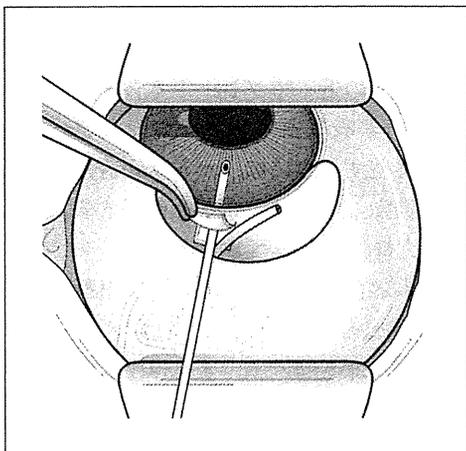
ドナー組織が利用可能ではない国では別の閉鎖術式が用いられている。先のステップに代わる手段として通常の輪部基底半層強膜弁を作製



■図4.16 チューブ挿入器（モデルTI）を用い、針跡を通してチューブを前房内へ挿入。



■図4.17 露出チューブをドナー組織で被覆。



■図4.18 露出チューブを被覆するために通常の輪部基底半層強膜弁を利用。

し、23G針を強膜弁下から穿刺し、チューブを前房に挿入するための穴をあける（図4.18）。チューブは強膜弁で被覆し、9-0ナイロン糸で縫合して閉鎖される。結膜創の閉鎖後、抗生物質とステロイドの結膜下注射を行う。



#### 毛様体扁平部移植

4.2

円蓋部基底の結膜弁作製後、毛様体扁平部クリップ型Ahmed緑内障バルブは27G灌流カニューレを用いてプライミングを行う。輪部から6～8mm離れた部位にバルブを置き、9-0ナイロン糸で強膜に縫着する。理想的には眼球がまだ硬いうちに強膜にプレートを縫合するほうが容易である。

この時点で硝子体切除が一度もなされていないならば、網膜硝子体術

者が毛様体扁平部硝子体切除を行うことができる。チューブ挿入予定の硝子体基底部の硝子体除去を含む硝子体切除術は、チューブ手術の成功率を増加させる可能性がある。硝子体切除が終了した後も眼圧を維持するために低い灌流注入を継続しておくことができる。

バルブのチューブは輪部から後方に約3.5mm離れた部位に刺した23G針の針跡を通して設置する。将来、細隙灯顕微鏡でチューブ先端の位置が容易に確認できるように瞳孔縁をすぐ越えたところまで伸びているようにしてチューブを切る。チューブのもつれは毛様体扁平部クリップのプレートを通してチューブにより避けられる(図4.11A参照)。

ほかの緑内障ドレーナージデバイスに使用するため、クリップ(モデルPC)を別に注文された場合には、クリップにチューブを通すために術者は細い鑷子を使用しなくてはならない。鑷子によって引っ張り出さないと、シリコンチューブはクリップを通過できない。Baerveldtのデバイスに固定されているHoffman elbowとは異なり、毛様体扁平部クリップの利点はバルブ本体から種々の距離に置くことができるように可動であるという点である。

ドナー強膜か心膜による強膜補強の後に、灌流をはずしてポートと結膜創を閉鎖する。

### 術後管理

抗生物質とステロイドの点眼は、当初は1日に4回使用する。術後炎症の程度によって、点眼は1か月をかけて漸減する。通常の術後の行動制限を適用する。

### 術後成績

Ahmed緑内障バルブはすべての病型の緑内障に使用され、ほかの非バルブ型装置に比べて明らかな優位性をもつ。ベンチュリー型フロー機構をもつバルブメカニズムにより、術直後からの眼圧下降と過剰濾過の防止が得られる。*in vitro*の研究でも、バルブとしての一貫性と圧力のコントロール性能が実証されている。これらの*in vitro*のテストではKrupinとAhmedバルブの性能を比較した<sup>12</sup>。Krupinバルブはカニューレや流れ抵抗と同様に圧力や流れの状態に抵抗を示した。Ahmedバルブだけが流体作用で増減する抵抗により望ましい範囲内にしっかりと圧力を調節するバルブとして機能した。

米国と世界のほかの地域で行われた研究により、特に血管新生緑内障<sup>13</sup>、先天緑内障<sup>14-17</sup>、ぶどう膜炎続発緑内障<sup>9, 18, 19</sup>、および角膜移植関連緑内障<sup>14, 20</sup>のような症例には早期のバルブ使用が正当化されているといえることができる。

新しい装置が発展したときには、比較研究を行おうとする研究者もいる。Wangらは、Baerveldt 350mm<sup>2</sup>とAhmed緑内障バルブS2のいずれもが難治緑内障の1年成績で眼圧コントロール、視機能保持、合併症発

生率の低さにおいて同じようにうまく行われたと報告した<sup>21</sup>。Syedらもまた、より多症例の難治緑内障2群間の1年成績で同様の眼圧コントロールと手術成績を報告している<sup>22</sup>。Tsaiらは、術後1年での成功率がAhmed群で82.9%、Baerveldt群で72.9%であり、Ahmedインプラント群のほうが術後早期の眼圧コントロールが良好で必要な薬物が少なかったと報告している<sup>23</sup>。Ayyalaらは、難治緑内障眼に対する二重プレート型MoltenoとAhmed緑内障バルブの間の比較研究を行い、術後36か月の時点での成功率に2群間で差がないことを報告した<sup>5</sup>。

Ayyalaらは、薬物療法の有無にかかわらずAhmedバルブ手術の成功率が3か月で97%、12か月で77%と報告した<sup>11</sup>。同様の結果がColemanらによっても報告され、3か月で91%、12か月で78%であった<sup>1</sup>。Laiらは平均観察期間21.8か月の65眼で長期の成功率が73.8%であったと報告している<sup>24</sup>。

Ahmed S2モデルについてもすばらしい眼圧下降効果が報告されている。平均観察期間13.4±0.7か月の159眼について、Huangらは平均眼圧が術前32.7±0.8mmHgから術後に15.9±0.6mmHgまで下降したと報告している<sup>25</sup>。

過去3年間でフレキシブルプレート型（モデルFP7）の使用がS2/S3モデルの3倍となっている。科学的な研究報告は今のところ発表されていないが、多くの医師がFP7上の濾過胞が薄く丈が低いことについて口頭で説明している。すなわち設計時の予測通り、FP7はS2モデルよりも低い眼圧を達成するのに役立つ可能性がある。SarkisianとNetlandはシリコンモデルFP7とポリプロピレンベースのモデルS2とを比較した。彼らは、フレキシブルプレートFP7のほうが、挿入が容易であり、濾過胞形成を改善し、おそらくは眼圧も低く保つとしている<sup>3</sup>。低い濾過胞形状は複視や斜視などの合併症の発生を減少させる。そのうえ、シリコンの使用は炎症反応をより少なくし、周囲の偽被膜の厚みを減らすことから理論的により低い眼圧をもたらす可能性がある。

### 血管新生緑内障

新しいシリコン型FP7バルブは、一象限の1段階手術で即座に眼圧コントロールがなされる利点があり、血管新生緑内障では非常に役立つ<sup>13</sup>。2002年の緑内障術者に対する調査では、MMC併用線維柱帯切除術と比べ、緑内障インプラントの使用率は血管新生緑内障で最も高かった<sup>26</sup>。

### ぶどう膜炎続発緑内障

Da MataとFosterは、ぶどう膜炎続発緑内障に対するAhmed緑内障バルブの安全性と有効性を評価した<sup>18</sup>。Ahmed緑内障バルブ移植後、平均24.5か月の経過観察時で全21眼の眼圧が5～18mmHgの間にコントロールされていた。術後1年での累積成功率は94%であった。目標眼圧を達成するために必要な緑内障治療薬数の平均は術前の3.5剤から術後

は0.6剤まで減少した。最終観察時点においてSnellen視力表にて1段階以上視力が低下した症例はなかった。炎症性でコントロール不能なぶどう膜炎続発緑内障をもつ高リスク患者にとって、ぶどう膜炎の再発や房水産生の低下に関連づけられたものであってもAhmed緑内障バルブにより即座に眼圧を下降させることができる<sup>23</sup>。

Ahmedバルブ移植は、特に良好な免疫調節と適切な経過観察がなされている小児ぶどう膜炎続発緑内障を治療する際にも、安全で効果的な術式となりうる<sup>27</sup>。難治性ぶどう膜炎続発緑内障患者6例に対して7移植が行われた。平均観察期間36.8か月、術前平均眼圧37mmHgのすべての患者で、術後の眼圧コントロールが9～18mmHg、平均12mmHgとなり、眼圧は70%近く下降した。緑内障治療薬数は1眼あたり0.71剤減少した。唯一の合併症が1か月以内に永久的な後遺症なく消失した脈絡膜剥離であった。

### 小児緑内障とモデルS3, S2移植

小児緑内障はしばしば薬物療法に抵抗し、失明に至る可能性のある疾病群の1つである<sup>15</sup>。したがって、このような状況ではAhmedバルブ手術がしばしば適応となる。また、房水シャント移植はMMC併用線維柱帯切除術と比べて2歳以下の緑内障コントロールの成功率が有意に高い可能性がある。平均年齢 $5.3 \pm 4.8$ か月の小児例の研究において、術後12か月時点での成功の累積生存率は、線維柱帯切除術 $35 \pm 8\%$ と比べ、房水シャント手術 $87 \pm 5\%$ であった<sup>16</sup>。

小児患者23例27眼、年齢中央値4.8歳（範囲：0.3～16.8歳）の検討<sup>17</sup>では、Ahmedバルブ手術後の経過観察期間3～31か月（平均 $12.6 \pm 8.2$ か月）における全体成功率は85.2%であった。18歳以下の小児患者52眼に関する報告のなかで、Chenらは1, 2, 3, および4年後の成功率が85.1, 63.2, 51.7, および41.8%であったとしている<sup>28</sup>。二つの別々の研究では、術後の緑内障投薬使用例は56および54%であった<sup>17, 29</sup>。シリコン型FP7バルブは高度な先天緑内障に対する角膜と緑内障の緊急同時手術でも、即座に眼圧コントロールができる一象限1段階移植であるという利点がある<sup>14</sup>。

### Ahmed緑内障バルブ手術とMMC

Kookらは、難治緑内障に対してAhmed緑内障バルブとMMCを併用し、薬物療法利用も少なくかつ合併症が増加することもなく、累積成功率が1年で80%、2年で77%になることを見出した<sup>30</sup>。しかし一般的に房水シャント手術にMMCの併用が有益であるという結論のエビデンスは存在しない<sup>31</sup>。

### Ahmedバルブ移植と角膜手術

全層角膜移植術を必要とする緑内障患者にとって、Ahmed緑内障バルブ移植は眼圧下降と薬物使用の減少により移植片の生存に寄与する可