

血糖コントロールと手術時期(そのまま手術派)

★増殖性糖尿病網膜症の手術適応

- ・自然消退が期待できない大量の硝子体出血
- ・黄斑にかかる牽引性網膜剥離（裂孔併発など）
- ・進行性の線維血管増殖膜
- ・両眼症例

★PDR の状況で血糖をコントロールしてから手術すべきか？内科的の治療は？

- ・糖尿病網膜症の進展予防の観点から HbA1c の目標を 7.0%未満
- ・DM 未治療例やコントロール不良例で、急な血糖コントロールは糖尿病網膜症を悪化

★手術と HbA1c の関係

白内障手術と糖尿病網膜症

- ・血糖不良例（HbA1c: 10%未満）で白内障手術施行しても術後に糖尿病網膜症の悪化を認めない
- ・一方、白内障術後糖尿病網膜症悪化因子として HbA1c: 9%以上との報告
- ・糖尿病網膜症が前増殖期であると、術前 3 か月間に急速に血糖コントロールし、HbA1c が 3%以上低くなった群において、有意に網膜症や黄斑浮腫が悪化。

硝子体手術と糖尿病網膜症

- ・糖尿病網膜症で小切開硝子体手術を施行した HbA1c: 8%以上群と HbA1c: 8%未満群で術前後の視力・再手術例・血管新生緑内障の発生に群間に有意差なし

血糖コントロールと手術時期

手術前の血糖管理の必要性

- ・術後合併症への影響
糖尿病網膜症の術後合併症
→再出血、再増殖、血管新生緑内障、黄斑浮腫

そもそも術後視力は血糖管理が良好の方がよい

血管新生緑内障と血糖の関係

→術前の血糖状態は術後の血管新生緑内障の危険因子となりうる

血管新生緑内障の危険因子

術前：若年、1型糖尿病、糖尿病罹患期間、高血糖・HbA1c値
無水晶体眼、高眼圧、PRP未施行、重症PDR、
隅角虹彩の新生血管、腎機能障害、神経障害

術中：白内障手術、眼内タンポナーデ

術後：高眼圧、硝子体出血、網膜剥離、抗VEGF薬の使用無

再出血と血糖の関係

→術後再出血は13-38%程度
高血糖は術後再出血の危険因子となりうる

ただし、、、

極力血糖管理が望ましいが、早期の手術が必要な事も

→牽引性網膜剥離がある場合、黄斑に達すると術後視力は不良となる

僚眼への影響

片眼の糖尿病網膜症の手術後に僚眼が手術必要となる割合

→片眼手術後の1年以内に約30%が僚眼の手術が必要となる

高いHbA1c値は僚眼の手術の必要性と関与あり

まとめ

できる限りの血糖管理が望ましい

状況によっては早期の手術も検討（牽引性網膜剥離が黄斑に達しそうな場合等）

術眼だけでなく僚眼にも注意を

水晶体温存派 順天堂大学浦安病院 坂西良仁

白内障を元々伴っている増殖糖尿病網膜症（PDR）症例の硝子体手術では白内障と硝子体同時手術が行われるが、水晶体混濁がほぼない症例の硝子体手術に際して白内障手術を併施するか悩むことがある。このようなとき、増殖糖尿病網膜症に関しては水晶体温存硝子体手術を推奨する。

水晶体温存硝子体手術のメリット

① 前後房の隔壁の温存

水晶体を温存することで前後房の隔壁が保たれ、硝子体中の炎症が前房に波及しにくい。若年者の PDR 術後の血管新生緑内障発症は水晶体を温存した方が少ないと報告されている（臼井ら 日眼会誌 2011）。

② 調節機能の温存

若年者であれば水晶体の調節機能を温存することができる。（Kim JH, et al. *Optom Vis Sci.* 2015）。

水晶体温存硝子体手術のデメリット

① 術中水晶体混濁

水晶体温存での硝子体手術では術中の眼底視認性が低下してくる。これは水晶体と眼灌流液の浸透圧の差により水晶体中に水分が流入することによる。

⇒解決策：眼灌流液に 50%ブドウ糖液を混注することで浸透圧の差をなくす。

② 術後白内障進行の可能性

一般的に水晶体温存硝子体術後に水晶体核硬化とそれに伴う近視化をすることが知られている。従って温存しても結局すぐに白内障手術を必要とすることがある。

⇒PDR に対する硝子体術後は他疾患と比較し白内障が進行しにくいことが知られている（Smiddy et al. *Retina* 2004）。

③ 術中水晶体損傷の可能性

水晶体を温存して硝子体手術を行なっている場合、特に対側の周辺部の硝子体処理を行なっている間に水晶体に硝子体カッターが当たって損傷してしまう可能性がある。

④ 周辺部処理・硝子体郭清不足

水晶体温存により水晶体損傷を恐れるあまり、最周辺部の硝子体処理が不十分になってしまう可能性がある。それにより網膜裂孔の形成や anterior PVR が引き起こされることがある。

⇒解決策：③、④ 同側圧迫にて周辺部処理を行うことで解決できる。

メリットは活かし、デメリットは解決することができるため PDR の水晶体温存硝子体手術は有用である。

水晶体摘出 (眼内レンズ派)

日本大学板橋病院 北川順久

PDR 手術の特色

- 出血管理、眼内操作など 手術時間が長くなる
- PVD 作製、増殖膜処理 手技の難易度が高い
- 硝子体手術時の水晶体摘出 するか、しないか、意見は様々

水晶体摘出の利点

- ・ 前部硝子体の処理が容易
- ・ 硝子体術後の白内障進行の心配がない
- ・ 患者負担の軽減
- ・ 体位制限があまりない

水晶体摘出の欠点 (温存の場合)

- ・ 調節力の喪失
- ・ IOL 度数ずれによる屈折誤差 (TRD が黄斑にある)
- ・ 前眼部虚血の進行が懸念
- ・ まず温存の経験があるかどうか
- ・ 温存：インフュージョンポートの位置、器具の出し入れにストレス

PDR 手術における、IOL 選択・手技のポイント

項目	理由
光学径	7mm、周辺視認性、眼底管理に有利
屈折	-5D以上は術後Targetに困る事あり
瞳孔	小瞳孔・虹彩癒着(DMでは多い)
CCC	適度に大きめ、前囊収縮の対策、VHでは徹照悪い
後囊切開	控える(NVG予防)、F-AX後の視認性(結露)
経結膜強膜1面	結膜を温存(緑内障手術)

術前に抗 VEGF 薬を用いることのリスク

- CRUNCH 症候群
- 心疾患イベントのリスク

また、術前に抗 VEGF 薬を用いる理由は術後の硝子体出血の予防と術中の膜処理をしやすくさせることであるが、双手法を用いることで抗 VEGF 薬を用いなくても膜処理が可能で出血もしにくい処理が可能となる。

双手法

硝子体鑷子で増殖膜を把持することで、網膜の間とのスペースが作りやすくなること、及び増殖膜と網膜の間にテンションが掛かることにより処理しやすくなる。その狭いスペースに入れるのが硝子体剪刀であり、この二つの器具を用いて行うのが双手法である。

剪刀のコツ

まず、双手法でポイントとなる硝子体剪刀の使い方について述べると、大きく分けると二つの動作が可能である。一つが閉じて使う「切る動作」、もう一つが閉じたところから開いて使う「鈍的に剥離する動作」である。カッターの場合、吸引圧が高いと誤吸引で網膜を損傷する可能性があるが、剪刀での切る動作はその部位のみに処置を行うので誤操作は基本的にはない。また、他の器具ではできない動きが鈍的に剥離する動作である。剪刀を閉じた状態で網膜と増殖膜の間隙に挿入し、ゆっくり剪刀を広げることでそれらを鈍的に剥離していく。間隙を拡げることができ、その後の操作が容易となる。

増殖膜処理の進め方

双手法で手術を進めるのは①硝子体カッターが入り込む余地がないほど増殖膜が網膜に密接している、②途中まで硝子体カッターで増殖膜処理を進めるも牽引性網膜剥離を併しカッターでは増殖膜処理ができない、の 2 つの状況と思われる。①の状態では、まず増殖膜と網膜の間隙を探す必要があり、これは硝子体鑷子で増殖膜の辺縁と思しき部位を把持した上で軽く牽引し、小さい間隙を見つける。鑷子で牽引していれば小さい間隙を視認したままでいられるため、その間隙に硝子体剪刀を閉じたまま刺入し鈍的に増殖膜と網膜を剥離していく。この時、epicenter がある可能性も考慮し網膜血管付近は残して剥離していくことがポイントである。ある程度鈍的に剥離したのち、そのまま剪刀で増殖膜を切除していく。分断した増殖膜を持ち替えて把持することで epicenter の部位を判別し、それを剪刀で切除していく。②の状態では、基本的には①と同様であるが硝子体鑷子で増殖膜を把持するが過度に牽引するとさらなる剥離の拡大を来すため注意が必要である。また、利き手ではない手で剪刀や鑷子の繊細な操作が困難な場合には pneumatic handpiece を用いて鑷子と剪刀の開閉をフットスイッチで制御すると容易に双手法を行うことができる。

増殖膜処理の方法(抗 VEGF+硝子体カッター派)

術前抗 VEGF 薬使用について

★使用薬剤 (ベバシズマブ、ラニズマブ、アフリベルセプト、ブrolシズマブ、ファリシマブ)

★投与期間

増殖性糖尿病網膜症における抗 VEGF クランチ症候群を認める可能性(注射後 3~31 日)もあるため、なるべく術前日が望ましい。

★使用のメリット

注射後の新生血管の退縮、術中出血の減少、医源性裂孔原生網膜剥離のリスク減少、手術時間の短縮、シリコンオイルの使用や再手術の頻度の減少、硝子体手術後の早期出血の頻度が低い

★増殖膜処理のカッターの使い方

① 硝子体円錐を切除し、前後方向の牽引解除

全周にわたり周辺硝子体と増殖膜の連続性を切除分離し、後極部の網膜硝子体癒着部分を周辺から独立させて、硝子体の前後方向の牽引を解除する。その際、トリアムシノロンアセトニドで硝子体を可視化し、PVD 作成しやすい耳側からのアプローチで硝子体膜に window を開けて吸引切除しながら可能な限り硝子体カッターにて PVD 作成していく。

② Segmentation

基本的に、黄斑部の耳側から乳頭に向かって切開を入れていく、その後乳頭周囲で輪状に切開する。視神経乳頭から 1~2 乳頭径の範囲では、増殖膜と網膜の癒着は比較的すくなく、スペースがしやすい。さらに、視神経乳頭から周辺部に向けて切開をすすめていく。カッターの開口部を増殖膜側に向けて隙間を探して入れていく、網膜面に平行に左右に動かし、エピセンターおよび増殖膜と網膜の癒着状態を確認し、増殖膜と網膜の癒着部分のスペースを確保していき、網膜を巻き込んでいないことを確認して増殖膜を少し持ち上げるようにしてカッターで切除していく。網膜と増殖膜の間に全く隙間がなくカッターの先端が入り込めないことがある。このような場合、増殖膜から網膜に沿ってうすい残存硝子体皮質のような膜があり、この膜を増殖膜から離れたところから鑷子を用いて剥離していくことで、増殖膜まで剥離できると、増殖膜と網膜の隙間へのアプローチが容易となる。

PDR手術 ILM剥離（しない派）

ILM剥離を行うことのデメリット

糖尿病黄斑浮腫に対し内境界膜(ILM)剥離を施行することがある。しかし、ILMはMüller細胞の基底膜であり、網膜の硝子体表面に位置しており、すぐ下には神経線維層があるため機械的に損傷すると、網膜菲薄化を含む黄斑の構成と構造の変化を引き起こし網膜感度の低下につながる可能性がある。特に、網膜が浮腫している状態でILM剥離を施行することは難易度が高く、網膜の損傷の危険性が高い。また、ILM剥離操作の際に、トリアムシノロンアセトニドやインドシアニングリーン(ICG)やブリリアントブルーG(BBG)といった染色液でILM剥離の範囲を確認するために使用することがある。その中でも、ICG染色は網膜毒性があり、網膜菲薄化につながることも知られている。よって、初回から牽引を解除できるように完全にPVD作成ができれば必ずしもILM剥離をする必要がないと考える。

PDR 手術 ILM 剥離推進派

坂西眼科医院・順天堂大学浦安病院眼科 坂西良仁

PDR 手術の際に迷うのが内境界膜(ILM)を剥離(peeling)するかどうか迷うところであるが、以下の理由により peeling を推奨する。

ILM peeling を行うことのメリット

- ILM peeling は術後二次的 ERM の発生を抑制する (Wu RH, et al. Int J Ophthalmol. 2022)

→ERM は発生することで視力低下や歪視を引き起こすが、その発生を抑制することでそれらの可能性を下げるができる

- PDR PPV で ILM peeling を併用すると、併用しない群に比べて術後 6M 12M で有意に視力が良好 (Guo J, et al. Int J Ophthalmol. 2020)

→ILM 剥離の併用で黄斑浮腫の吸収も促進
内境界膜剥離が網膜内液の吸収に関与

硝子体術後の黄斑浮腫は硝子体腔中のクリアランスが亢進しており、抗 VEGF 治療の頻度が高くなる可能性がある。なるべく浮腫が再燃しにくい環境を作ることは重要である。

解剖学的にも視力予後も良好との報告があり、可能であれば ILM 剥離を行うことが望ましい。

PDR における ILM 剥離の注意点

他の黄斑前膜や黄斑円孔と異なり、ILM peeling はやや困難である。理由としてはまず PDR においては ILM と神経線維層の接合が外れにくく、ILM を一塊にして peeling しにくい点である。細かく千切れやすく、peeling に時間がかかる。また、黄斑剥離を伴っている症例も多く認め、peeling しようとするとう網膜が付いてきてしまうのも難しい点である。そのような場合は剥離のない部位から剥離の範囲に向かって peeling する、あるいはそれでも困難な場合はパーフルオロカーボン(PFCL)を注入し PFCL 下で ILM peeling を行うと安定して行うことができる。

眼内タンポナーデの適用 (眼内タンポナーデする派)

日本大学板橋病院 北川順久

PDR手術：眼内タンポナーデについて

- 種類 灌流液、空気、ガス、シリコーンオイル
- 難易度は様々 単純な硝子体切除 ～ 増殖膜 ～ TRD
- 目標としては 灌流液・空気ですごわりたい
 - ⇒タンポナーデを考慮する時
 - 裂孔併発型、医原性裂孔が多発
 - 術後VHの遷延を心配するとき

重症PDR手術 ～理想と現実～

- 手技 各施設・術者でやり方がある
- 理想 網膜を守りながら、損傷を最小限にする
TRD：膜切除・牽引解除、裂孔をつくらない
- 現実 細心の注意を払うが、術中に裂孔が生じる、多発裂孔・剥離に
 - ⇒ 広範なTRDや線維増殖膜など進行した症例や、特に裂孔が生じた場合、眼内タンポナーデが必須

シリコーンオイルについて

- 利点 ① 長期の眼内安定性、術後早期PC追加が可能
② NVG発生の低減（血管新生因子に対する障壁）
- 欠点 抜去のため再手術が必要、乳化、眼圧上昇、シリコーンオイル下増殖

まとめ：タンポナーデ選択のポイント6つ

- | | |
|------------|---------------------------|
| ① PDR活動性 | 未治療 or PRPしているか、増殖膜・TRD範囲 |
| ② 術中合併症 | 出血の強さ・止血できたか、裂孔 |
| ③ 出血傾向 | 抗凝固・抗血小板薬、血圧(周術期)、透析など |
| ④ 術前VEGF使用 | 出血・止血操作、術後VH |
| ⑤ 対側眼の状態 | ADL確認、術後復帰の考え |
| ⑥ より重症なPDR | SO注入も考慮 |

シリコーンオイルの適応

タンポナーデの場合の選択肢：ガス（SF₆、C₃F₈）、シリコーンオイル（SO）

タンポナーデの目的：止血、網膜復位、眼球形態の維持、網膜裂孔の閉鎖など

タンポナーデのデメリットは？

SO のデメリット

抜去の為の再手術が必要

術中合併症：異所性迷入（脈絡膜など）

術後合併症：白内障（水晶体温存の場合）、高眼圧、
オイル乳化（完全な抜去困難）、角膜内皮障害、
角膜帯状変性、オイル下での再増殖、異所性迷入（脳室内など）、
原因不明の視力低下

SO での再増殖

SO で 15~48%で再増殖

一般的な糖尿病網膜症術後の再増殖は 5%程度

→SO では再増殖起こりやすい可能性

SO での原因不明の視力低下

SO 注入眼の内、約半数で視力低下（その内 30%が原因不明）

SO 注入期間が長いと視力低下しやすい？

SO を抜去して視力改善することもあるが、逆に視力低下することもある

→SO は注入も抜去も視力低下の可能性はある

牽引性網膜剥離の場合には網膜裂孔が無ければ自然に網膜復位する

→網膜裂孔無ければシリコーンオイルは必要ないかも

まとめ

タンポナーデはメリットだけではなくデメリットにも注目を

SO は原因不明の視力低下や再増殖の可能性あり

網膜裂孔が無ければタンポナーデをしない事も検討を